

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 07/01/2023.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**INTERAÇÕES ENTRE ACARICIDA E INSETICIDAS
ISOLADOS OU COMBINADOS EM *Brevipalpus yothersi* E
Brevipalpus californicus (ACARI: TENUIPALPIDAE):
ESTUDO DOS EFEITOS BIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS**

Jaqueline Franciosi Della Vechia

Engenheira Agrônoma

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**INTERAÇÕES ENTRE ACARICIDA E INSETICIDAS
ISOLADOS OU COMBINADOS EM *Brevipalpus yothersi* E
Brevipalpus californicus (ACARI: TENUIPALPIDAE):
ESTUDO DOS EFEITOS BIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS**

Jaqueline Franciosi Della Vechia

Orientador: Prof. Dr. Daniel Júnior de Andrade

Coorientador: Prof. Dr. Guilherme Duarte Rossi

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutora em Agronomia (Entomologia Agrícola).

2021

V411i	Vechia, Jaqueline Franciosi Della Interações entre acaricida e inseticidas isolados ou combinados em <i>Brevipalpus yotheri</i> e <i>Brevipalpus californicus</i> (Acari: Tenuipalpidae): estudo dos efeitos biológicos e bioquímicos / Jaqueline Franciosi Della Vechia. -- Jaboticabal, 2021 131 p. : tabs., fotos Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: Daniel Júnior de Andrade Coorientador: Guilherme Duarte Rossi 1. Ácaro de plantas. 2. Enzimas Indução. 3. Inseticidas. 4. Pragas Controle. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: INTERAÇÕES ENTRE ACARICIDA E INSETICIDAS ISOLADOS OU COMBINADOS EM *Brevipalpus yothersi* E *Brevipalpus californicus* (ACARI: TENUIPALPIDAE): ESTUDO DOS EFEITOS BIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS

AUTORA: JAQUELINE FRANCIOSI DELLA VECHIA

ORIENTADOR: DANIEL JUNIOR DE ANDRADE

COORIENTADOR: GUILHERME DUARTE ROSSI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. DANIEL JUNIOR DE ANDRADE (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Fitossanidade) / FCAV / UNESP - Jaboticabal



p/ Prof. Dr. RAPHAEL DE CAMPOS CASTILHO (Participação Virtual)
Departamento de Entomologia e Acarologia / ESALQ/USP - Piracicaba/SP



p/ Pesquisador Dr. MÁRIO EIDI SATO (Participação Virtual)
Instituto Biológico de Campinas / Campinas/SP



p/ Profa. Dra. VALDENICE MOREIRA NOVELLI (Participação Virtual)
Instituto Agronômico de Campinas-IAC. / Cordeirópolis/SP



p/ Prof. Dr. ODIMAR ZANUZO ZANARDI (Participação Virtual)
Instituto Federal de Santa Catarina - Câmpus São Miguel do Oeste / São Miguel do Oeste/SC



Jaboticabal, 07 de julho de 2021

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

Jaqueline Franciosi Della Vechia – Natural de Monte Alto - SP, nascida em 13 de março de 1992, filha de Elves Della Vechia e de Marlene Franciosi Della Vechia. Engenheira Agrônoma graduada pelo Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, no ano de 2014. Durante a graduação, desenvolveu atividades de pesquisa na área de Ecotoxicologia, com ênfase em plantas bioindicadoras para avaliação ecotoxicológica de herbicidas, inseticidas e fungicidas, sendo bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, de 2013 a 2014, sob a orientação do Prof. Dr. Claudinei da Cruz. Em agosto de 2015, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia (Entomologia Agrícola) pela Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/UNESP, Câmpus de Jaboticabal - SP, atuando em pesquisas relacionadas à Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários, com ênfase no controle químico de insetos e ácaros. Durante o Mestrado, foi bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, sob orientação do Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira e do Prof. Dr. Daniel Júnior de Andrade. Em agosto de 2017, iniciou o curso de Doutorado em Agronomia (Entomologia Agrícola) pela Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/UNESP, Câmpus de Jaboticabal - SP, onde atuou com pesquisas em controle químico de ácaros *Brevipalpus*, sob a orientação do Prof. Dr. Daniel Júnior de Andrade e do Prof. Dr. Guilherme Duarte Rossi, com bolsa cedida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, de 2017 a 2019 e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, de 2019 a 2021.

E-mail: jaquelinefdv@gmail.com

DEDICO

Aos meus pais Elves Della Vechia e Marlene Franciosi Della Vechia, e a minha irmã Patrícia Franciosi Della Vechia, pelo amor, incentivo, apoio e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, coragem e proteção durante toda esta longa caminhada.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa concedida e apoio financeiro a esta pesquisa realizada no Brasil (Processo 2018/06174-4) e à pesquisa realizada durante o estágio de pesquisa no exterior (Processo 2019/08384-9).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ao meu orientador Prof. Dr. Daniel Júnior de Andrade, pelo apoio, conhecimentos transmitidos, incentivo, valiosa orientação e contribuição em meu crescimento profissional e pessoal.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Guilherme Duarte Rossi, pela ajuda, conhecimentos transmitidos, atenção, disponibilidade e ajuda na realização deste trabalho.

Ao meu supervisor durante o estágio de pesquisa no exterior, Prof. Dr. Thomas Van Leeuwen, pela orientação, atenção e infraestrutura disponibilizada.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, pela oportunidade concedida e apoio fornecido.

À Ghent University (UGhent), Ghent, Bélgica, pela oportunidade da realização do estágio de pesquisa, por todo conhecimento adquirido e infraestrutura.

Ao Departamento de Ciências da Produção Agrícola, em especial ao setor de Fitossanidade da FCAV/Unesp, por toda a infraestrutura fornecida.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola), pelos conhecimentos transmitidos durante as disciplinas ministradas.

Aos Professores Dr. Raphael de Campos Castilho e Dr. Ricardo Antonio Polanczyk, pela participação e colaboração em meu Exame Geral de Qualificação.

Ao Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus), pelo apoio intelectual e financeiro oferecidos durante o desenvolvimento da tese. Em especial ao Dr. Renato Beozzo Bassanezi, pesquisador do Fundecitrus, pelo apoio intelectual oferecido.

À Dra. Aline Tassi e Me. Thaís Sinico, pela ajuda na identificação dos ácaros utilizados nos experimentos realizados na Universidade de Ghent (Bélgica).

Ao Dr. Odimar Zanuzo Zanardi, do Instituto Federal de Santa Catarina, pela parceria e apoio na realização das análises estatísticas.

Aos integrantes do Laboratório do Grupo de Estratégias e Manejo de Ácaros Neotropicais (GEMAN), Ana Beatriz Piai Kapp, Claudiane Martins da Rocha, Daiana Paixão Nogueira Silva, Leilane Martins Lacerda, Sidneia Terezinha Soares de Matos, Patrice Jacob Savi e Matheus Cardoso de Castro, pelo auxílio em todos os momentos necessários, companheirismo, conselhos e, principalmente, pela amizade construída ao longo dos anos.

Aos colegas do Laboratório de Bioquímica dos Insetos da FCAV/UNESP, Ana Letícia Zéro, Ciro Guidotti e Sandy Fonseca, pela amizade, conselhos e suporte.

Aos colegas e amigos do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) da FCAV/Unesp, pela convivência e participação junto às disciplinas e cursos realizados.

Aos funcionários do Setor de Fitossanidade, Cibele da Silva Anton, Natalina Donizeti Curci e Dionísio Celso de Figueiredo Neto, pela atenção e auxílio prestado.

Ao Prof. Vitório Barato Neto, pela revisão gramatical da tese.

À minha família, que me incentivou na constante busca pelo conhecimento. Em especial aos meus pais Elves Della Vechia e Marlene Franciosi Della Vechia, por terem-me proporcionado essa oportunidade de um futuro promissor, dando-me todo apoio e força, inculcando valores sem os quais jamais me teria tornado a pessoa que sou hoje.

À minha irmã, Patrícia Franciosi Della Vechia, por permanecer sempre presente na partilha de minhas conquistas e frustrações.

Ao meu noivo, Rafael Gomes de Azevedo, pelo apoio, ajuda na realização dos experimentos, companheirismo e compreensão a mim dedicados a todo momento.

Às minhas amigas, Renata Thaysa da Silva Santos e Ana Letícia Zero dos Santos, pelo carinho, conselhos valorosos em momentos de dificuldade, parceria e amizade sincera, que facilitaram esta caminhada.

A todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO –.....	4
ABSTRACT	5
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Citricultura.....	3
2.2. Os ácaros <i>Brevipalpus yothersi</i> e <i>Brevipalpus californicus</i>	4
2.3. Manejo do ácaro da leprose.....	5
2.4. Fatores que influenciam o manejo do ácaro da leprose dos citros	6
2.5. Formas de exposição dos ácaros aos agrotóxicos	7
2.6. Mecanismos envolvidos na resposta aos agrotóxicos	9
2.6.1. Incompatibilidade da calda	10
2.6.2. Fatores biológicos	10
2.6.3. Fatores bioquímicos	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Locais de execução dos experimentos	16
3.2. Criação dos ácaros	16
3.2.1. <i>Brevipalpus yothersi</i>	16
3.2.2. <i>Brevipalpus californicus</i>	17
3.3. Agrotóxicos utilizados nos experimentos	18
3.4. Toxicidade de inseticidas isolados e combinados com espirodiclofeno sobre fases do ciclo biológico de <i>Brevipalpus yothersi</i>	19
3.4.1. Toxicidade sobre ovos.....	19
3.4.2. Toxicidade sobre fases móveis	20
3.5. Efeito de diferentes concentrações de acaricida, inseticidas e de misturas na fecundidade e na fertilidade de <i>Brevipalpus yothersi</i>	21
3.5.1. Experimento em laboratório.....	22
3.5.2. Experimento em casa de vegetação	24
3.6. Efeito dos produtos isolados e em mistura sobre parâmetros biológicos e demográficos de <i>Brevipalpus yothersi</i>	26
3.6.1. Análise dos dados	27
3.7. Efeito da mistura de inseticidas na eficiência de espirodiclofeno para o controle de <i>Brevipalpus yothersi</i> em condições de campo	30
3.7.1. Análise dos dados	33

3.8. Teor de espiroclorfenol em calda de acaricida isolado ou combinado com inseticidas	34
3.8.1. Análise dos dados	35
3.9. Atividade enzimática em <i>Brevipalpus yothersi</i> expostos às misturas de acaricida e inseticidas	35
3.9.1. Tratamentos	35
3.9.2. Obtenção dos extratos enzimáticos	35
3.9.3. Determinação do conteúdo proteico	37
3.9.4. Atividade de esterases	37
3.9.5. Atividade de glutatona-S-transferase	38
3.9.6. Quantificação de proteínas contendo grupos heme	38
3.9.7. Análise dos dados	39
3.10. Atividade enzimática de ácaros <i>Brevipalpus yothersi</i> expostos aos inseticidas ao longo do tempo	39
3.10.1. Análise dos dados	40
3.11. Toxicidade de espiroclorfenol em <i>Brevipalpus yothersi</i> expostos previamente aos inseticidas	40
3.11.1. Análise dos dados	41
3.12. Curva de concentração-resposta de espiroclorfenol para <i>Brevipalpus californicus</i>	42
3.13. Toxicidade de espiroclorfenol ao <i>Brevipalpus californicus</i> expostos previamente a inibidores de enzima de detoxificação	43
3.13.1. Análise dos dados	44
3.14. Atividade enzimática em <i>Brevipalpus californicus</i> expostos às misturas de acaricida e inseticida	45
3.14.1. Determinação da atividade de mono-oxigenases em <i>Brevipalpus californicus</i> pelo método fluorimétrico	46
4. RESULTADOS	47
4.1. Toxicidade de inseticidas isolados e combinados com o espiroclorfenol sobre as fases do ciclo biológico de <i>Brevipalpus yothersi</i>	47
4.1.1. Toxicidade sobre ovos de <i>Brevipalpus yothersi</i>	47
4.1.2. Toxicidade sobre larvas de <i>Brevipalpus yothersi</i>	48
4.1.3. Toxicidade sobre ninfas de <i>Brevipalpus yothersi</i>	49
4.1.4. Toxicidade sobre adultos de <i>Brevipalpus yothersi</i>	51
4.2. Efeito de diferentes concentrações de acaricida, inseticidas e de misturas sobre a fecundidade e a fertilidade de <i>Brevipalpus yothersi</i>	52

4.3. Efeito de produtos isolados e em mistura sobre os parâmetros biológicos e demográficos de <i>Brevipalpus yothersi</i>	61
4.4. Efeito de misturas de inseticidas sobre a eficiência de espirodiclofeno no controle de <i>Brevipalpus yothersi</i> em condições de campo	72
4.5. Teor de espirodiclofeno em caldas do acaricida isolado ou combinado aos inseticidas	79
4.6. Atividade de enzimas de detoxificação em <i>Brevipalpus yothersi</i> expostos ao espirodiclofeno e aos inseticidas isolados e em mistura	80
4.7. Toxicidade de espirodiclofeno em <i>Brevipalpus yothersi</i> após diferentes tempos de exposição aos inseticidas	84
4.8. Influência de inibidores de enzimas de detoxificação no controle proporcionado por espirodiclofeno isolado e misturado aos inseticidas sobre <i>Brevipalpus californicus</i>	87
4.9. Atividade de enzimas de detoxificação em ácaros <i>Brevipalpus californicus</i> expostos ao acaricida e aos inseticidas isolados e em mistura	91
5. Discussão	93
5.1. Efeito biológico de espirodiclofeno, cipermetrina, fosmete e imidacloprido, isolados e combinados, em <i>Brevipalpus yothersi</i>	93
5.2. Efeito toxicológico de espirodiclofeno, cipermetrina, fosmete e imidacloprido, isolados e combinados, sobre <i>Brevipalpus yothersi</i> em condições de campo	101
5.3. Atividade de enzimas de detoxificação em ácaros <i>Brevipalpus yothersi</i> expostos aos produtos isolados e misturados	103
5.4. Atividade de enzimas de detoxificação e efeito de inibidores em ácaros <i>Brevipalpus californicus</i> expostos a espirodiclofeno, fosmete e imidacloprido, isolados e misturados	108
6. CONCLUSÕES	112
7. REFERÊNCIAS	114

INTERAÇÕES ENTRE ACARICIDA E INSETICIDAS ISOLADOS OU COMBINADOS EM *Brevipalpus yothersi* E *Brevipalpus californicus* (ACARI: TENUIPALPIDAE): ESTUDO DOS EFEITOS BIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS

RESUMO – A intensa pulverização de agrotóxicos para o controle de artrópodes pragas em citros tem afetado negativamente o manejo de ácaros vetores de vírus (*Brevipalpus yothersi* e *Brevipalpus californicus*) que causam a leprose dos citros. Além dos casos de resistência de ácaros a acaricidas, falhas de controle de populações do ácaro da leprose suscetíveis a acaricidas têm sido associadas a exposição desses organismos a inseticidas utilizados para o manejo de insetos pragas dos citros. Alguns desses inseticidas não apresentam toxicidade significativa ao ácaro da leprose, mas, quando aplicados em mistura com acaricidas, podem reduzir a toxicidade de acaricidas. Detalhes sobre os efeitos que exposições combinadas de inseticidas com acaricidas podem exercer sobre ácaros do gênero *Brevipalpus* não são detalhadamente conhecidos. Diante disso, o objetivo principal da tese foi estudar os efeitos biológicos e bioquímicos do acaricida espirodiclofeno e inseticidas isolados ou combinados sobre os ácaros *B. yothersi* e *B. californicus* em condições de laboratório e campo. A atividade de enzimas de detoxificação foi caracterizada nesses ácaros, e o efeito de inibidores de enzima de detoxificação foi estudado em *B. californicus*. Verificou-se que o espirodiclofeno e os inseticidas cipermetrina, fosmete e imidacloprido alteraram parâmetros biológicos e demográficos importantes de *B. yothersi*. A combinação do espirodiclofeno com os inseticidas reduziram, substancialmente, a eficiência do acaricida sobre ovos e adultos de *B. yothersi*. Nos experimentos realizados a campo, a adição dos inseticidas à calda de espirodiclofeno reduziu o período de reinfestação de *B. yothersi* comparado ao acaricida aplicado isoladamente. Contudo, o teor de espirodiclofeno não foi alterado quando inseticidas foram adicionados à calda. A indução ou a inibição da atividade de enzimas de detoxificação em *B. yothersi* foi dependente do inseticida ou da mistura realizada, bem como do tempo de exposição aos inseticidas. Para os experimentos com *B. californicus*, a combinação do inseticida imidacloprido em mistura com espirodiclofeno resultou em efeito antagônico para controle, e os ácaros expostos a essa mistura apresentaram aumento na atividade de P450s, esterases e glutathione-S-transferases (GST). A adição de PBO (um inibidor da mono-oxigenase P450) à mistura de espirodiclofeno e imidacloprido resultou em efeito sinérgico sobre a mortalidade de *B. californicus*, mas a adição de DEM (um inibidor de GST) resultou em efeito antagônico. As consequências das misturas de espirodiclofeno com os inseticidas avaliados sobre o manejo dos ácaros *Brevipalpus* sp. e formas para minimizar os prejuízos das misturas antagônicas são discutidas.

Palavras-chave: Antagonismo, *Citrus* spp., enzimas de detoxificação, leprose dos citros, mistura em tanque

INTERACTIONS BETWEEN ACARICIDE AND INSECTICIDES ISOLATED OR COMBINED IN *Brevipalpus yothersi* AND *Brevipalpus californicus* (ACARI: TENUIPALPIDAE): A STUDY OF BIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL EFFECTS

ABSTRACT - The intense spraying of pesticides for the citrus pest control has negatively affected the management of virus vector mites (*Brevipalpus yothersi* and *Brevipalpus californicus*) that cause citrus leprosis. In addition to cases of mite resistance to acaricides, failure to control leprosis mite populations susceptible to acaricides has been associated with the exposure of these organisms to insecticides used for the management of citrus pest insects. Some of these insecticides are not toxic to leprosis mite, but when sprayed in a mixture with acaricides, they can reduce the toxicity of acaricides. Details on the effects that combined exposures of insecticides with acaricides on mites of the genus *Brevipalpus* are not known in detail. Therefore, the main objective of the thesis was to study the biological and biochemical effects of acaricide spiroticlofen and insecticides isolated or combined on *B. yothersi* and *B. californicus* mites in laboratory and field conditions. The detoxification enzyme activity was characterized in these mites and the effect of detoxification enzyme inhibitors was studied in *B. californicus*. It was found that spiroticlofen and the insecticides cypermethrin, phosmet, and imidacloprid altered important biological and demographic parameters of *B. yothersi*. The combination of spiroticlofen with insecticides substantially reduced the efficiency of the acaricide on eggs and adults of *B. yothersi*. In experiments carried out in the field, the addition of insecticides to the spiroticlofen solution reduced the period of reinfestation of *B. yothersi* compared to the acaricide sprayed alone. However, the spiroticlofen concentration was not changed when insecticides were added to the spray solution. The induction or inhibition of the detoxification enzyme activity in *B. yothersi* was dependent on the insecticide or the mixture, as well as on the time of exposure to the insecticides. For the experiments with *B. californicus*, the combination of the imidacloprid in a mixture with spiroticlofen resulted in an antagonistic effect for mite control and the mites exposed to this mixture showed an increase in the activity of P450s, esterases, and glutathione-S-transferases (GST). The addition of PBO (a P450 monooxygenase inhibitor) to the mixture of spiroticlofen and imidacloprid resulted in a synergistic effect on the *B. californicus* mortality, but the addition of DEM (a GST inhibitor) resulted in an antagonistic effect. The consequences of mixtures of spiroticlofen with the insecticides evaluated on the management of *Brevipalpus* sp. mites and ways to minimize the damage from antagonistic mixtures are discussed.

Keywords: Antagonism, *Citrus* spp., detoxification enzymes, citrus leprosis, tank mixture

1. INTRODUÇÃO

A leprose dos citros é uma das principais doenças viróticas na citricultura da América Latina. Essa doença pode ser causada por vários tipos de vírus que afetam o citoplasma ou o núcleo das células das plantas (Kitajima et al., 2014; Ramos-González et al., 2017). Dentre esses, o tipo citoplasmático (citrus leprosis virus C-CiLV-C) é considerado o mais importante, devido aos prejuízos econômicos e social causados e pela maior prevalência nos pomares cítricos do Brasil (Bastianel et al., 2010).

No Brasil, até 2015, a transmissão de vírus causadores da leprose foi atribuída exclusivamente ao ácaro *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae). No entanto, essa espécie foi revisada e, a partir do uso de marcadores moleculares e da inclusão de novas características taxonômicas, foi comprovado que *B. phoenicis* se tratava de um complexo de espécies crípticas (Navia et al., 2013; Beard et al., 2015). A partir destes trabalhos, Mineiro et al. (2015) constataram que *Brevipalpus yothersi* Baker (Acari: Tenuipalpidae) é a espécie de *Brevipalpus* mais frequente e abundante nos pomares comerciais do Estado de São Paulo. Além disso, comprovou-se que *B. yothersi* é o principal vetor de CiLV-C no Brasil (Sánchez-Velázquez et al., 2015; Tassi et al., 2017).

Além de *B. yothersi*, outras espécies de *Brevipalpus* são conhecidas mundialmente como vetoras de vírus, com destaque para *Brevipalpus californicus* (Banks) (Acari: Tenuipalpidae) (Childers et al., 2003). *Brevipalpus californicus* infesta diversas plantas, incluindo plantas cítricas (Childers et al., 2003; Roy et al., 2015; García-Escamilla et al., 2018). Esta espécie está associada à transmissão de vírus em plantas cítricas em diversos países, como México, Colômbia, Panamá e, mais recentemente, na África do Sul (Dominguez et al., 2001; Cruz-Jaramillo et al., 2014; Roy et al., 2014; Cook et al., 2019). Além disso, é vetor do vírus orchid fleck virus (OFV) em orquídeas e de isolados deste mesmo vírus em plantas cítricas,

considerado este o vírus transmitido por *Brevipalpus* (VTB) mais amplamente distribuído pelo mundo (Cook et al., 2019).

O controle de *B. yothersi* nos pomares de citros do Estado de São Paulo é pautado quase que exclusivamente no uso de acaricidas sintéticos (Andrade et al., 2018; Della Vechia et al., 2018). No entanto, a eficiência desses produtos vem sendo comprometida ao longo dos anos devido a múltiplos fatores (Andrade et al., 2013; Carvalho et al., 2014; Della Vechia et al., 2018; Vieira, 2019; Rocha et al., 2021). Entre os principais fatores, destaca-se a ocorrência simultânea de várias pragas e fitopatógenos que expõem os ácaros a inúmeros agrotóxicos durante a safra. A exposição de organismos não alvos aos agrotóxicos pode desencadear alterações fisiológicas e biológicas, como, por exemplo, alterações no desenvolvimento biológico e nas taxas de fecundidade e de fertilidade (Stark e Banks 2003), que, por sua vez, afetam diretamente a eficiência de acaricidas específicos (Della Vechia et al., 2018).

Frente à ocorrência concomitante de várias pragas e como uma das formas de reduzir os custos de produção, frequentemente, os produtores misturam no tanque do pulverizador acaricidas e outros produtos, como inseticidas, visando ao controle de diferentes pragas ao mesmo tempo e na mesma operação (Della Vechia et al., 2018). Entretanto, em condições de laboratório, sabe-se que a eficiência do acaricida espirodiclofeno no controle de *B. yothersi* é reduzida quando este é misturado aos inseticidas imidacloprido ou fosmete (Della Vechia et al., 2018). O efeito antagônico entre agrotóxicos pode ser explicado por alterações nas características físico-químicas dos produtos (Tarwater, 1984) ou por alterações fisiológicas nos organismos-alvo (Reffstrup et al., 2010).

Dentre as alterações fisiológicas, a modulação da atividade de enzimas, principalmente aquelas que desempenham papel importante nos processos de detoxificação, pode contribuir para o antagonismo entre os produtos (Abou-Donia, 2014). Esterases, glutathione-S-transferases (GST's) e mono-oxigenases dependentes do citocromo P450 (P450's) são enzimas de detoxificação que

metabolizam produtos químicos em artrópodes e estão frequentemente associadas resistência em pragas (Feyereisen et al., 2015; Van Leeuwen e Dermauw, 2016; Pavlidi et al., 2018). Essas enzimas participam da biotransformação de produtos químicos endógenos ou exógenos e o aumento de sua atividade faz com que os organismos tolerem doses de produtos que, em doses maiores, seriam letais (Li et al., 2007; Hodgson, 2012). A medição da atividade de enzimas de detoxificação pode fornecer informações sobre os mecanismos relacionados à tolerância e resistência aos agrotóxicos, assim como sobre interações sinérgicas ou antagônicas durante a exposição aos vários xenobióticos (Yao et al., 2018).

Tendo em vista a importância de *B. yothersi* e de *B. californicus* em culturas de importância econômica e o desconhecimento sobre os efeitos biológicos e fisiológicos que a mistura de espirodiclofeno com inseticidas, comumente utilizados para o manejo de insetos pragas, podem exercer sobre esses ácaros, o presente trabalho teve como objetivo estudar os efeitos biológicos e bioquímicos do acaricida espirodiclofeno e dos inseticidas cipermetrina, fosmete e imidacloprido, isolados ou combinados, sobre os ácaros *B. yothersi* e *B. californicus* em condições de laboratório e campo.

6. CONCLUSÕES

- Os inseticidas cipermetrina, fosmete e imidacloprido antagonizam espirodiclofeno sobre ovos e adultos de *B. yothersi*.
- A fertilidade de ovos de *B. yothersi* é reduzida apenas quando os ácaros são expostos a 3,5 mg.L⁻¹ de espirodiclofeno.
- Em laboratório, cipermetrina e imidacloprido isolado ou em mistura com espirodiclofeno não interferem na fecundidade e na fertilidade de *B. yothersi*.
- Algumas concentrações de fosmete reduzem a fecundidade de *B. yothersi*; porém, a mistura desse inseticida com espirodiclofeno não altera a fecundidade.
- Em casa de vegetação, determinadas concentrações de fosmete (250; 125 e 31,2 mg.L⁻¹), espirodiclofeno (0,9 e 0,4 mg.L⁻¹) e de imidacloprido (40,0 mg.L⁻¹) reduzem a população de *B. yothersi*. No entanto, a mistura de espirodiclofeno com fosmete, na dose de 0,2 + 31,2 mg.L⁻¹, favorece o aumento da população.
- A exposição de *B. yothersi* a qualquer um dos produtos, isolados ou em mistura, reduz a duração de cada estágio de desenvolvimento dos ácaros.
- Os parâmetros de tabela de vida, TPOP, longevidade total, dias de oviposição e fecundidade, também foram afetados quando os ácaros foram expostos aos produtos isolados e em mistura.
- A alteração nos parâmetros demográficos é dependente do produto a que os ácaros são expostos.
- Em campo, a adição dos inseticidas à calda de espirodiclofeno aumenta o tempo para reduzir a população de *B. yothersi* e reduz o período de reinfestação do ácaro.
- Não há redução no teor de espirodiclofeno quando inseticidas são adicionados à calda do acaricida.
- A atividade de enzimas de detoxificação foi dependente do inseticida ou de mistura e do tempo de exposição.
- A pulverização isolada desses produtos é uma forma de reduzir o efeito dos inseticidas sobre espirodiclofeno, e o intervalo de 24 horas entre a

pulverização de inseticidas e de espirodiclofeno proporciona melhores resultados de controle do ácaro da leprose.

- Imidacloprido antagoniza espirodiclofeno e promove redução no controle de *B. californicus*, enquanto fosmete não altera a toxicidade.
- A exposição de *B. californicus* a fosmete e imidacloprido, isolado ou em mistura com espirodiclofeno, altera a atividade das enzimas de detoxificação.
- O uso de inibidores de enzima de detoxificação auxilia no entendimento da função das enzimas na resposta toxicológica de *B. californicus* a espirodiclofeno, em mistura com fosmete e imidacloprido.

7. REFERÊNCIAS

- Abbott WS (1925) A method of computing the effectiveness of insecticide. **Journal of Economic Entomology** 18:265-267.
- Abou-Donia MB (2014) Metabolism and toxicokinetics of xenobiotics, In: Derelanko MJ, Auletta CS (Eds.) **Handbook of toxicology**. CRC Press, 17, p. 618-658.
- Adesanya AW, Beauchamp MJ, Lavine MD, Lavine LC, Zhu A, Walsh DB (2019) Physiological resistance alters behavioral response of *Tetranychus urticae* to acaricides. **Scientific Reports** 9:19308.
- Agrofit - **Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/SDA. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- Ahmad M (2004) Potentiation/antagonism of deltamethrin and cypermethrins with organophosphate insecticides in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Pesticide Biochemistry and Physiology** 80: 31-42.
- Ahmad M (2008) Potentiation between pyrethroid and organophosphate insecticides in resistant field populations of cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Pakistan. **Pesticide Biochemistry and Physiology** 91:24–31.
- Ahmad M (2009) Observed potentiation between pyrethroid and organophosphorus insecticides for the management of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). **Crop Protection** 28:264–268.
- Ako M, Borgemeister C, Poehling HM, Elbert A, Nauen A (2004) Effects of neonicotinoid insecticides on the bionomics of twospotted spider mite (Acari:Tetranychidae). **Ecotoxicology** 97:1587-1594.
- Ako M, Poehling HM, Borgemeister C, Nauen R (2006) Effect of imidacloprid on the reproduction of acaricide-resistant susceptible strains of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Pest Management Science** 62:419-424.
- Albuquerque FA, Oliveira CAL, Barreto M (1997) Estudos da relação entre as incidências de verrugose da laranja-doce e leprose dos citros em frutos de laranja Pera. **Científica** 25:393-402.
- Alves EB, Casarin NFB, Omoto C (2018) Lethal and sublethal effects of pesticides used in Brazilian citrus groves on *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae). **Arquivo do Instituto Biológico** 85:1-8.

- Amaral I, Melville CC, Rocha CM, Della Vechia JF, Prado TJ, Andrade DJ (2019) Sublethal effects of spiroadiclofen on biological and demographic parameters of the citrus leprosis mite *Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae). **Pest Management Science** 76:1874–1880.
- Amenya DA, Naguran R, Lo TCM, Ranson H, Spillings BL, Wood OR, Brooke BD, Coetzee M, Koekemoer LL (2008) Over expression of a cytochrome p450 (CYP6P9) in a major African malaria vector, *Anopheles funestus*, resistant to pyrethroids. **Insect Molecular Biology** 17:19-25.
- Andrade DJ, Ferreira MC, Fenólio LG (2013) Compatibilidade entre acaricidas e fertilizantes foliares em função de diferentes águas no controle do ácaro da leprose dos citros *Brevipalpus phoenicis*. **Revista Brasileira de Fruticultura** 35:39-50.
- Andrade DJ, Ferreira MC, Santos NC (2010) Efeito da adição de óleos ao acaricida cyhexatin sobre o ácaro *Brevipalpus phoenicis* e na retenção de calda por folhas de citros. **Revista Brasileira de Fruticultura** 32:1055-1063.
- Andrade DJ, Lorençon JR, Siqueira DS, Novelli VM, Bassanezi RB (2018) Space-time variability of citrus leprosis as strategic planning for crop management. **Pest Management Science** 74: 1798-1803.
- Andrade DJ, Oliveira CAL, Pattaro FC, Siqueira DS (2010) Acaricidas utilizados na citricultura convencional e orgânica: manejo da leprose e populações de ácaros fitoseídeos. **Revista Brasileira de Fruticultura** 32:1028-1037.
- Andrade TLC (1997) **Ação acaricida do hexythiazox, dicofol e óxido de fenbutatin, em três níveis de pH da calda**. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Unesp, Jaboticabal.
- Anspaugh DD, Kennedy GG, Roe RM (1995) Purification and characterization of a resistance-associated esterase from the Colorado potato beetle, *Leptino tarsi decemlineata* (Say). **Pesticide Biochemistry and Physiology** 53:84-96.
- Araújo JF (2018) **Efeitos isolados e combinados dos inseticidas fipronil e tiametoxam para a abelha brasileira *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 (Hymenoptera, Apidae)**. 99 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – UFScar, Araras.
- Arena GD, Ramos-González PL, Nunes MA (2016) *Citrus leprosis virus C* infection results in hypersensitive-like response, suppression of the JA/ET plant defense pathway and promotion of the colonization of its mite vector. **Frontiers Plant Science** 7:1757.
- Argentine JA, Lee SH, Sos MA, Barry SR, Clark JM (1995) Permethrin resistance in a near isogenic strain of Colorado potato beetle. **Pesticide Biochemistry and Physiology** 53:97-115.

- Arrese EL, Soulages JL (2010) Insect fat body: energy, metabolism, and regulation. **Annual Review of Entomology** 55:207–225.
- Associação brasileira de normas técnicas. NBR 14029: **Agrotóxicos e afins – validação de métodos analíticos**. Rio de Janeiro, 2016.
- Attique MNR, Khaliq A, Sayyed AH (2006) Could resistance to insecticides in *Plutella xylostella* (Lep., Plutellidae) be overcome by insecticide mixtures? **Journal of Applied Entomology** 130:122-127.
- Ay R, Kara FE (2011) Toxicity, inheritance of fenpyroximate resistance, and detoxification-enzyme levels in a laboratory-selected fenpyroximate-resistant strain of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), **Crop Protection** 30:605-10.
- Badieinia F, Khajehali J, Nauen R, Dermauw W, Van Leeuwen T. (2020) Metabolic mechanisms of resistance to spiroticlofen and spiromesifen in Iranian populations of *Panonychus ulmi*. **Crop Protection** 134:1-6.
- Bajda S, Dermauw W, Greenhalgh R, Nauen R, Tirry L, Clark RM, Van Leeuwen T (2015) Transcriptome profiling of a spiroticlofen susceptible and resistant strain of the European red mite *Panonychus ulmi* using strand-specific RNA-seq. **BMC Genomics** 16:974.
- Baker EA, Hayes AL, Butler RC (1992) Physicochemical properties of agrochemicals: their effects on foliar penetration. **Pesticide Science** 34:167–182.
- Bassanezi RB, Lopes SA, Miranda MP, Wulff NA, Volpe HXL, Ayres AJ (2020) Overview of citrus huanglongbing spread and management strategies in Brazil. **Tropical Plant Pathology** 45:251–264.
- Bastianel M, Novelli VM, Kitajima EW, Kubo KS, Bassanezi RB, Machado MA, Freitas-Astua J (2010) Citrus leprosis: centennial of an unusual mite virus pathosystem. **Plant Disease** 94:284-292.
- Bates D, Mächler M, Bolker B, Walker S (2015) Fitting linear mixed-effects models using lme4. **Journal of Statistical Software** 67:1-48.
- Beard JJ, Ochoa R, Braswell WE, Bauchan GR (2015) *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) species complex (Acari: Tenuipalpidae) - a closer look. **Zootaxa** 3944:1-67.
- Belasque-Jr J, Yamamoto PT, Miranda MP, Bassanezi RB, Ayres AJ, Bové JM (2010) Controle do huanglongbing no estado de São Paulo, Brasil. **Citrus Research & Technology** 31:53–64.
- Bendis RJ, Relyea RA (2014) Living on the edge: Populations of two zooplankton species living closer to agricultural fields are more resistant to a common insecticide: Spatial variation in pesticide resistance. **Environmental Toxicology and Chemistry** 33:2835–2841.

- Berenbaum MR, Zangerl AR (1994) Costs of inducible defense: protein limitation, growth and detoxification in parsnip webworms. **Ecology** 75:2311–2317.
- Bernard CB, Philogène BJ (1993) Insecticide synergists: role, importance, and perspectives. **Journal of Toxicology Environmental Health** 38:199–223.
- Boyland E, Chasseaud LF (1970) The effect of some carbonyl compounds on rat liver glutathione levels. **Biochemical Pharmacology** 19:1526–1528.
- Bradford MM (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. **Analytical Biochemistry** 72:248-254.
- Brasil 2017: Portaria nº 148, de 26 de dezembro de 2017. Estabelecer critérios e procedimentos a serem adotados para recomendação de mistura em tanque de agrotóxicos e afins e sua prescrição em receituário agrônomo. Diário Oficial da União. 28 de dezembro de 2017. Visited on 23 nov. 2018. Seção 1.
- Brasil. 2006: Ministério da Saúde. Metodologia para quantificação de atividades de enzimas relacionadas com a resistência a inseticidas em *Aedes aegypti*. Ministério da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz. Brasília: Ministério da Saúde, 128 p.: il. (Série A. Normas e Manuais Técnicos).
- Brogdon WG, Mcallister JC, Vulule J (1997) Heme peroxidase activity measured in single mosquitoes identifies individuals expressing an elevated oxidase for insecticide resistance. **Journal of American Mosquito Control Association** 13:233-237.
- Buters JTM, Schiller CD, Chou RC (1993) A highly sensitive tool for the assay of cytochrome P450 enzyme activity in rat, dog and man. **Biochemistry Pharmacology** 46:1577–1584.
- Campos F, Omoto C (2002) Resistance to hexythiazox in *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) from Brazilian citrus. **Experimental and Applied Acarology** 26:243-251.
- Carvalho GFG, Ferreira MC, Lorençon JR, Sakomura J (2014) Mite control in orange fruit after spraying acaricides in mixture with leaf fertilizers. **Aspects of Applied Biology** 122:437–440.
- Casarin NFB (2010) **Calda sulfocálcica em pomares de citros: evolução da resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) e impacto sobre *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae)**. 95f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Esalq, Piracicaba.
- Casida JE (1970) Mixed-function oxidase involvement in the biochemistry of insecticide synergists. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 18:753–772.

- Castagnoli M, Liguori M, Simoni S, Duso C (2005) Toxicity of some insecticides to *Tetranychus urticae*, *Neoseiulus californicus* and *Tydeus californicus*. **Biocontrol** 50:611–622.
- Che-Mendoza A, Penilla R, Rodríguez D (2009) Insecticide resistance and glutathione S-transferases in mosquitoes: A review. **African Journal of Biotechnology** 8:1386–1397.
- Chen GM, Chi H, Wang RC, Wang YP, Xu YY, Li XD, Yin P, Zheng F-Q (2018) Demography and uncertainty of population growth of *Conogethes punctiferalis* (Lepidoptera: Crambidae) reared on five host plants with discussion on some life history statistics. **Journal of Economic Entomology** 111:2143-2152.
- Cheon GS, Paik CH, Lee GH, Kim SS (2007) Toxicity of spiroticlofen to the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae), and its prey, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Journal of Entomology Science** 42:44–51.
- Chi H (1988) Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. **Environmental Entomology** 17:26-34.
- Chi H (2020) TWOSEX-MSCHART: A computer program for the age-stage two-sex life table analysis. Disponível em: <<http://140.120.197.173/ecology/Download/TWOSEXMSChart.rar>>. Acesso em: 3 dez. 2020.
- Chi H, Liu H (1985) Two new methods for the study of insect population ecology. **Bulletin of the Institute Zoology Academia Sinica** 24:225-240.
- Chi H, Su HY (2006) Age-stage, two-sex life tables of *Aphidius gifuensis* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and its host *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) with mathematical proof of the relationship between female fecundity and the net reproductive rate. **Environmental Entomology** 35:10-21.
- Chiavegato LG (1986) Biologia do ácaro *Brevipalpus phoenicis* em citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 15:17-22.
- Chiavegato LG; Kharfan PR (1993) Comportamento do ácaro da leprose *Brevipalpus phoenicis* (G.) (Acari: Tenuipalpidae) em citros. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 22:355-359.
- Childers CC, Derrick KS (2003) *Brevipalpus* mites of unassigned rhabdovirus in various crops. **Experimental and Applied Acarology** 30:1-3.
- Childers CC, Rodrigues JCV, Welbourn WC (2003) Host plants of *Brevipalpus californicus*, *B. obovatus*, and *B. phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) and their potential involvement in the spread of viral diseases vectored by these mites. **Experimental and Applied Acarology** 30:29-105.

- Cloyd RA (2011) Pesticide mixtures. In M. Stoytcheva (Eds.) **Pesticides Formulations, Effects, Fate**. InTech: Croatia, p. 69-80.
- Cohen E (2006) Pesticide-mediated homeostatic modulation in arthropods. **Pesticide Biochemistry and Physiology** 85:21–27.
- Cook G, Kirkman W, Clase R, Steyn C, Basson E, Fourie PH, Moore SD, Grout TG, Carstens E, Hattingh V (2019) *Orchid fleck virus* associated with the first case of citrus leprosis-N in South Africa. **European Journal of Plant Pathology** 155:1373–1379.
- Corbett JR (1974) **The biochemical mode of action of pesticides**. Academic Press, New York, NY.
- Cordeiro EMG, de Moura ILT, Fadini MAM and Guedes RNC (2013) Beyond selectivity: are behavioral avoidance and hormesis likely causes of pyrethroid-induced outbreaks of the southern red mite *Olygonychus ilicis*? **Chemosphere** 93:1111–1116.
- Correia MA, O de Montellano PR (2005). **Cytochrome P450: Structure, mechanism, and biochemistry** p. 247–322.
- Costa APM (2019) **Mecanismos intraespecíficos associados ao aumento populacional de *Brevipalpus yothersi* Baker (Prostigmata: Tenuipalpidae) e *Panonychus citri* (McGregor) (Trombidiformes: Tetranychidae) após aplicação de inseticidas em citros**. 38 f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) – Fundecitrus, Araraquara.
- Costa CJ, Garcia MF, Ferragut F, Laborda R, Roca D, Marzal C (1988) Residual influence of the insecticides butocarboxim, cypermethrin and azinphos-methyl on the biotic potential of *Panonychus citri* (McGr.) (Acari: Tetranychidae), **Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas** 14:127–140.
- Cruz-Jaramillo JL, Ruiz-Medrano R, Rojas-Morales L, López-Buenfil JA, Morales-Galván O, Chavarín-Palacio C, Ramírez-Pool JA, Cázares-Xoconostle B (2014) Characterization of a proposed dichorhavirus associated with the citrus leprosis disease and analysis of the host response. **Viruses** 6:2602–2622.
- Cutler GC (2013) Insects, insecticides and hormesis: evidence and considerations for study. **Dose–Response** 11:154–177.
- De Carli LF, Miranda MP, Volpe HXL, Zanardi OZ, Vizoni MC, Martini FM, Lopes JAP (2018) Leaf age affects the efficacy of insecticides to control Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Journal of Applied Entomology** 142:689–695.
- Della Vechia JF, Bassanezi RB, Andrade DJ (2019) Physicochemical and biological compatibility of insecticide mixtures with acaricide in the management of *Brevipalpus yothersi*. **Systematic and Applied Acarology** 24:455-1464.

- Della Vechia JF, Ferreira MC, Andrade DJ (2018) Interaction of spirodiclofen with insecticides for the control of *Brevipalpus yothersi* in citrus. **Pest Management Science** 74:2.438-2.443.
- DeLuca JG, Dysart GR, Rasnick D, Bradley MO (1988) A direct, highly sensitive assay for cytochrome P-450 catalyzed O-deethylation using a novel coumarin analog. **Biochemistry Pharmacology** 37:1731–1739.
- Demaeght P, Dermauw W, Tsakireli D, Khajehali J, Nauen R, Tirry L, Vontas J, Lummen P, Van Leeuwen T (2013) Molecular analysis of resistance to acaricidal spirocyclic tetrone acids in *Tetranychus urticae*: CYP392E10 metabolizes spirodiclofen, but not its corresponding enol. **Insect Biochemistry Molecular Biology** 43:544–54.
- Demétrio CGB, Hinde J, Moral RA (2014) Models for over dispersed data in entomology. In: Ferreira, C.P., Godoy, W.A.C. (Eds.). **Ecological modelling applied to entomology**. Switzerland: Springer. p. 219–259.
- Dermauw W, Van Leeuwen T (2014) The ABC gene family in arthropods: comparative genomics and role in insecticide transport and resistance. **Insect Biochemistry and Molecular Biology** 45:89-110.
- Desneux N, Decourtye A, Delpuech JM (2007) The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology** 52:81–106.
- Dittrich V, Streibert P, Bathe PA (1974) An old case reopened: mite stimulation by insecticide residues. **Environmental Entomology** 3:534-540.
- Dominguez F.S, Bernal A, Childers CC, Kitajima EW (2001) First report of *Citrus leprosis virus* in Panama. **Plant Disease** 85:228–228.
- Ebeling W (1963) The factors that influence the rate of disappearance of residues. In: Ebeling W (Ed.) **Analysis of the basic process involved in the deposition, degradation, persistence, and effectiveness of pesticides**, p. 126-135.
- Efron B, Tibshirani RJA (1993) **An introduction to the bootstrap**. London: Springer.
- Feyereisen R (2015) Insect P450 inhibitors and insecticides: Challenges and opportunities. **Pest Management Science** 71:793–800.
- Feyereisen R, Langry KC, Ortiz de Montellano PR (1984) Self-catalyzed destruction of insect cytochrome P450. **Insect Biochemistry** 14:19–26
- Finney DJ (1971) **Probit analysis**. Cambridge University Press, 333 p.
- Franco CR (2002) **Detecção e caracterização da resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) a acaricida propargite**. 78 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Esalq, Piracicaba.

- Freitas-Astúa J, Ramos-González PL, Arena GD, Tassi, AD, Kitajima EW (2018) *Brevipalpus*-transmitted viruses: parallelism beyond a common vector or convergent evolution of distantly related pathogens? **Current Opinion on Virology** 33: 66–73.
- Fujioka K, Casida JE (2007) Glutathione-S-transferase conjugation of organophosphorus pesticides yields S-phospho-, S-aryl-, and S-alkylglutathione derivatives. **Chemical Research in Toxicology** 20:1211–1217.
- Gabre RA, Adham FK, Chi H (2005) Life table of *Chrysomya megacephala* (Fabricius) (Diptera: Calliphoridae). **Acta Oecologica** 27:179-183.
- García-Escamilla P, Duran-Trujillo Y, Otero-Colina G, Valdovinos-Ponce G, Santillán-Galicia MT, OrtizGarcía CF, Velázquez-Monreal JJ, Sánchez-Soto S (2018) Transmission of viruses associated with cytoplasmic and nuclear leprosis symptoms by *Brevipalpus yothersi* and *B. californicus*. **Tropical Plant Pathology** 43:69–77.
- Gazziero DLP (2015) Mistura de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha** 33:83-92.
- Godman D (1982) Optimal life histories, optimal notation, and the value of reproductive value. **The American Naturalist** 119:803-823.
- Guedes RN, Cutler GC (2013) Insecticide-induced hormesis and arthropod pest management. **Pest Management Science** 70:690-697.
- Gul H, Ullah F, Biondi A, Desneux N, Qian D, Gao X, Song D (2019) Resistance against clothianidin and associated fitness costs in the chive maggot, *Bradysia odoriphaga*. **Entomologia Generalis** 39:81–92.
- Habig WH, Jakoby WB (1981) Glutathione-S-transferases (rat and human), assays for differentiation of glutathione-S-transferases. In: Jakoby, W.B. (Ed.) Methods in enzymology, detoxification and drug metabolism: conjugation and related systems. Academic Press, New York, pp 398–405.
- Haynes KF (1988) Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior. **Annual Review of Entomology** 33:149-168.
- Healy JM, Dumancic MM, Oakeshott JG (1991) Biochemical and physiological studies of soluble esterases from *Drosophila melanogaster*. **Biochemical Genetics** 29:365–388.
- Henderson CF, Tilton EW (1955) Tests with acaricides against the brow wheat mite. **Journal of Economic Entomology** 48:157–161.
- Hodgson E (2012) Biotransformation (metabolism) of Pesticides, In: Hodgson E (Ed.) **Pesticide biotransformation and Disposition**. Elsevier Inc., pp. 73–116.

- Holland JM, Chapman RB, (1993) A comparison of the toxic and sub-lethal effects of fluvalinate and esfenvalerate on the twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae). **Experimental & Applied Acarology** 18:3–22.
- Huang YB, Chi H (2011) The age-stage, two-sex life table with an offspring sex ratio dependent on female age. **Journal of Agriculture and Forestry** 60:337–345.
- Huang YB, Chi H (2012) Age-stage, two-sex life tables of *Bactrocera curcubitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) with a discussion on the problem of applying female age-specific life tables to insect populations. **Insect Science** 19:263–273.
- IBGE – **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618>>. Acesso em: 15 mar. 2021.
- Ikeda FS (2013) Resistência de plantas daninhas em soja resistente ao glifosato. **Informe Agropecuário** 34:58–65.
- IRAC International Insecticide Mixture. Insecticide Resistance Action Committee. Disponível em: <http://www.iraonline.org/content/uploads/IRAC_MixtureStatement_v1.0_10Sep12.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- James DG, Price TS (2002) Fecundity of twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) is increased by direct and systemic exposure to imidacloprid. **Journal of Economic Entomology** 27:151–156.
- Jeger M et al. (2017) Pest categorisation of citrus leprosis viruses. **EFSA Journal** 15: 5110.
- Johnson RM (2015) Honeybee toxicology. **Annual of Review Entomology** 60:22.1–22.20.
- Khajehali J et al. (2010) Acetylcholinesterase point mutations in European strains of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) resistant to organophosphates. **Pest Management Science** 66 220–228.
- Kitajima EW, Chagas CM, Rodrigues JCV. (2003) *Brevipalpus*-transmitted plant virus and virus-like diseases: cytopathology and some recent cases. **Experimental and Applied Acarology** 30:135–60.
- Kitajima EW, Mülle RGW, Costa AS, Yuki W (1972) Short, rod-like particles associated with Citrus leprosis. **Virology** 50:254–8.
- Kitajima EW, Novelli VM, Alberti G (2014) Anatomy and fine structure of *Brevipalpus* mites (Tenuipalpidae) - economically important plant-virus vectors-part 1: an update on the biology and economical importance of *Brevipalpus* mites. **Zoologica** 160:1–10.

- Kliot A, Ghanim M (2012) Fitness costs associated with insecticide resistance. **Pest Management Science** 68:1431–1437.
- Kramer T, Nauen R (2011) Monitoring of spirotetramat susceptibility in field populations of European red mites, *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae), and the cross-resistance pattern of a laboratory-selected strain. **Pest Management Science** 67:1.285-1.293.
- Kulkarni AP, Hodgson E (1980) Metabolism of insecticides by mixed function oxidase systems. **Pharmacology and Therapeutics** 8:379-475.
- Leigh TF, Wynholds PF (1980) Organophosphorus insecticides stimulated egg laying of mites reared on the treated cotton plants. **California Agriculture** 34 14–15.
- Li X, Schuler MA, Berenbaum MR (2007) Molecular mechanisms of metabolic resistance to synthetic and natural xenobiotics. **Annual Review of Entomology** 52:231-253.
- Li YY, Fan X, Zhang GH, Liu YQ, Chen HQ, Liu H, Wang JJ (2017) Sublethal effects of bifenazate on life history and population parameters of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Systematic and Applied Acarology** 22:148–158.
- Lichiheb N, Personne E, Carole B, Van den Berg F, Barriuso E (2016) Implementation of the effects of physicochemical properties on the foliar penetration of pesticides and its potential for estimating pesticide volatilization from plants. **Science of the Total Environment** 550:1022–1031.
- Lindquist R (2002) Tank-mixed pesticides offer benefits, disadvantages. **Greenhouse Business** 8: 25-29.
- Liu XC, Li QS, Liu QX (1998) The effects of insecticides on disposal behavior and fecundity of carmine spider mite. **Acta Phytophylacica Sinica** 25:156–160.
- Lümmen P, Khajehali J, Luther K, Van Leeuwen T (2014) The cyclic keto-enol insecticide spirotetramat inhibits insect and spider mite acetyl-CoA carboxylases by interfering with the carboxyltransferase partial reaction. **Insect Biochemistry Molecular Biology** 55:1-8.
- Marcic D (2003) The effects of clofentezine on life-table parameters in two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. **Experimental and Applied Acarology** 30:249–263.
- Marcic D, Ogurlic I, Mutavdzic S, Peric P (2010) The effects of spiromesifen on life history traits and population growth of two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae). **Experimental and Applied Acarology** 50:255–267.
- Marer PJ, Flint ML, Stimmann MW (1988) **The Safe and Effective Use of Pesticides**. University of California Publication 3324, 387 p.

- Martin T, Ochou OG, Vaissayre M, Fournier D (2003) Organophosphorus insecticides synergize pyrethroids in the resistant strain of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) from West Africa. **Journal of Economic Entomology** 96: 468-474.
- Matsumura F (1985) **Toxicology of Insecticides**, p. 203–298, Springer US.
- Mineiro JLC, Sato ME, Novelli VM, Andrade DJ (2015) Distribuição de *Brevipalpus yothersi* Baker, 1949 (Acari: Tenuipalpidae) em diferentes hospedeiras e localidades no Estado de São Paulo. In.: **Reunião Anual Do Instituto Biológico**. Resumos... São Paulo: O Biológico 77:84.
- Miranda MP, Volpe HXL, Veiga ACP, Zanardi OZ, Bassanezi RB, Andrade DJ, Carmo-Sousa M (2017) Manejo de insetos e ácaros vetores fitopatógenos nos citros. **Informe Agropecuário** 38:1-25.
- Montella IR, Schama R, Valle D (2012) The classification of esterases: an important gene family involved in insecticide resistance - A Review. **Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz**, 107, 437-449.
- Moraes GJ, Flechtmann CHW (2008) **Manual de acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil**. Holos: Ribeirão Preto.
- Morales-Rodriguez A, Peck DC (2009) Synergies between biological and neonicotinoid insecticides for the curative control of the white grubs *Amphimallon majale* and *Popillia japonica*. **Biological Control** 51:169–180.
- Morales-Rodriguez A, Warnner KW (2015) Efficacy of thiamethoxam and fipronil, applied alone and in combination, to control *Limonius californicus* and *Hypnoidus bicolor* (Coleoptera: Elateridae). **Pest Management Science** 7:584–591.
- Mozes-Koch R, Slabezki Y, Efrat H, Kamer Y, Yakobson BA, Dag A (2000) First detection of fluvinate resistance in the *Varroa* mite using bioassay and biochemical methods. **Experimental and Applied Acarology** 24:35–43.
- Mullins JW (1993) Imidacloprid: a new nitroguanidine insecticide. **Journal of the American Chemical Society** 524:183–198.
- Nauen R (2005) Spirodiclofen: mode of action and resistance risk assessment in tetranychid pest mites. **Pesticide Science** 30:272–274.
- Nauen R, Stumpf N, Elbert A, Zebitz CPW, Kraus W (2001) Acaricide toxicity and resistance in larvae of different strains of *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae). **Pest Management Science** 57: 253-261.
- Navia D, Mendonça RS, Ferragut F, Miranda LC, Trincado RC, Michaux J, Navajas M (2013) Cryptic diversity in *Brevipalpus* mites (Tenuipalpidae). **Zoologica Script** 42:406–426.

- Nelder JA, Wedderburn RWM (1972) Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society** 135:370–384.
- Neves MF, Trombin VG, Milan P, Lopes FF, Cressoni F, Kalaki R (2011) **O retrato da citricultura brasileira**. Ribeirão Preto: Markestrat Centro de Pesquisa e Projetos em Marketing e Estratégia. 71 p.
- Niu JZ, Liu GY, Dou W, Wang JJ (2011) Susceptibility and activity of glutathione S-transferases in nine field populations of *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae) to pyridaben and azocyclotin. *Florida Entomology* 94:321–329.
- Nordhus EGM (2005) **Molecular methots in apecies identification of *Liriomyza* spp. and the study of insecticide resistance in *Liriomyza* spp., *Bemisia tabacia* and *Myzus persicae***. PhD. Scientiarum Thesis. Norwegian University of Life Sciences, University of miljø – biovitenskap.
- Oliveira, C.A.L., Pattaro FC (2008) Citros: manejo de ácaros fitófagos na cultura. In: Yamamoto, P.T. (Org.). **Manejo integrado de pragas dos citros**. Piracicaba: ESALQ/USP. p. 81–125.
- Omoto C, Alves EB, Ribeiro PC (2000) Detecção e monitoramento da resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) ao dicofol. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 29:757-764.
- Pavlidis N, Vontas J, Van Leeuwen T (2018) The role of glutathione-S-transferase (GSTs) in insecticide resistance in crop pests and disease vectors. **Current Opinion in Insect Science** 27:97-102.
- Petter FA, Segate D, Almeida FA, Alcântara Neto F, Pacheco LP (2013) Incompatibilidade física de misturas entre inseticidas e fungicidas. **Comunicata Scientiae** 4:129-138.
- Petter FA, Segate D, Pacheco LP, Almeida FA, Alcântara Neto F (2012) Incompatibilidade física de misturas entre herbicidas e inseticidas. **Planta Daninha** 30:449-457.
- Phillips PA, Machlitt D, Mead M (1987) Non-target effects of dimethoate and acephate against *Euseius tularensis* Cogdon and *Aphytis melinus* De Bach on lemons in California. **Crop Protection** 6:388–392.
- Plapp FW, Bigley WS, Chapmen GA, Eddy GW (1963) Synergism of malathion against resistant house flies and mosquitoes. **Journal of Economic Entomology** 56:643–649.
- Prado EP, Araújo D, Raetano CG, Dal Pogetto MHFA, Aguiar-Júnior HO, Christovam RS (2011) Influência da dureza e potencial hidrogeniônico da calda de pulverização sobre o controle do ácaro-da-leprose em frutos de laranja doce. **Bragantia** 70:389–396.

- Prapanthadara L, Hemingway J, Ketterman AJ (1995) DDT- resistance in *Anopheles gambiae* (Diptera, Culicidae) from Zanzibar, based on insecticide DDT dehydrochlorinase activity of glutathione S-transferases. **Bulletin of Entomological Research** 85: 267- 74.
- R Development Core Team. 2018. R: **A language and environment for statistical computing**. Foundation for statistical computing, Vienna, Austria.
- Raff K, Priester T (1985) Synergists as research tools and control agents in agriculture. *Journal of Agricultural Entomology* 2, 27–45.
- Rahman MM, Farha W, Abd El-Aty AM, Kabir MH, Im SJ, Jung DI, Choi JH, Kim SW, Son YW, Kwon CH, Shin HC (2015) Dynamic behavior and residual pattern of thiamethoxam and its metabolite clothianidin in Swiss chard using liquid chromatography–tandem mass spectrometry. **Food Chemistry** 174:248–255.
- Ramos-González PL, Chabi-Jesus C, Guerra-Peraza O, Breton MC, Arena GD, Nunes MA, Kitajima EW, Machado MA, Freitas-Astúa J (2016) Phylogenetic and molecular variability studies reveal a new genetic clade of *Citrus leprosis virus C*. **Viruses** 8:153.
- Ramos-González PL, et al. (2017) *Citrus leprosis virus N*: A new Dichorhavirus causing Citrus Leprosis disease. **Phytopathology** 107:963–976.
- Rauch N, Nauen R (2003) Spirodiclofen resistance risk assessment in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): a biochemical approach. **Pesticide Biochemistry and Physiology** 74:91-101.
- Reffstrup TK, Larsen JC, Meyer O (2010) Risk assessment of mixtures of pesticides. Current approaches and future strategies. **Regulatory Toxicology and Pharmacology** 56:174–192.
- Reis PR, Neto MP, Franco RA (2005) Controle de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) e *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917) (Acari: Tenuipalpidae, Tetranychidae) em cafeeiro e o impacto sobre ácaros benéficos. II – Spirodiclofen e Azocyclotin. **Ciência e Agrotecnologia** 29:528–537.
- Rocha CM, Della Vechia JF, Savi PJ, Omoto C, Andrade DJ (2021) Resistance to spirodiclofen in *Brevipalpus yotheri* from brazilian citrus groves detection, monitoring, and population performance. **Pest Management Science**, 1-8.
- Rodrigues JCV, Machado MA (1999) Notes on a probable respiratory apparatus in eggs of *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae). **International Journal of Acarology** 25:231-234.
- Rossetti V, Colariccio A, Chagas CM, Sato ME, Raga A (1997) Leprose dos citros. **Boletim Técnico do Instituto Biológico** 6:5–27.

- Roy A, León MG, Stone AL, Schneider WL, Hartung JS, Brlansky RH (2014) First report of *Citrus leprosis virus* nuclear type in sweet Orange in Colombia. **Plant Disease** 98:1162–1162.
- Roy A, Stone A, Otero-Colina G, Gang WNC, Diann ALL, Nakhla KM, Hartung SJ, Schneider LW, Brlansky HR (2015) Identification and molecular characterization of nuclear *Citrus leprosis virus*, a member of the proposed Dichorhavirus genus infecting multiple Citrus species in Mexico. **Phytopathology** 105:564–575.
- Saber M, Ahmadi Z, Mahdavinia G (2018) Sublethal effects of spiroadiclofen, abamectin and pyridaben on life-history traits and life-table parameters of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Experimental and Applied Acarology** 75:55–67.
- Saénz-de-Cabezón Irigaray FJ, Zalom FG (2006) Side effects of five new acaricides on the predator *Galendromus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology** 38:299–305.
- Saini RS, Cutkomp LK (1966) The effects of DDT and sublethal doses of dicofol on reproduction of the two-spotted spider mite. **Journal of Economic Entomology** 59:249–253.
- Sanchez-Arroyo H, Koehler PG, Valles SM (2001) Effects of the synergists piperonyl butoxide and S,S,S-tributyl phosphorotrithioate on propoxure pharmacokinetics in *Blattella germanica* (Blattodea: Blattellidae). **Journal of Economic Entomology** 94: 1209–1216.
- Sánchez-Velázquez EJ, Santillán-Galicia MT, Novelli VM, Nunes MA, Mora-Aguilera G, Valdez-Carrasco JM, Otero-Colina G, Freitas-Astúa J (2015) Diversity and genetic variation among *Brevipalpus* populations from Brazil and Mexico. **PLoS ONE** 10:e0133861.
- Sancho E, Villarroel MJ, Andreu E, Ferrando MD (2009) Disturbances in energy metabolism of *Daphnia magna* after exposure to tebuconazole. **Chemosphere** 74:1171–1178.
- SAS Institute (2015) SAS/IML® 14.1 **User`s Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Savi PJ, Moraes GJ, Melville CC and Andrade DJ (2019) Population performance of *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) on African tomato varieties and wild tomato genotypes. **Experimental and Applied Acarology** 77:555-570.
- Shi L, Xu Z, Shen G, Song C, Wang Y, Peng J, Zhang J, He L (2015) Expression characteristics of two novel cytochrome P450 genes involved in fenpropathrin resistance in *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval). **Pesticide Biochemistry and Physiology** 119:33–41.
- Silva JF, Ferreira LR, Ferreira FA (2007) Herbicidas: absorção, translocação, metabolismo, formulação e misturas. In: Silva AA, Silva JF (Eds.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas** p. 118-154.

- Silva Júnior G, Behlau F, Miranda MP, Bassanezi RB, Andrade DJ (2021) **Guia de controle de pragas**. Fundecitrus: Brasil.
- Silva MZ, Sato ME, Oliveira CAL, Rais DS (2011) Toxicidade diferencial de agrotóxicos utilizados em citros para *Neoseiulus californicus*, *Euseius concordis* e *Brevipalpus phoenicis*. **Bragantia** 70:87-95.
- Snoeck S, Greenhalgh R, Tirry L, Clark RM, Van Leeuwen T, Dermauw W (2017) The effect of insecticide synergist treatment on genome-wide gene expression in a polyphagous pest. **Scientific Reports** 7:13440.
- Stark JD, Banks JE (2003) Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. **Annual Review of Entomology** 48:505-519.
- Steinbach D, Moritz G, Nauen R (2017) Fitness costs and life table parameters of highly insecticide resistant strains of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) at different temperatures. **Pest Management Science** 73:1789-1797.
- Stevens JL, Snyder MJ, Koener JF, Feyereisen R (2000) Inducible P450s of the CYP9 family from larval *Manduca sexta* midgut. **Insect Biochemistry and Molecular Biology** 30:559–568.
- Stumpf N, Nauen R (2002) Biochemical markers linked to abamectin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Pesticide Biochemistry and Physiology** 72:111–121.
- Szczepaniec A, Creary SF, Laskowski KL, Nyrop JP and Raupp MJ (2011) Neonicotinoid insecticide imidacloprid causes outbreaks of spider mites on elm trees in urban landscapes. **PLoS ONE** 6:e20018.
- Tariq K, Noor M, Hori M, Ali A, Hussain A, Peng W, Chang C, Zhang H (2017) Blue light-induced immunosuppression in *Bactrocera dorsalis* adults, as a carryover effect of larval exposure. **Bulletin of Entomological Research** 107:734-741.
- Tariq K, Noor M, Saeed S, Zhang H (2015) The effect of ultraviolet-A radiation exposure on the reproductive ability, longevity, and development of the *Dialeurodes citri* (Homoptera: Aleyrodidae) F1 generation. **Environmental Entomology** 44:1614–1618.
- Tarwater OR (1984) Compatibility and tank-mix testing of pesticides, in Advances. In Scher HB (Ed.) **Pesticide Formulation Technology**, American Chemical Society, pp 231-241.
- Tassi AD, Garita-Salazar LC, Amorim L, Novelli VM, Freitas-Astua J, Childers CC, Kitajima EW (2017) Virus-vector relationship in the *Citrus leprosis* pathosystem. **Experimental and Applied Acarology** 71:227–241.
- Terrieri LC (1984) Induction of detoxification enzymes in insects. *Annual of Review Entomology* 29:71-88.

- Thompson HM (1996) Interactions between pesticides; a review of reported effects and their implications for wildlife risk assessment. **Ecotoxicology** 5:59-81.
- Tiwari S, Mann RS, Rogers ME, Stelinski LL (2011) Insecticide resistance in field populations of Asian citrus psyllid in Florida. **Pest Management Science** 67:1258–1268.
- Tornisiello VL, Botelho RG, De Toledo Alves, PA, Bonfleur EJ, Monteiro SH (2013) Pesticide tank mixes: an environmental point of view. In **Herbicides-Current Research and Case Studies in Use**. InTech. June.
- Tuan SJ, Lee CC, Chi H (2014) Population and damage projection of *Spodoptera litura* (F) on peanuts (*Arachis hypogaea* L) under different conditions using the age-stage, two-sex life table. **Pest Management Science** 70:805-813.
- Ullah F, Gul H, Desneux N, Said F, Gao X, Song D (2020) Fitness costs in chlorfenapyr-resistant populations of the chive maggot, *Bradysia odoriphaga*. **Ecotoxicology** 29, 407–416.
- Ullah F, Gul H, Tariq K, Desneux N, Gao X, Song D (2021) Acetamiprid resistance and fitness costs of melon aphid, *Aphis gossypii*: An age-stage, two-sex life table study. **Pesticide Biochemistry and Physiology** 171:104729.
- USDA – **United States Department of Agriculture**. Disponível em: <<https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/w66343603?locale=en>>. Acesso em: 15 mar. 2021.
- Valles SM (1998) Toxicological and biochemical studies with field populations of German cockroach, *Blattella germanica*. **Pesticide Biochemistry and Physiology** 62:190-200.
- Van Leeuwen T, Dermauw W (2016) Xenobiotic metabolism and resistance in chelicerate mites. **Annual of Review Entomology** 61:475-498.
- Van Leeuwen T, Van Pottelberge S, Nauen R, Tirry L (2007) Organophosphate insecticides and acaricides antagonise bifenazate toxicity through esterase inhibition in *Tetranychus urticae*. **Pest Management Science** 63:1172-1177.
- Van Leeuwen T, Van Pottelberge S, Tirry L (2005) Comparative acaricide susceptibility and detoxifying enzyme activities in field-collected resistant and susceptible strains of *Tetranychus urticae*. **Pest Management Science** 61:499-507.
- Van Pottelberge S, Van Leeuwen T, Khajehali J and Tirry L (2009) Genetic and biochemical analysis of a laboratory-selected spiroticlofen-resistant strain of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Pest Management Science** 65: 358-66.

- Van Pottelberge S, Van Leeuwen T, Van Amermaet K, Tirry L (2008) Induction of cytochrome P450 monooxygenase activity in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and its influence on acaricide toxicity. **Pesticide Biochemistry and Physiology** 91:128-133.
- Vieira JC (2019) **Influência de adjuvantes e fertilizantes foliares na eficácia de acaricidas para o controle do ácaro da leprose dos citros**. 41 f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) - Fundecitrus, Araraquara.
- Vontas J, Small GJ, Hemingway J (2001) Glutathione S-transferases as antioxidant defence agents confer pyrethroid resistance in *Nilaparvata lugens*. **Biochemical Journal** 357: 65-72.
- Wachendorff U, Brück R, Elbert A, Fischer R, Nauen R, Stumpf N, Tiemann R (2000) BAJ 2740: A novel broad spectrum acaricide. **Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference - Pests and Diseases** 2:53-58.
- Waterman KCEA (2008) **Handbook of Stability Testing in Pharmaceutical Development** - Regulations, Methodologies and Best Practices. Editora Springer 115-135.
- Wei P, Demaeght P, De Schutter K, Grigoraki L, Labropoulou V, Riga M, Vontas J, Nauen R, Dermauw W, Van Leeuwen T (2019). Overexpression of an alternative allele of carboxyl/choline esterase 4 (CCE04) of *Tetranychus urticae* is associated with high levels of resistance to the keto-enol acaricide spiroticlofen. **Pest Management Science** 76:1142-1153.
- Xu X, Strange JP, Welker DL, James RR. Detoxification and stress response genes expressed in a western North American bumble bee, *Bombus huntii* (Hymenoptera: Apidae). **BMC Genomics** 14:874, 2013.
- Yang N, Xie W, Jones CM, Bass C, Jiao X, Yang X, Liu B, Li R, Zhang Y (2013) Transcriptome profiling of the whitefly *Bemisia tabaci* reveals stage-specific gene expression signatures for thiamethoxam resistance. **Insect Molecular Biology** 22:485e496.
- Yang X, He C, Xie W, Liu Y, Xia J, Yang Z, Guo L, Wen Y, Wang S, Wu Q (2016) Glutathione S-transferases are involved in thiamethoxam resistance in the field whitefly *Bemisia tabaci* Q (Hemiptera: Aleyrodidae). **Pesticide Biochemistry and Physiology** 34:73-78.
- Yao J, Zhu YC, Adamczyk J, Luttrell R (2018) Influences of acephate and mixtures with other commonly used pesticides on honeybee (*Apis mellifera*) survival and detoxification enzyme activities. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C Toxicology & Pharmacology** 209:9–17.
- Yeoh CL, Kuwano E, Eto M (1982) Effects of the fungicide IBP as a synergist on the metabolism of malathion in insects. **Journal of Pesticide Science** 7:31–40.

- Zalom FG, Toscano NC, Byrne FJ (2005) Managing resistance is critical to future use of pyrethroids and neonicotinoids. **California Agriculture** 59:11-15.
- Zanardi OZ, Bordini GP, Franco AA, Morais MR, Yamamoto PT (2018) Spraying pyrethroid and neonicotinoid insecticides can induce outbreaks of *Panonychus citri* (Trombidiformes: Tetranychidae) in citrus groves. **Experimental and Applied Acarology** 76:339-354.
- Zera AJ, Denno RF (1997) Physiology and ecology of dispersal polymorphism in insects. **Annual of Review Entomology** 42:207–230.
- Zhao JZ, Bishop BA, Grafius EJ (2000) Inheritance and synergism of resistance to imidacloprid in the *Colorado potato beetle* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Journal of Economic Entomology** 93:1508–1514.