

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Influência da temperatura do ar e da umidade do solo na eficácia de aplicações foliares de inseticidas para o controle de *Bemisia tabaci* Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em soja

Caio Chinelatto Santilli

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Eliane Dias Quintela

Goiânia

2020



UFG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE
TESES****E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

[x] Dissertação [] Tese

2. Nome completo do autor

Caio Chinelatto Santilli

3. Título do trabalho

"Influência da temperatura do ar e da umidade do solo na eficácia de aplicações foliares de inseticidas para o controle de *Bemisia tabaci* Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em soja"

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento [x] SIM [] NÃO

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);
- b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **CAIO CHINELATTO SANTILI, Discente**, em 10/07/2020, às 17:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

Documento assinado eletronicamente por **Eliane Dias Quintela, Usuário Externo**, em 21/07/2020, às 10:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

https://sei.ufg.br/sei/documento_consulta_externa.php?id_acesso_externo=71316&id_documento=1546411&id_orgao_acesso_externo=0&infra_... 1/2



[8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0

informando o código verificador **1432938** e o código CRC **20ACDB7D**.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Influência da temperatura do ar e da umidade do solo na eficácia de aplicações foliares de inseticidas para o controle de *Bemisia tabaci* Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em soja

Caio Chinelatto Santilli

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Eliane Dias Quintela

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitossanidade, como exigência para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Goiânia

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Santili, Caio Chinelatto

Influência da temperatura do ar e da umidade do solo na eficácia
de aplicações foliares de inseticidas para o controle de Bemisia tabaci
Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em soja [manuscrito] / Caio
Chinelatto Santili. - 2020.
72 f.

Orientador: Profa. Dr(a) Eliane Dias Quintela.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola
de Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Goiânia,
2020.

1. estresse abiótico. 2. ciantraniliprole. 3. abamectina. 4. restrição
hídrica. 5. defensivos. I. Quintela, Dr(a) Eliane Dias, orient. II. Título.

CDU 631/635



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

ESCOLA DE AGRONOMIA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 100/2020 da sessão de Defesa de Dissertação de **Caio Chinelatto Santilli**, que confere o título de Mestre(a) em **AGRONOMIA**, na área de concentração em **AGRONOMIA**.

Ao/s 25/06/2020 - vinte e cinco dias do mês de junho do ano de dois mil e vinte, a partir da(s) 14:00 horas, a Defesa ocorrerá por **Videoconferência**- Sala de reuniões da Embrapa Arroz e Feijão, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada "**Influência da temperatura do ar e da umidade do solo na eficácia de aplicações foliares de inseticidas para o controle de Bemisia tabaci** Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em soja". Os trabalhos foram instalados pela Orientadora, **Profa. Dra. Eliane dias Quintela – Orientadora – EA/UFG/EMBRAPA** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: **Profa. Dra. Cecilia Czepack - EA/Embrapa ; Prof. Dr. José Alexandre Freitas Barrigossi – EA/UFG/EMBRAPA**, membro titular interno. Durante a arguição os membros da banca não fizeram sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido(a) o(a) candidato(a) **aprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pela **Profa. Dra. Eliane dias Quintela – Orientadora – EA/UFG/EMBRAPA**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, ao(s) 25/06/2020 - vinte e cinco dias do mês de junho do ano de dois mil e vinte.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

"Influência da temperatura do ar e da umidade do solo na eficácia de aplicações foliares de inseticidas para o controle de Bemisia tabaci Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em soja"



Documento assinado eletronicamente por **Eliane Dias Quintela, Usuário Externo**, em 28/06/2020, às 13:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **José Alexandre Freitas Barrigossi, Usuário Externo**, em 09/07/2020, às 09:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cecilia Czepak, Professor do Magistério Superior**, em 16/07/2020, às 19:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?

Ata de Defesa de Dissertação 100/2020 (1329814)

SEI 23070.023026/2020-50 / pg. 1



[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](#), informando o código verificador **1329814** e o código CRC **447469B7**.

AGRADECIMENTOS

À toda a minha família, por serem a minha base e exemplos de honestidade e perseverança, e de quem sempre recebi amor incondicional. Agradeço em especial minha esposa Bianca Baro pela compreensão e todo suporte durante essa jornada.

A minha orientadora Eliane Quintela, por abrir as portas do meio acadêmico, pela paciência durante meu aprendizado, pelo seu ensinamento, apoio e por toda a orientação durante esses anos de trabalho e estudo.

Ao colega José Francisco Arruda que dedicou bastante tempo me suportando com as análises estatísticas e suporte nas atividades diárias do trabalho. Aos também colegas da Embrapa Arroz e Feijão, Leandro Matos, Enio Santos e Edson Djalma pelo enorme suporte na implementação e condução dos experimentos e bom humor durante o dia-a-dia, vocês foram essenciais para conclusão desse trabalho!

A Embrapa Arroz e Feijão por disponibilizar a infra-estrutura que permitiu o desenvolvimento desse trabalho.

A UFG, ao programa PPGA de Fitossanidade e aos professores que me deram a oportunidade de aprender.

Aos amigos Guilherme Dressano, Aécio Silva e Paulo Peloia pelas discussões frequentes sobre os resultados dos ensaios e pelo grande incentivo.

A Syngenta Proteção de Cultivos e em especial a Giorla Moraes por ter permitido que eu realizasse este mestrado, por valorizar e incentivar os funcionários que buscam conhecimento.

Aos demais aqui não citados, porém não menos importantes, que direta ou indiretamente fizeram parte dessa jornada.

RESUMO GERAL

SANTILLI, C.C. Influência da temperatura do ar e da umidade do solo na eficácia de aplicações foliares de inseticidas para o controle de *Bemisia tabaci* Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em soja. 2020. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Phytosanity) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020¹.

A obíqua *Bemisia tabaci* biótipo B, causa danos econômicos a diversos cultivos. O desenvolvimento desta praga é favorecido em regiões de clima quente e em épocas de baixa precipitação pluviométrica e altas temperaturas. Esses fatores abióticos causam estresses às plantas, alteram seu metabolismo e podem afetar a eficácia de inseticidas para o seu controle. O presente trabalho teve como objetivo verificar os efeitos da temperatura do ar (10, 15, 17, 20, 23, 25, 28, 31, 35 e 36 °C) e da umidade do solo (13, 19, 25, 38 e 50% da capacidade de campo) na eficácia de inseticidas sintéticos para controle de ninfas e adultos da mosca-branca em soja. Foram testados ingredientes ativos em formulações simples ou em mistura (com novos modos de ação): ciantraniliprole (100 g.i.a./L), piriproxyfem + acetamiprido (100+200 g.i.a./L), piriproxyfem (100 g.i.a./L), abamectina (18 g.i.a./L) e ciantraniliprole + abamectina (60+18 g.i.a./L). A mortalidade de adultos por inseticidas foi maior a 35-36 °C em comparação a 15, 20, 23, 25 e 28-30 °C. O TL₅₀ foi menor para os inseticidas a 35-36°C em relação às outras temperaturas, variando de 12,8 (35±0.3 °C) a 53,6 (10±0.8 °C) horas. Em geral, alguns inseticidas mataram mais adultos e ninfas na umidade mais baixa de 25% e para outros inseticidas não foi observado efeito da umidade do solo. Devido à murcha das plantas nas umidades 13% e 19%, não foi possível avaliar o efeito dos inseticidas devido à alta mortalidade na testemunha. Os TL₅₀s variaram de 1,9 a 3,3 e de 2,1 a 2,7 dias para matar os adultos a 25% e 50%, respectivamente. Para ninfas, os TL₅₀s variaram de 3,3 a 6,9 e de 2,1 a 2,7 dias a 25% e 50%, respectivamente. Portanto, o aumento da temperatura e o estresse hídrico potencializou a eficácia dos inseticidas para o controle de adultos. Conclui-se que altas temperaturas e períodos de restrição hídrica para as plantas não afetam a eficácia de inseticidas para o controle de mosca-branca. Mas temperaturas ≤ 20 °C podem diminuir a eficácia de inseticidas e aumentar o tempo letal médio para matar os adultos de *B. tabaci*.

Palavras-chave: estresse abiótico; ciantraniliprole; abamectina; restrição hídrica; defensivos

¹ Orientadora: Dr^a. Eliane Dias Quintela, Embrapa Arroz e Feijão.

GENERAL ABSTRACT

SANTILLI, C.C. Influence of air temperature and soil moisture on the effectiveness of foliar applications of insecticides for *Bemisia tabaci* Biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) control in soybean. 2020. Dissertation (Master in Agronomy: Plant health) – Agronomy school, University Federal of Goiás, Goiânia, 2020².

The ubiquitous *Bemisia tabaci* biotype B, causes economical losses to many crops. The development of this pest is favored in hot climates and in seasons of low rainfall and high temperatures. These abiotic factors cause plant stress, change their metabolism and can effect the insecticides efficacy for its control. This study aims to verify the air temperature (10, 15, 17, 20, 23, 25, 28, 31, 35 and 36 °C) and soil moisture (13, 19, 25, 38 e 50% of field capacity) effects on the efficacy of sintetic insecticides for the control of nymphs and adults of whitefly in soybeans. Active ingredients in simple formulation or in mixture (with new mode of action) were tested: cyantraniliprole (100 g a.i./L), pyriproxyfen + acetamiprid (100+200 g a.i./L), pyriproxyfen (100 g a.i./L), abamectin (18 g.a.i./L) e cyantraniliprole + abamectin (60+18 g a.i./L). Mortalities of adults by the insecticides were higher at 35-36°C in comparison to 15, 20, 23, 25 and 28-30°C. The LT₅₀ was lower for the insecticides at 35-36°C compared to the other temperatures, varying from 12.8 (35±0.3 °C) to 53.6 (10±0.8 °C) hours. In general, some insecticides killed more adults and nymphs at the lowest soil moisture (25%) and it was not observed soil moisture effect for the other Insecticides. At 13 and 19% soil moistures, the plants dried up and it was not possible to evaluate the effect of soil moisture on insecticides efficacy. The LT_{50's} ranged from 1.9 to 3.3 (25%) and 2.1 to 2.7 (50%) and for nymphs ranged from 3.3 to 6.9 (25%) and 2.1 to 2.7 (50%) days. Therefore, high temperatures and water stress enhanced insecticide efficacy to whitefly. It can be concluded that high temperatures and periods of water plant restrictions do not affect insecticides efficacy against whitefly. But temperatures under ≤ 20 °C may diminish the insecticides efficacy and increase the median lethal time to kill whitefly adults.

Key words: abiotic stress; cyantraniliprole; abamectin; water restriction; defensives

² Adviser: Dr^a. Eliane Dias Quintela, Embrapa Arroz e Feijão.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	6
GENERAL ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 IMPORTANCIA DA MOSCA-BRANCA (<i>BEMISIA TABACI</i>).....	13
2.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO INSETO	14
2.3 MOSCA-BRANCA NA SOJA.....	15
2.4 INFLUÊNCIA DO DÉFICIT HÍDRICO PARA A SOJA	16
2.5 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA PARA A SOJA.....	18
2.6 PENETRAÇÃO FOLIAR DE SUBSTÂNCIAS NA PLANTA DE SOJA.....	18
2.7 USO DE INSETICIDAS QUÍMICOS PARA O CONTROLE DE MOSCA-BRANCA NA SOJA..	20
2.7.1 MISTURA DE INGREDIENTES ATIVOS NO CONTROLE DE MOSCA-BRANCA.....	22
2.7.2 CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS UTILIZADOS NOS EXPERIMENTOS	23
2.8 TIPOS DE FORMULAÇÕES DE INSETICIDAS.....	26
3. REFERÊNCIAS	30
4. INFLUENCE OF AIR TEMPERATURE AND SOIL MOISTURE ON THE EFFICACY OF INSECTICIDE SPRAYS AGAINST <i>BEMISIA TABACI</i> (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) IN SOYBEAN.....	37
4.1 INTRODUCTION.....	37
4.2 MATERIAL AND METHODS	42
4.2.1 INSECT COLONY	43
4.2.2 INSECTICIDES TESTED	43
4.2.3 EFFECT OF AIR TEMPERATURE ON THE EFFICACY OF THE INSECTICIDES	44
4.2.4 SOIL FIELD CAPACITY DETERMINATION	45
4.2.5 EFFECT OF SOIL MOISTURE ON FOLIAR INSECTICIDES SPRAYING	45
4.2.6 STATISTICAL ANALYSIS.....	47
4.3 RESULTS.....	48
4.3.1 EFFECT OF DIFFERENT AIR TEMPERATURES ON THE EFFICACY OF THE INSECTICIDES FOR ADULT CONTROL	48
4.3.2 EFFICACY OF DIFFERENT INSECTICIDES FOR ADULT CONTROL AT CONSTANT TEMPERATURE OF 20 °C.....	52
4.3.3 EFFECT OF SOIL MOISTURE ON THE EFFICACY OF THE INSECTICIDES FOR ADULT CONTROL	54
4.3.4 EFFECT OF SOIL MOISTURE ON THE EFFICACY OF THE INSECTICIDES FOR NYMPHAL MORTALITY	60
4.4 DISCUSSION.....	64
4.5 REFERENCES	68
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de soja do mundo com uma produção de 121.091,8 mil toneladas de grãos na safra de 2019/2020 (CONAB, 2020). A produtividade média estimada foi de 3.291 kg/ha com um aumento de 3,6% em relação a safra anterior 2018/2019. Já a área plantada aumentou em 2,6 % sendo estimada em 36.791 milhões de hectares. São estimados que a cadeia produtiva da soja englobe no país 243 mil produtores, gerando 1,4 milhões de empregos (APROSOJA, 2018).

O custo de produção de soja transgênica está em torno de 3.800 reais por hectare na média dos principais estados brasileiros produtores. Deste custo, o valor gasto com aplicação de inseticidas é de aproximadamente 307 reais, representando 8% do custo total de produção da cultura (IMEA, 2018). O uso de variedades transgênicas auxilia muito nos desafios fitossanitários com o controle de lagartas. Porém, um problema frequente na cultura nos últimos anos, é a ocorrência de mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B. São realizadas de uma a três aplicações de inseticidas para o controle desta praga, elevando os custos de produção em valores equivalentes a 3 a 4 sacas por hectare (APROSOJA, 2019).

As regiões centroeste e dos estados do Maranhão, Piauí, Tocantins, Bahia e Pará se destacam no cenário de regiões com a alta incidência de mosca-branca. No Mato Grosso também existem relatos de alta incidência dessa praga nos municípios de Sapezal, Campo Novo dos Parecis, Sorriso, Lucas do Rio Verde, Tapurah, Primavera do Leste e Serra da Petrovina (FUNDAÇÃO MT, 2015).

A *Bemisia tabaci* foi descrita há mais de 100 anos, desde então se tornou uma das pragas muito importante na agricultura tropical e subtropical em campo e em cultivo protegido (BYRNE & BELLOWS, 1991). No Brasil está presente os biótipos A, B e Q (BARBOSA et al, 2015). Essa praga causa danos diretos durante sua alimentação. Quando se alimenta, a mosca-branca inocula toxinas na planta causando distúrbios fisiológicos resultando murcha e queda de folhas, o que altera o desenvolvimento reprodutivo e vegetativo da cultura (BYRNE & BELLOWS, 1991). A sucção da seiva da seiva pela mosca-branca gera danos indiretos, esse processo favorece o desenvolvimento do fungo *Capnodium* sp (fumagina) sobre a parte adaxial da folha (MOREIRA & ARAGÃO, 2009; POZEBON et al., 2019; SUEKANE et al., 2013). O crescimento desse fungo sobre as folhas de soja inibe a fotossíntese e causando perdas de produtividade para a cultura. Outro dano indireto dessa praga para o cultivo de soja é a

transmissão do carlavírus, o vírus da necrose da haste (BOAVENTURA, 2019; CZEPAK et al., 2018).

Essa praga adapta-se facilmente a novas plantas hospedeiras e regiões geográficas, tendo sido observada em todos os continentes. Esta praga cosmopolita alimenta-se de mais de 700 espécies de plantas (GREATHEAD, 1986). Este grande número de hospedeiros tem permitido que a mosca-branca reproduza e migre de forma rápida muitas vezes atingindo níveis extremamente elevados de população em hospedeiros como o algodão, soja, tomate, feijão, entre outros (QUINTELA et al., 2016).

As aplicações de defensivos devem ser realizadas após a população da praga atingir o nível de controle (DIAMANTINO et al., 2014). Vieira et al. (2013), relataram que o controle de mosca-branca com inseticidas deve ocorrer apenas quando a lavoura de soja estiver com mais de 40 ninfas por folíolo, populações abaixo desse nível não foram suficientes para causar perda de produtividade significativa. As aplicações sucessivas de inseticidas, para controlar a mosca-branca na soja podem favorecer a seleção de insetos resistentes e o aumento da população da praga. Sendo assim é fundamental criar um programa de rotação com produtos que possuem mecanismos de ação distintos para o controle dessa praga (BELAY, et al., 2012).

Além das estratégias citadas, para o controle de mosca-branca por pulverização de inseticidas deve se evitar falhas durante essa operação. Portanto os defensivos devem ser pulverizados seguindo parâmetros básicos ambientais ideais para tal prática. A temperatura do ar e umidade relativa em níveis inadequados podem favorecer a evaporação da gota antes de atingir o alvo, já a velocidade do vento pode interferir no local de deposição da gota, correntes de vento podem afastar as gotas do local correto de deposição, podendo variar com a sua intensidade (BAESSO et al, 2014; CHAIM, 2009).

Inseticidas têm sido utilizados em soja para o controle de mosca-branca por meio do tratamento de sementes e pulverizações foliares. No entanto, a aplicação deve ser feita em condições apropriadas de umidade do solo e temperatura, para propiciar boa absorção, translocação e armazenamento do ingrediente ativo na planta, para então oferecer quantidades suficientes para o controle eficaz das pragas-alvo (AHARONSON et al., 1986). A temperatura pode influenciar tanto na qualidade da operação de aplicação, quanto na absorção da molécula pela planta. Khan & Akram (2014), relataram que o aumento da temperatura do ar favoreceu a toxicidade de profenofos, clorpirifos, fipronil e benzoato de emamectina no controle de *Musca domestica*. Etheridge et. al (2018), também relataram que houve aumento de mortalidade de insetos (pulgão da cana) em temperaturas mais altas por ação de inseticidas. A umidade do solo tem relação com a umidade relativa do ar, pois em períodos de estiagem ocorre baixa na

umidade relativa do ar. Portanto, em períodos de estiagem podem também podem afetar a qualidade da aplicação e absorção dos produtos pelas plantas. Puurtinen & Markitainen (1997), relataram que a umidade do solo apresentou efeito sobre a aplicação de defensivos aplicados ao solo. No entanto, Torres & Silva-Torres (2008) afirmaram a umidade em solos de 68 a 100% da capacidade de campo não apresentou efeito sobre a eficácia de inseticidas aplicados ao solo e quando pulverizado nas folhas no controle de mosca-branca.

Assim, a eficácia de inseticidas pode variar em consequência da condição hídrica do solo e temperatura do ar, já que têm sua ação diretamente influenciada pela atividade metabólica das plantas. O presente trabalho visou identificar o efeito de diferentes temperaturas do ar e de umidades do solo na eficácia de aplicações foliares de inseticidas para controle de *Bemisia tabaci* (biotipo B) na soja.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância da mosca-branca (*Bemisia tabaci*)

A mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) é conhecida no Brasil desde o ano de 1923 (BARBOSA et al., 2015; VILLAS BÔAS & MEDEIROS, 2018). Este inseto, embora popularmente chamado de mosca-branca, não pertence à ordem Diptera (do grego di = duas e pteron = asas), na qual pertencem as moscas. A mosca-branca está classificada na família Aleyrodidae, na ordem Hemíptera (do grego hemi = metade e pteron = asa), o que faz referência às asas anteriores que são metade membranosas e metade do tipo coriácea. Nesta mesma ordem estão classificados os insetos conhecidos como percevejos, barbeiros, baratas d'água, cigarras, cigarrinhas, pulgões e cochonilhas. Esse inseto pertence a Subordem Sternorrhyncha, Superfamília Aleyrodoidea e Família Aleyrodidae (BYRNE & BELLOWS JUNIOR, 1991; COSTA LIMA 1942; EMBRAPA, 2018)

A importância da mosca-branca se deu a partir de 1991 com a introdução do biótipo B no país, o qual é uma praga polífaga e possui alta taxa de reprodução. Esses fatores permitiram a ocorrências de altas infestações em plantas de interesse econômico (BELAY et al. 2012; LOURENÇÃO & NAGAI, 1994; SANTOS, 2017). Tal importância está relacionada também ao fato de a praga provocar importantes danos diretos e indiretos as plantas. Ao se alimentar a mosca-branca injeta uma toxina na planta e excreta uma substância açucarada, essa substância favorece o desenvolvimento de fumagina nas plantas. Essa praga também pode ser um relevante transmissor de vírus para culturas agrícolas, como o mosaico dourado. Mesmo em pequenas populações de mosca-branca, podem ocorrer epidemias de mosaico dourado em diversos cultivos agrícolas (RODRIGUES et al., 1997; VILLAS BÔAS & MEDEIROS, 2018)

Tais fatos justificam o fato do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA ter classificado a mosca-branca como uma das pragas de maior risco fitossanitário e com potencial de provocar prejuízos econômicos (APROSOJA, 2018). Surtos populacionais de mosca-branca no Brasil central têm levado grandes prejuízos aos produtores causados por danos diretos e indiretos (SANTOS, 2017).

No cultivo da soja há uma predominância de mosca-branca biótipo B. Esse possui grande capacidade de adaptação e proliferação em diferentes hospedeiros, portanto essa praga

tem exigido muito a atenção dos produtores (MOREIRA & ARAGÃO, 2009; SOSA-GÓMEZ et al., 2014). Em 2013 foi identificado no Rio Grande do Sul o biotipo Q de *Bemisia tabaci*, esse é originário da região do Mediterrâneo (BARBOSA et al. 2015). Desde então esse biotipo vem se espalhando pelos estados do Sul, São Paulo e Goiás. Na safra 2018/19 esse ele foi encontrado no estado de Mato Grosso (FARIA, 2019; PATRONI, 2019). A principais preocupações quanto a *Bemisia Tabaci* Biotipo Q (MED), é em relação a sua considerável habilidade em desenvolver resistência a inseticidas como piriproxyfem e neonicotinoides e a sua capacidade de sobrevivência em altas e baixas temperaturas (BARBOSA et al., 2015; HOROWITZ & ISHAAYA, 2014).

2.2 Características gerais do inseto

A *Bemisia tabaci* é um inseto que possui metamorfose incompleta, passando pelas fases de ovo, ninfa (fase composta por quatro estádios, em que o último é denominado de pré-pupa ou pupa) e adulto. Os insetos adultos apresentam o dorso amarelo claro, asas brancas e medem entre 1 a 2 mm, sendo a fêmea maior que o macho (VILLAS BÔAS & BRANCO, 2009). O ovo apresenta coloração amarela, com formato de pêra e mede cerca de 0,2 a 0,3 mm. As fêmeas depositam os ovos na parte inferior (abaxial) da folha (100 a 300 ovos durante sua vida). As ninfas são translúcidas, possuem coloração amarela e amarelo claro e locomovem-se apenas no primeiro estágio, permanecendo imóveis nos demais estádios até a emergência dos adultos (EMBRAPA SOJA, 2010; VILLAS BÔAS & BRANCO, 2009). A mosca-branca tem reprodução sexual ou partenogênica. O acasalamento inicia entre duas a quatro horas após a emergência do adulto e a cópula ocorre várias vezes durante a sua vida. (VILLAS BÔAS & BRANCO, 2009; SANTOS, 2017).

A temperatura influencia no tempo percorrido entre os estágios de ovo a adulto. De acordo com a Embrapa Soja (2010) a 32 °C o ciclo pode levar em torno de 18 dias, enquanto a 15 °C pode chegar a 73 dias. Albergaria & Cividanes (2002), desmonstraram que a viabilidade de ovos e ninfas moscas-brancas foi menor a 15 e 35 °C. O limite térmico para o melhor desenvolvimento e sobrevivência de mosca-branca está entre 30 a 35°C. Os autores também observaram um aumento no tempo do ciclo biológico de acordo com o aumento da temperatura de 15 a 30 °C.

Machos e fêmeas possuem longevidades distintas. Os machos podem viver de 9 a 17 dias, enquanto as fêmeas podem viver de 38 a 74 dias, sendo em média 62 dias. Entretanto, a longevidade pode variar de acordo com a alimentação e temperatura. (EMBRAPA SOJA, 2010; VILLAS BÔAS E BRANCO, 2009). Moreira & Aragão (2009) citam que geralmente ocorrem 11 a 15 gerações de mosca-branca por ano na soja e o clima quente e úmido favorecem o desenvolvimento da praga no hospedeiro

2.3 Mosca-branca na soja

O levantamento realizado pelo CONAB (2020) indica que a área de grãos cultivada no país foi de 65.46 milhões de hectares na safra 2019/2020, sendo 36.84 milhões de hectares correspondentes a cultura de soja. Muitos são os desafios fitossanitários para a produção dessa cultura.

A soja como toda cultura agrícola no Brasil é vulnerável a ataques de insetos praga que podem causar grandes prejuízos caso não sejam controlados e mantidos abaixo do nível de controle. Visando manter o equilíbrio populacional das pragas, o manejo deve ser consciente, dispensando o uso indiscriminado ou preventivo de inseticidas. Para essa a soja a mosca-branca é uma praga de alto potencial de dano e de difícil controle (EMBRAPA, 2010). Foram verificadas altas populações de mosca-branca na soja desde a safra 1995/96 em algumas lavouras nos Estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso (CAMPO et al., 2000).

Assim como em outras culturas agrícolas, as ninfas presentes na parte abaxial das folhas de soja sugam seiva e liberam substâncias açucaradas que favorecem o desenvolvimento de fumagina nas folhas. Esse fungo preto cobre a superfície da folha, prejudicando a capacidade fotossintética das folhas que posteriormente caem ao solo. Essa praga também pode transmitir o Carlavirus, ele causa necrose da haste e das folhas, nanismo e morte de plantas. O Carlavirus pode estar presente em plantas hospedeiras próximas a lavoura, facilitando a contaminação do inseto, que por sua vez tende a infectar as plantas da dentro da lavoura de soja. No entanto o uso de inseticidas de ação rápida sobre o vetor pode evitar a transmissão desse vírus (BELAY. et al. 2012; BUENO; CAMPO; GOMEZ, 2018).

Em lavouras com infestação dessa praga, recomenda-se a adoção de manejo integrado de pragas, a redução de aplicações descontroladas e uso intensivo de inseticidas não

seletivos. Os defensivos só devem ser aplicados assim que a infestação de mosca-branca na área atingir o nível de controle. Boas práticas no uso do controle químico como essas citadas, favorecem o desenvolvimento de populações de inimigos naturais da praga que naturalmente povoam as culturas. Outro ponto a ser integrado no manejo da praga é a utilização de ingredientes ativos e grupos químicos diferentes no manejo, evitando selecionar indivíduos resistentes (BUENO; CAMPO; GOMEZ, 2018).

2.4 Influência do déficit hídrico para a soja

As culturas agrícolas cultivadas em sequeiro podem passar por períodos de veranicos com restrição no regime hídrico local. Esse acontecimento climático pode ocorrer mesmo no período das estações chuvosas e tem prejudicado a atividade agrícola (BURLE & RODRIGUES, 1990). Portanto, a cultura da soja pode ser afetada em algum momento do seu ciclo por déficit hídrico (THOMAS & COSTA, 1994). As áreas não irrigadas dependem muito do regime pluvial local e que períodos de estiagem são frequentes nos meses de janeiro a março e em muitos casos coincidem com períodos críticos para as culturas de verão (MARTORANO et al., 2009).

A planta de soja é constituída por 90% de água, essa por sua vez é absorvida, penetra nas células e percorre toda a planta. É importante para manutenção do calor e fundamental para o funcionamento de quase todos os processos fisiológicos e bioquímicos (EMBRAPA, 2010). O déficit de água pode aumentar em 33% a espessura da cutícula em plantas de soja. O aumento da espessura da cutícula propicia menor transpiração da soja e maior dificuldade na penetração de substâncias nas folhas, incluindo defensivos (STEFANELLO, 2014).

A necessidade total de água para plantas de soja pode variar entre 450 a 800 mm por ciclo. As principais funções da água na planta são a manutenção de turgescência (dar forma a planta), reagente, solvente, meio de transporte de nutrientes, movimento das plantas e balanço energético (ARAUJO et al., 2009). Portanto, o volume de água no interior da planta tem grande efeito sob os processos fisiológicos da planta como, fechamento estomático, transpiração, fotossíntese, atividades enzimáticas e outros (FARIAS; NEUMAIER; NEPOMUCENO, 2007).

Os períodos de germinação-emergência e floração-enchimento de grãos são mais sensíveis a disponibilidade de água, sendo o excesso ou déficit hídrico prejudiciais nesses

estágios. A necessidade de água para soja vai aumentando de acordo com o desenvolvimento da planta, atingindo o pico no estágio de floração e enchimentos de grãos (EMBRAPA, 2010; MOUSINHO, 2012). No entanto Fietz & Urchei (2002), citaram que apesar de vários estudos indicarem que o período reprodutivo das plantas é o mais sensível a déficit hídrico, ainda não há um consenso entre autores sobre em qual fase da cultura a baixa umidade do solo pode ser mais crítica.

A evapotranspiração da soja obtém níveis de aproximadamente 3 a 7 mm/dia no estágio vegetativo, e atingem o máximo de 7 a 8 mm/dia no estágio reprodutivo. A seca e grandes oscilações na temperatura do ar são importantes estresses abióticos para as plantas de soja. O dano na cultura devido ao déficit hídrico vai depender principalmente da intensidade e duração do estresse, época de ocorrência, cultivar e estágio da planta. Secas intensas podem prejudicar a soja mesmo no estágio vegetativo, causando redução da área foliar da planta e menor rendimento de grãos (FARIAS; NEUMAIER; NEPOMUCENO, 2007).

Plantas de soja quando submetidas a estresse hídrico podem apresentar tecidos vegetais menos turgidos, folhas enroladas, diminuição da área foliar e ocorre o fechamento estomático (BURLE & RODRIGUES, 1990; MOUSINHO, 2012). Após o estresse hídrico da planta, ocorre a redução no volume celular e consequentemente a diminuição da pressão de turgor, esse é o efeito mais precoce do estresse hídrico na folha. Posteriormente ocorre um aumento da concentração de solutos nas células, essas características de alteração fisiológica podem alterar o processo normal de absorção e translocação defensivos (CAVALCANTE; CAVALLINI; LIMA, 2009).

A dinâmica da água no solo é influenciada por diversas características intrínsecas do solo que permitem a retenção do mesmo por adsorção e capilaridade. Classificados como fatores externos, a precipitação pluvial, radiação solar, temperatura, evapotranspiração da planta, índice de área foliar, densidade de plantas e sistema de manejo também podem exercer certa influência nesse processo (MARTORANO et al., 2009).

Ndimbo, Nchimbi-Msolla e Semu (2015), trabalhando com diferentes regimes hídricos na cultura do feijão em casa de vegetação, mantiveram todos tratamentos inicialmente com 100% da capacidade de campo e posteriormente submeteram os mesmo a 100%, 75%, 50%, 25% de capacidade de campo do solo. Os efeitos do estresse se intensificaram de acordo com sua respectiva intensidade e o tratamento com 25% da capacidade de campo causou maior impactos sobre a produtividade das plantas. Procópio et al. (2004), conclui que o ponto de murcha da soja no estágio de pré-florescimento e enchimento de grãos se deu com umidade do

solo por volta de 16%. Sendo assim, a soja obteve ponto de murcha permanente em solo com potencial hídrico a 283 kPa nos dois estágios.

2.5 Influência da temperatura para a soja

A temperatura ideal para desenvolvimento da soja é de 30 °C, podendo a soja se adaptar bem a temperaturas atmosféricas de 20 a 30 °C. Regiões com temperaturas iguais ou inferiores a 10 °C, podem prejudicar o crescimento vegetativo da soja. No entanto, em regiões que apresentam temperaturas acima de 40°C a planta pode ter sua floração prejudicada e baixa capacidade de retenção de vagens. Indução floral apenas ocorre com temperaturas superiores a 13 °C. Em regiões de altas temperaturas a soja tende a florescer precocemente e a planta tende a obter porte baixo. Outro fator que pode ser alterado em temperaturas altas é a precocidade na maturação. Todos esses problemas devidos as altas temperaturas no desenvolvimento da soja, podem ser agravados com a ocorrência de estresse hídrico (EMBRAPA, 2010; FARIAS; NEUMAIER; NEPOMUCENO, 2019).

2.6 Penetração foliar de substâncias na planta de soja

A aplicação de substâncias na folha pode ser influenciada por temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e luminosidade. Esses elementos climáticos e aspectos morfológicos das plantas podem afetar a penetração e a distribuição de substâncias nas folhas.

A penetração de uma substância na folha vegetal ocorre por difusão. De acordo com a lei de Fick, a difusão de uma solução nas folhas é um processo passivo impulsionado pelo gradiente de concentração. A taxa de penetração de uma substância pulverizada sobre a folha depende tanto da sua concentração ainda na superfície da folha quanto da sua concentração no interior da folha. Ou seja, quando uma solução é pulverizada sobre a folha, sua concentração na superfície é maior do que sua a concentração no interior da folha, assim ocorre a movimentação do soluto do meio mais concentrado para o meio menos concentrado (interior

da folha). Pode-se dizer que a penetração é governada pela concentração externa da solução pulverizada (STEFANELLO, 2014).

A concentração do inseticida no interior da folha depende de suas características físico-químicas e dos fatores fisiológicos da planta, como por exemplo, a mobilidade do composto, taxa de penetração na epiderme e células do mesófilo. A translocação do composto na planta é o movimento dele a partir do ponto que recebeu aplicação para outras partes da planta. Para inseticidas a movimentação das moléculas predominantemente ocorrem localmente, por ação translaminar e por xilema (via sistêmica) (BOER, & SATCHIVI, 2014; STEFANELLO, 2014).

O floema carrega os fotoassimilados das folhas para os brotos e raízes, enquanto o xilema carrega os íons e água com a corrente de transpiração da folha, assim os defensivos são translocados na planta. A distribuição do defensivo na planta depende de quão bem adaptado ao xilema e floema é o composto. Os compostos voláteis podem atingir até mesmo áreas da planta que não receberam aplicação independente da aptidão do composto por xilema ou floema. Para inseticidas a mobilidade dentro da planta via xilema é uma vantagem competitiva, pois os compostos tendem a controlar os insetos por contato, mas também por ingestão (BOER, & SATCHIVI, 2014).

Um inseticida com maior lipofilicidade tem maior afinidade por tecidos cerosos e por camadas lipídicas da cutícula e da membrana celular, esses apresentam Log Kow maior que 3,2. Esses inseticidas tendem a apresentar menor mobilidade na folha e ação de contato, no entanto podem apresentar ação translaminar como é o caso da abamectina e do piriproxyfen. O inseticida com ação sistêmica tem maior afinidade com o meio hidrofílico, possui boa mobilidade via xilema e possui Log Kow de 3,2 a 0. Por fim as moléculas com mobilidade no xilema e no floema possuem Log Kow menor do que 0. Ao entrar em contato com a planta os defensivos sistêmicos se translocam geralmente por longas distâncias através do xilema (DUFFY et al., 2020; PPDB, 2020; TEICHER, 2020).

2.7 Uso de inseticidas químicos para o controle de mosca-branca na soja

Existe 49 inseticidas registrados o para controle de mosca-branca na soja. Os principais químicos são químicos com registro para soja são, organofosforados (acefato), tiadiazinona (buprofezina), feniltiouréia (diafentiurom), diamidas(ciantraniliprole), piretróides (lambda-cialotrina, beta-ciflutrina, bifentrina, alfa-cipermetrina), neonicotinóides (tiametoxam, acetamiprido, imidacloprido e dinotefuram), sulfoxaminas (sulfoxaflor), cetoenóis (espiromesifeno), éter piridiloxipropílico (piriproxifem) (AGROFIT, 2019). Segundo Poletti & Alves (2013), são 12 os grupos químicos e 30 ingredientes ativos recomendados para controle da mosca-branca. Os inseticidas sistêmicos como por exemplo os neonicotinoides e as diamidas, percorrem por todos os tecidos desde a raiz até as flores da planta tratada e a seiva permanece contaminada por esses produtos por algumas semanas. Esses produtos entram em contato com o inseto alvo através da penetração do tratamento na parte aérea das plantas ou pela extração de água tratada na solução do solo. Insetos sugadores são comumente contaminados por esses defensivos (SÁNCHEZ-BAYO; TENNEKES; GOKA, 2013).

O uso contínuo do mesmo inseticida para controle nas lavouras pode favorecer ao aparecimento de populações resistentes. Ausência de rotação modos de ação podem favorecer a evolução de populações resistentes e dificultar ainda mais o controle (IRAC-BR, 2015). De acordo com Poletti & Alves (2013), já foram relatados diversos casos de resistência de mosca-branca a inseticidas, alguns deles pertencentes os grupos químicos piretróides, organofosforados, carbamatos, neonicotinoides e inseticidas reguladores de crescimento como piriproxifem e buprofezina. Sosa-Gómez & Omoto (2012), também verificaram que a mosca-branca é um dos insetos com mais casos de resistência no mundo. Uma das ferramentas para o correto manejo de resistência de insetos a pragas é o uso de rotação de produtos com diferentes modos de ação e uso de produtos contendo mistura de mais de um ingrediente ativo com alto potencial de controle (OMOTO, 2019; POLETTI & ALVES, 2013).

Antagônista de acetilcolinesterase

São inseticidas neurotóxicos de atuação na transmissão sináptica. Os organofosforados (acefato, clorpirifós, dimetoato, malationa, metamidofós, piridafentona, profenofós e terbufós) e carbamatos (carbosulfano e carbofurano) são inibidores da enzima acetilcolinesterase. Essas moléculas se encaixam no sítio da enzima acetilcolinesterase, fazendo

com que a hidrólise da acetilação ocorra de maneira lenta, acumulando acetilcolina na sinapse. Esse processo leva a hiperexcitação do sistema nervoso do inseto. Esses inseticidas têm rápida biodegradação no meio ambiente (GALLO, 2002; POLETTI & ALVES, 2013).

Agonistas de receptores nicotínicos da acetilcolina

Os agonistas de acetilcolina, ou seja, os inseticidas que atuam imitando a acetilcolina no organismo dos insetos contaminados. Dois grupos químicos possuem esse modo de ação, os neonicotinóides (tiametoxam, imidacloprido, acetamiprido, dinotefuram) e as sulfoxaminas (sulfoxaflor). Após a sinapse os neonicotinóides se ligam nos receptores nicotínicos da acetilcolina, esse composto não é degradado imediatamente pelas enzimas acetilcolinesterase, sendo assim os impulsos nervosos são transmitidos continuamente levando a hiperexcitação do inseto. O caso das sulfoxaminas é o mesmo dos neonicotinóides, apenas o sítio de ligação do ativo é diferente (GALLO, 2002; POLETTI & ALVES, 2013).

Agonistas GABA

As avermectinas (abamectina) agem no sistema nervoso como o neurotransmissor GABA, aumentando a permeabilidade da membrana das células para os íons de cloro, bloqueando os estímulos nervosos. O inseto sofre paralisia até a morte (GALLO, 2002).

Moduladores de canais de sódio

Os piretroides (lambda-cialotrina, beta-ciflutrina, beta-cipermetrina, deltametrina, fenpropatrina, bifentrina) e éterdifenílico (etofenproxi) atuam nos canais de sódio das células do sistema nervoso central, esses inseticidas se posicionam nos sítios de ligação dos canais de sódio mantendo-os abertos provocando o influxo de sódio, assim os insetos morrem de hiperexcitação. Esses inseticidas possuem um rápido efeito de choque nos insetos (GALLO, 2002; POLETTI & ALVES, 2013).

Reguladores de crescimento que controlam mosca-branca

O grupo químico das tiadiazinonas (buprofezina) são inibidores da biosíntese de quitina no controle de mosca-branca que interfere na deposição da cutícula durante a ecdise. O grupo químico éter piridiloxipropílico tem o inseticida juvenoide agonista de hormônio juvenil

pririproxifem, esse pode apresentar efeito ovicida e esterelizante na reprodução (GALLO, 2002).

Inibidores de ATP sintetase mitocondrial

Os inseticidas do grupo químico das feniltiouréias (diafentiurom) interfere na respiração celular inibindo a ATPase (GALLO, 2002). Tem ação por contato, ingestão e fumegação.

Bloqueadores seletivos da alimentação

O grupo químico piridina azometina possui o ingrediente ativo pimetozine, esse tem ação sobre o aparelho bucal do inseto, bloqueando sua alimentação. Os insetos morrem por inanição (GALLO, 2002).

Moduladores de receptores de rianodina

As diamidas são pertencentes os grupos de moduladores de receptores de rianodina. Esses receptores regulam a liberação controlada de cálcio intracelular responsáveis pela contração muscular do inseto. Quando a diamida entra nas células elas ativam os receptores de rianodina que liberam cálcio irregular mente nas células. Esse movimento ocasiona contrações musculares irregulares, cessão da alimentação, paralisia e morte do inseto (FARIAS & AITA, 2018). Dentre os inseticidas presentes nesse grupo o ciantraniliprole é o composto com melhor controle de ninfas de mosca-branca.

2.7.1 Mistura de ingredientes ativos no controle de mosca-branca

Altas infestações de mosca-branca geralmente estão ligadas a diversidade populacional habitando a cultura. Geralmente em uma mesma lavoura atacada estão presentes diferentes estágios da praga, como ovos, ninfas e adultos, o que causa dificuldade no controle. Sendo assim o agricultor por vezes precisa utilizar mais de um produto em uma mesma aplicação para controlar essa praga.

Formulações com misturas de ingrediente ativos podem beneficiar as ações de manejo sustentável de pragas, podendo melhorar a eficácia de inseticidas e aumentar o espectro de controle. Formulações com moléculas de diferentes propriedades como ação sistêmica e contato podem ser vantajosos para o controle de diferentes estágios da praga. O uso de produtos formulados com mais de uma molécula pode oferecer efeito sinérgico entre elas e ou aumentar a eficiência do controle com inseticidas (EPPO, 2012).

Assim como para as demais pragas da soja, é recomendado o uso de controle químico utilizando formulações contendo mais que um ingrediente ativo efetivo para o controle de mosca branca. Outro grande benefício é a possibilidade de controlar mais de um estágio da praga, como por exemplo adultos e ninfas de mosca branca, ambos estágios causam prejuízos a lavoura de soja e podem estar presentes simultaneamente na lavoura no momento da pulverização (EPPO, 2012; SILVA, 2006).

2.7.2 Características dos produtos utilizados nos experimentos

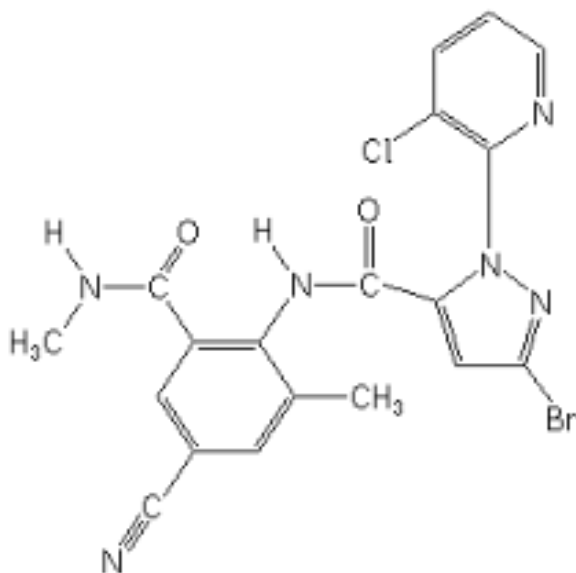
Ciantraniliprole

Pertencente ao recente grupo químico das diamidas antranílica introduzidas no manejo em 2008, são moduladores de receptores de rianodina. Quando a diamida entra nas células elas ativam os receptores de rianodina que liberam cálcio irregular mente nas células. Esse movimento ocasiona contrações musculares irregulares, cessão da alimentação, paralisia e morte do inseto (CABALLERO et al., 2015).

O ciantraniliprole é um composto caracterizado pelo IRAC como modulador de receptor de rianodina, mesmo grupo de ação do clorantaniliprole e flubendiamida. Possui maior solubilidade e menor *k_{ow}* do que as outras diamidas. Essa boa mobilidade apresenta bons resultados de controle do amplo espectro de pragas em aplicações no solo, permitindo boa absorção pelas raízes e em aplicações foliares onde o inseticida penetra nas folhas e possui ação translaminar. A boa performance na penetração do produto na planta reduz perdas abióticas do ingrediente ativo (BARRY et al., 2015).

O composto possui translocação para tecidos novos, distribuição dentro das folhas penetrando através das cutículas. Foi confirmado que esse composto tem movimento ascendente dentro da planta via xilema, pois observou que lagartas se alimentaram de folhas

que recebeu produto apenas pela translocação do xilema da planta, não recebendo produto topicamente. Essa molécula é a primeira diamida com potencial de controlar lagartas e sugadores como por exemplo a mosca-branca (BARRY et al., 2015; CABALLERO et al., 2015).

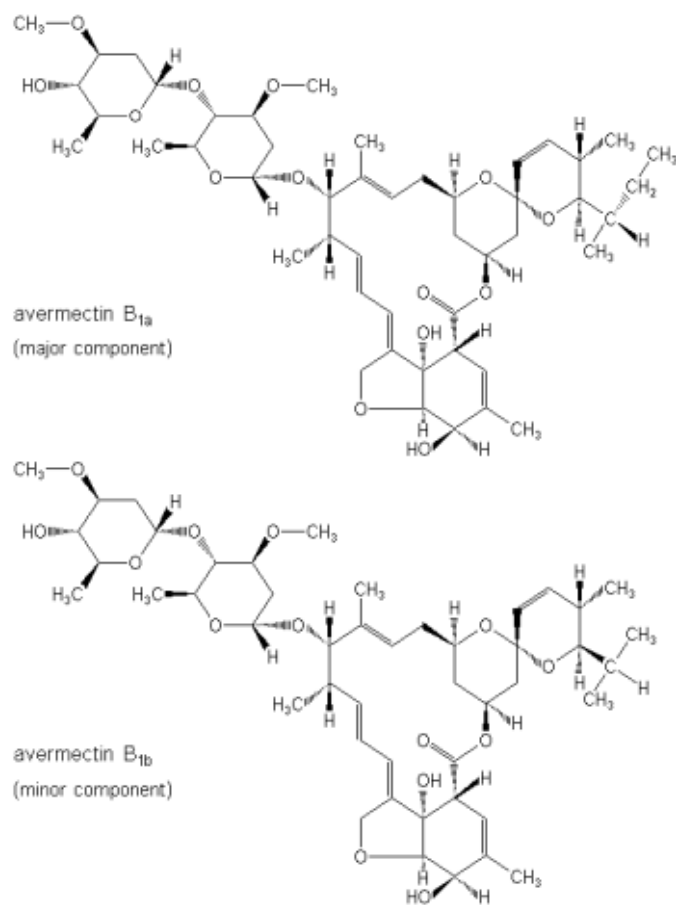


Fonte: IRAC-BR – Ciantraniliprole

Abamectina

A Abamectina pertence ao grupo químico das avermectinas, apresenta ação acaricida, inseticida e nematicida e deve ser aplicado com óleo mineral ou vegetal. (Syngenta, 2019). Foram introduzidos no mercado na década de 80. Segundo Dybas (1989), essas fazem parte de um grupo de inseticidas isolados de produtos de fermentação de *Streptomyces avermitili*. Somente as avermectinas B1a e B1b mostraram potencial inseticida. Segundo o IRAC (2018) esse composto pertence ao grupo 6, ativadores de GABA – canais de cloro. Seu modo de ação estimula a liberação de GABA inibindo o sistema nervoso central causando paralisia.

Silva et al (2018), testaram 300 ml/ha de Vertimec 18 EC (abamectina) em algodão, o inseticida obteve 80% de controle de mosca-branca até 7 dias após a segunda aplicação do inseticida. Bacci et al. (2007), também relataram que abamectina 18 EC foi obteve 80% de eficiência em mosca-branca.



Fonte: IRAC-BR - Avermectin B_{1a} e Avermectin B_{1b} (Figura 2)

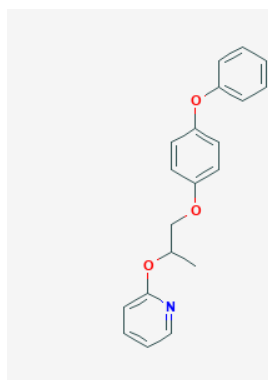
Formulação de ciantraniliprole + abamectina (60+18 g/L - SC)

Bellettini et al. (2016), testaram a formulação de ciantraniliprole + abamectina (60+18 g/L – SC) e a recomendam para o manejo de mosca-branca. Segundo os autores, o produto mostrou controle de mosca-branca superior a 80% e não apresentou sintomas de fitotoxicidade as plantas de soja. TOMAZ et al. (2016), observaram bom controle da mistura de ciantraniliprole e abamectina sobre mosca-branca em meloeiro nas doses de 400 a 800 ml/ha. Na safra de 2018/2019 essa formulação apresentou controle de ninfas acima de 80% até 15 dias após 2 aplicações do inseticida com sete dias de intervalo entre elas (TOMQUELSKI et al. 2020) Deve-se ressaltar que esse produto obtém melhor performance com o uso de adjuvantes na calda de pulverização.

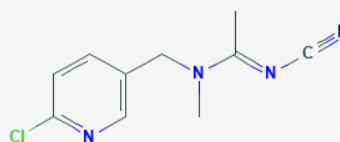
Formulação de piriproxyfem + acetamiprido (100+200 g/L - OD)

O piriproxyfem é um inseticida do grupo químico éter piridiloxipropílico e apresenta atividade translaminar, já o acetamiprido pertence ao grupo químico dos neonicotinoides possui ação sistêmica nas plantas. A formulação contendo os dois ingredientes ativos pode contaminar mosca-branca por contato e ingestão das moléculas (AGROFIT, 2020; PPDB, 2020). Vasconcellos, Belufi e Pittelkow (2018), relataram que a formulação de piriproxyfem + acetamiprido a 200 ml/ha apresentou 80% de controle de ninfas a 10 dias após a aplicação, no entanto não mostrou ação sobre ovos. Tomquelski et al. 2020, confirmaram esses resultados citando que houve uma boa performance dessa formulação na dose de 25 + 250 g i.a./ha com residual de 15 dias após a segunda aplicação.

(A)



(B)



Fonte: PuChem – pyriproxyfem (A) and acetamiprido (B)

2.8 Tipos de formulações de inseticidas

Formulação é a maneira de transformar um produto técnico em um produto viável para agricultura, misturando ingrediente ativo com inertes a fim do produto final ser facilmente dispersível e cumprir sua função como protetor de cultivos. Existem diversas razões para explicar a importância de boas formulações de defensivos, elas permitem a aplicação do defensivo em pequenas unidades (g ou ml/ha), tornam solúvel um ingrediente ativo insolúvel, facilitam a dosagem e o tornam mais seguros durante o manuseio. Além de torna esse ingrediente ativo mais eficaz, estável e apto a ser misturado com outros ingredientes ativos. A escolha da melhor formulação no processo de desenvolvimento do produto varia de acordo com o custo, modo de aplicação, manuseio, estocagem, segurança no transporte, uso e aplicação.

Bem como os riscos de fitotoxicidade, riscos ao meio ambiente e eficácia do produto. Atualmente as formulações utilizadas nas lavouras, são as formulações de pré-mistura, as quais necessitam ser diluídas em uma concentração adequada antes da aplicação no cultivo (AZEVEDO & FREIRE, 2006; RAETANO, 2019). Resumidamente, a formulação permite que o produto seja utilizado de forma conveniente, utilizando inertes para otimizar os ingredientes ativos (GALLO, 2002).

Pó seco (P)

É uma formulação em pó, utilizado na agricultura para polvilhamento de plantas. Essa formulação pode conter apenas até 10% dela com o ingrediente ativo, pois é uma formulação muito perigosa para a saúde do aplicador (GALLO, 2002).

Pó Solúvel (SP)

O ingrediente ativo sólido é solúvel em água. É uma formulação pouco comum e não há necessidade de agitação constante da calda. Depois do produto formulado, este deve ser aplicado via líquida na lavoura. Poucos inseticidas são aptos para terem essa formulação (AZEVEDO & FREIRE, 2006; GALLO, 2002; RAETANO, 2019).

Pó Molhável (WP)

Formulação sólida de baixo custo, comum em fungicidas, o ingrediente ativo é insolúvel em água e aditivos garantem a umectação do produto na aplicação. Essa formulação deixa resíduos visíveis sobre as partes tratadas das plantas. Podem ocasionar problemas de entupimento de filtros do aplicador, por isso tem a necessidade de ser agitada frequentemente no tanque e ainda são abrasivos aos equipamentos (RAETANO, 2019; YAMAMOTO, 2019; AZEVEDO & FREIRE, 2006).

Granulados (G)

Resultado dessa formulação são pequenos grânulos. São utilizados preferencialmente para o controle de pragas de solo, são mais facilmente absorvidos pelas raízes

e translocados para as partes superiores das plantas tratadas. Essa é uma formulação de fácil aplicação e relativamente segura ao aplicador (GALLO, 2002).

Grânulos dispersíveis (WG)

Formulação de alto custo, concentrada com altos teores de ingrediente ativo. Contém dispersantes que garantem a dispersão no momento da aplicação. Basicamente é a formulação WP na forma de grãos. Possui também alto teor de ingrediente ativo, porém não forma nuvem de pó (YAMAMOTO, 2019).

Suspensão concentrada (SC)

É uma formulação líquida com uma suspensão estável de ingrediente ativo em um veículo líquido. A aplicação deve ocorrer após a diluição. Essa formulação solucionou alguns problemas da formulação pó molhável. É uma formulação fluida e segura para o aplicador (AZEVEDO & FREIRE, 2006; PRISCO, 2009; RAETANO, 2019).

Concentrado emulsionável (CE)

O produto é dissolvido em solventes. É uma formulação líquida homogênea, forma uma emulsão quando misturado em água. É muito estável, sendo melhor até do que a da suspensão concentrada. Geralmente os ingredientes ativos líquidos são mais eficientes pois aderem bem as folhas e são menos lavados pela chuva do que os sólidos. A demanda por agitação não é tão crítica. Ponto de atenção para o risco de fitotoxicidade dessa formulação para as plantas (AZEVEDO & FREIRE, 2006; GALLO, 2002; PRISCO, 2009; RAETANO, 2019).

Concentrado solúvel (SL)

Formulação líquida e deve ser diluída em água antes do uso na lavoura. (YAMAMOTO, 2019).

Microencapsulada (CS)

Composta por ingrediente ativo, solvente orgânico, dispersante, agente encapsulante e água. O encapsulante envolve o ativo e o solvente como um filme sobre os dois compostos, protegendo a molécula e promovendo a liberação controlada do ingrediente ativo após a aplicação (GALLO, 2002; YAMAMOTO, 2019).

3. REFERÊNCIAS

- AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acessado em: 20/10/2020.
- AHARONSON, N.; MAGAL, Z.; MUSZKAT, L.; NEUBAUER, I.; TEPPERMAN, D.; GOREN, E.; TADMOR, U. Application of aldicarb in a drip-irrigated cotton field for the control of the tobacco whitefly (*Bemisia tabaci*). **Phytoparasitica**, v. 14, p. 87-91, 1986.
- ALBERGARIA, N. M. M. S. & CIVIDANES, F. J. Exigências térmicas de *Bemisia tabaci* (Genn.) Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, 31(3), 2002.
- ALENCAR, J.A. & BLEICHER, E. Maximização da eficiência do controle químico da mosca-branca. In: HAJI, F.N.P & BLEICHER, E. **Avanços no manejo da mosca-branca Bemisia tabaci biotipo B (Hemipera, Aleyrodidae)**. Embrapa, Petrolina, p. 171-186, 2004.
- APROSOJA. Infestação baixa e custo de controle alto. Disponível em: <<http://www.aprosoja.com.br/comunicacao/release/infestacao-baixa-e-custo-de-controle-alto>>. Acesso em: 10/06/2019.
- APROSOJA. Uso da soja. Disponível em: <<http://aprosojabrasil.com.br/2014/sobre-a-soja/uso-da-soja/>>. Acessado em: 15/08/2018
- APROSOJA GO. Ministério da agricultura vai priorizar registros de produtos para controle de oito pragas. 2016. Disponível em: <<https://aprosojago.com.br/ministerio-da-agricultura-vai-priorizar-registros-de-produtos-para-controle-de-oito-pragas/>>. Acessado em: 12/04/2018.
- ARAUJO, M.A.; SOUZA, J.L.M.; BRUNDANI, G.E.; PAULETTE, V. Sistemas de manejo e relações hídricas do solo na produtividade da cultura da soja, em Ponta Grossa – Paraná. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 10, n. 5, p. 403-412. 2009.
- AZEVEDO, F.R., FREIRE, F. C. O. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Documento 102. EMBRAPA. Fortaleza, 2006.
- BACCI, L.; PEREIRA, E. J. G.; CRESPO, A. L. B.; PICANÇO, M. C.; COUTINHO, D. C.; SENA, M. E. Eficiência e seletividade de inseticidas para o manejo de mosca branca e inimigos naturais em melancia. **Revista Ceres**. 54(311), p. 047-054, 2007.
- BAESSO, M.M.; TEIXEIRA, M.M.; RUAS, R.A.A.; BAESSO, R. C.E. Tecnologias de aplicação de agrotóxicos. **Revista Ceres**. Viçosa, v. 61, p. 780-785, 2014.
- BARBOSA, L.F.; YUKI, V. A.; MARUBAYASHI, J. M.; DE MARCHI, B. R.; PERINI, F. L.; PAVAN, M. A.; DE BARROS, D. R.; GHANIM, M.; MORIONES, E.; CASTILLO, J. N.; SAKATE, R. K. First report of *Bemisia tabaci* Mediterranean (Q biotype) species in Brazil. **Pest Management Science**. v. 71, p. 501-504, 2015.
- BARRY, J.D.; PORTILLO, H. E.; ANNAN, I. B.; CAMERON, R. A.; CLAGG, D. G.; DIETRICH, R. F.; WATSON, L. J.; LEIGHTY, R. M.; RYAN, D. L.; MCMILLAN, J. A.; SWAIN, R. S.; KACZMARCZYK, R. A. Movement of cyantraniliprole in plants after foliar applications and its impact on the control of sucking and chewing insects. **Pest Management Science**, p. 395-403, 2015.

BASIT, M. Status of insecticide resistance in *Bemisia tabaci*: resistance, cross-resistance, stability of resistance, genetics and fitness costs. **Phytoparasitica**, v.47, p. 207-225, 2019.

BELAY, D. K.; HUCKABA, R. M.; RAMIREZ, A. M.; RODRIGUES, J. C. V.; FOSTER, J. E. Insecticidal control of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) transmitting Carlavirus on soybeans and detection of the virus in alternate hosts. **Crop Protection**, v. 35, p. 53-57, 2012.

BELLETTINI, S.; BELLETTINI, N. M. T.; SILVA, A. J.; BELLETTINI, R.; NETO, D. T. F.; OLIVEIRA, C. L.; RODRIGUES, R. S. Controle químico de *Bemisia tabaci* biótipo B (Gennadius) na cultura da soja. In: XXVI Congresso Brasileiro de Entomologia; IX Congresso Latino-americano de Entomologia. **Anais...** Alagoas: 2016.

BOAVENTURA, H. A. **Eficiência de *Cordyceps javanica* no controle de mosca-branca *Bemisia tabaci* MEAM1 em condições de casa telada e campo**. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitossanidade) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia 2019.

BOER, G.J. SATCHIVI, N. Comparison of translocation properties of insecticides versus herbicides that leads to efficacious control of pests as specifically illustrated by isoclast™ active, a new insecticide, and Arylex™ Active, a new herbicide. In Retention, Uptake, and Translocation of Agrochemicals in Plants. ACS Symposium Series; **American Chemical Society**: Washington, 2014.

BUENO, A.F.; CAMPO, C. B. H.; GOMEZ, D. R. S. Árvore do conhecimento soja. Mosca-branca. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONT000fznzu9ib02wx5ok0cpoo6ariubmhq.html>>. Acessado em: 16/04/2018.

BURLE, M.L. & RODRIGUES, G.C. Relações hídricas internas da soja sob déficit hídrico em condições de campo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, 25(6): p. 905-913, 1990.

BYRNE, D N., BELLOWS JUNIOR, T.S. Whitefly biology. **Annual Review Entomology**, 36: p. 431-457, 1991.

CABALLERO, R.; SCHUSTER, D. J.; PERES, N. A.; MANGANDI, J.; HASING, T.; TREXLER, F.; KALB, S.; PORTILLO, H. E.; MARÇON, P. C.; ANNAN, I. B. Effectiveness of cyantraniliprole for managing *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) and interfering with transmission of tomato yellow leaf curl virus on tomato. Arthropods in relation to plant disease. **Journal Economic Entomology**, 108(3): p. 894–903, 2015.

CAMPO, C. B. H.; MOSCARDI, F.; FERREIRA, B. S. C.; OLIVEIRA, L. J.; GÓMEZ, D. R. S.; PANIZZI, A. R.; CORSO, I. C.; GAZZONI, D. L.; DE OLIVEIRA, E. B. **Pragas de soja no Brasil e seu manejo**. Circular técnica 30 - Embrapa Soja. Londrina, 2000.

CAVALCANTE, A. C. R.; CAVALLINI, M. C.; LIMA, N. R. C. B. Estresse por déficit hídrico em plantas forrageiras. Documento 89 on line. **Embrapa**. Sobral. 2009.

CHAIM, A. **Manual de tecnologia de aplicação de agrotóxicos**. Embrapa. Brasília, 2009.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**. Observatório agrícola. CONAB. v7, n. 4, Disponível em: < file:///C:/Users/u855619/Downloads/GrosZjaneiroZresumo.pdf>. Acessado em: 10/01/2020.

CONAB. V. 4 - **SAFRA 2016/17- N.9 - Nono levantamento** – Acompanhamento da safra Brasileira de grãos. Conab, junho 2017.

CONAB. **Oitavo levantamento - Acompanhamento da safra brasileira de Grãos**. v. 7. 05/2020.

CONAB. **Evolução dos custos de produção de soja no Brasil**. CONAB. Compendio de estudos, setembro, 2016.

COSTA LIMA, A.M. **Insetos do Brasil**. Rio de Janeiro: E. N.A., v. 3, Cap. 23:176- 191, 1942.

COSTA-LIMA, T. C.; MICHEREFF FILHO, M.; LIMA, M. F.; ALENCAR, J. A. **Guia sobre mosca-branca em meloeiro: Monitoramento e táticas de controle**. Circular técnica 112, Embrapa. Petrolina, 2016.

CZEPAK, C. A.; COELHO, A. S. G.; REZENDE, J. M.; NUNES, M. L. S.; WEBER, I. D.; SILVÉRIO, R. F.; GODINHO, K. C. A. *Bemisia tabaci* MEAM1 population surveys in soybeancultivation. **Entomologia Experimentalis et Applicata**. 166, p. 215-223, 2018.

DIAMANTINO, E. P.; CASTELLANI, M. A.; FORTI, L. C.; MOREIRA, A. A.; SÃO JOSÉ, A. R.; MACEDO, J. A.; OLIVEIRA, F. S.; SILVA, B. S. Seletividade de inseticidas a alguns dos inimigos naturais na cultura do algodão. **Plant Parasitology**. São Paulo, v. 8, n. 2, p. 150-158, 2014.

DUFFY, D.; STERLING, T.; NISSEN, S.; NAMUTH, D. Leaf and cell uptake. Mediahub. University of Nebraska-Lincoln. Disponível em: < <https://mediahub.unl.edu/media/10976>>. Acessado em: 09/06/2020.

DYBAS, A. R. Abamectin use in crop protection. **Ivermectin and Abamectin**. New York, p. 287-310, 1989.

EMBRAPA. **Coleção entomológica da Embrapa Cerrados** – Ordem Hemiptera. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/hemiptera>>. Acessado em: 17/04/2018

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2011**. - Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2010.

EPPO. **Insecticide co-formulated mixture**. Efficacy evaluation of plant protection products EPPO Bulletin, v. 42, p. 353-357, 2012

ETHERIDGE, B.; GORE, J.; CATCHOT, A. L.; COOK, D. R.; MUSSER, F. R.; LARSON, E. J. Influence of temperature on the efficacy of foliar insecticide sprays against sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae) populations in grain sorghum. Field and Forage Crops. **Journal of Economic Entomology**, v. 112, p. 196-200, 2018.

FARIA, G. Raça de mosca branca mais resistente a inseticidas é encontrada pela primeira vez em Mato Grosso. Embrapa Agropastoral. 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/41576377/raca-de-mosca-branca-mais-resistente-a-inseticidas-e-encontrada-pela-primeira-vez-em-mato-grosso>>. Acessado em: 30/05/2020

FARIAS, J. & AITA, R. Modo de ação das diamidas. Phytus Club - Instituto Phytus. Disponível em: <<https://phytusclub.com/materiais-didaticos/inseticidas-diamidas/>>. Acessado em 15/04/2018.

FARIAS, J. R. B; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Ecofisiologia da soja. Circular técnica 48. **Embrapa soja** – Londrina, 2007.

FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Seca, soja em carência de água – Exigências climáticas. **Embrapa Soja**. Disponível em: <https://bioinfo.cnpso.embrapa.br/seca/index.php?option=com_content&view=article&id=73>. Acessado em: 23/11/2019

FIETZ, C.R.; URCHEI, M.A. Deficiência hídrica da cultura da soja na região de Dourados, MS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 262-265, 2002.

FUNDAÇÃO MT. Regiões do Mato Grosso estão infestadas com mosca-branca. SITE CANAL RURAL, jan. 2015. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/programas/informacao/rural-noticias/regioes-mato-grosso-estao-infestadas-com-mosca-branca-49484/>>. Acessado em: 10/11/2018

GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S. S.; CARVALHO, R. P. L.; DE BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. Manual de entomologia agrícola. 10.ed. Piracicaba, **Fealq**, 2002. 920p.

GREATHEAD, A.H. Host plants. In: COCK, M.J.W., ed. *Bemisia tabaci*: a literature survey on the cotton whitefly with and annotated bibliography. **Ascot**, FAO/CAB, 1986. p. 17-25

HOROWITZ, A.R. & ISHAAYA, I. Dynamics of biotypes B and Q of the whitefly *Bemisia tabaci* and its impact on insecticide resistance. **Pest Management Science**. v.70, p. 1568-1572, 2014.

ICB – Determinação da capacidade de campo em diferentes tipos de solo. Prática 6.1. Universidade de Juiz de Fora. Departamento de Botânica. Disponível em: <http://www.ufjf.br/fisiologiavegetal/files/2018/07/6_1-Determina%C3%A7%C3%A3o-Capacidade-de-Campo.pdf>. Acessado em: 21/04/2020

IRAC. **Classificação de modos de ação IRAC**. Ed 6, v. 8.1, 2016.

KHAN, H.A.A. & AKRAM, W. The effect of temperature on the toxicity of insecticides against *Musca domestica* L.: Implications for the effective management of Diarrhea. **PLoS One** 9(4): e95636, 2014.

LOURENÇÃO, A.L. & NAGAI, H. Surtos populacionais de *Bemisia tabaci* no estado de São Paulo. Entomologia III. **Bragantia**, Campinas, p. 53-59, 1994.

MARTORANO, L. G.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; DE FARIA, R. T.; MIELNICZUK, J.; COMIRAN, F. Indicadores da condição hídrica do solo com soja em plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.13, n.4, p. 397-405, 2009.

MOREIRA, H. J.C; ARAGÃO, F.D. **Manual de pragas de soja**. Campinas. 2009. 144 p.

MOUSINHO, F.E.P. Efeito da água no rendimento das culturas. Curso de comprovação de perdas agrícolas para seguro rural. **Proagro e Proagromais**. Teresina, 2012.

NDIMBO, M. A.; NCHIMBI-MSOLLA, S.; SEMU, E. Effects of moisture stress levels at different growth stages on nodulation and nitrogen fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotype. **Asian Journal of Agriculture and Rural Development**, 5(8) p. 187-201, 2015.

PATRONI, L. Mosca-branca mais resistente a inseticidas é encontrada pela 1ª vez em MT. Disponível em: < <https://blogs.canalrural.uol.com.br/canalruralmatogrosso/2019/02/26/mosca-branca-mais-resistente-a-inseticidas-e-encontrada-pela-primeira-vez-em-mt/>>. Acesso em: 10/07/2019

POLETTI, M., ALVES, E.B. **Resistência de mosca-branca a inseticidas**. IRAC-BR. 2013. Engenheiro Coelho, 2013.

POZEBON, H.; CARGNELUTTI FILHO, A.; GUEDES, J.V.C.; FERREIRA, D.R.; MARQUES, R.P.; BEVILAQUA, J.G.; PATIA, L.S.; COLPO, T.L.; ARNEMANN, J.A. Distribution of *Bemisia tabaci* within soybean plants on individual leaflets. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 167, p. 396-405, 2019.

PPDB. List of pesticide active ingredients. **University of Hertfordshire**. Disponível em: < <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm>>. Acessado em: 27/05/2020

PRISCO, R.C.B. Formulações de inseticidas e raticidas. **Instituto Biológico**. São Paulo. 2009.

PROCÓPIO, S.O.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A.; DONAGEMMA, G. K. Ponto de murcha permanente de soja, feijão e plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.22, n.1, p. 35-41, 2004

PUBCHEM. Compound acetamiprid. National Library of Medicine. Disponível em: < <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>>. Acessado em: 21/05/2020

PUBCHEM. Compound pyriproxyfen. National Library of Medicine. Disponível em: < <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>>. Acessado em: 21/05/2020

PUURTINEN, H.M. & MARTIKAINEN, E.A.T. Effect of soil moisture on pesticide toxicity to an Enchytraeid Worm, *Enchytraeus* sp. Institute for Environmental Research. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, 1997.

QUI, B.; REN, S.; LIN, L. Effect of temperature on the development and reproduction of *Bemisia tabaci* B biotype (Homoptera: Aleyrodidae). **Entomologia Sinica**, v. 10, n. 01, p. 43-49, 2003.

QUINTELA, E. D.; ABREU, A. G.; LIMA, J. F. S.; MASCARIN, G. M.; DOS SANTOS, J. B.; BROWN, J. K. Reproduction of the whitefly *Bemisia tabaci* (hemipera: Aleyrodidae) B biotype in maize field (*Zea mays* L.) in Brazil. **Pest management Science**, v. 72, p. 2181-2187, 2016.

RAETANO, G.C. Formulação dos produtos fitossanitários. **FCA/UNESP**, Botucatu. Disponível em: < <https://www.fca.unesp.br/formulacao-dos-produtos-fitossanitarios-aula-2>>. Acessado em: 21/10/2019

RODRIGUES, F. A.; BORGES, A. C. F.; DOS SANTOS, M. R.; FERNANDES, J. J.; DE FREITAS JÚNIOR, A. Flutuação populacional de mosca-branca e a incidência de mosaico dourado no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V31. N10. P.1023-1027 1997.

SANTOS, J. B. **Ecologia da mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) e de seus parasitoides em soja**. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitossanidade) Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017

SANTOS, T. T. M. **Eficiência de inseticidas químicos e associação com o fungo *Isaria javanica* sobre ninfas e adultos de mosca-branca**. 75 f. Dissertação (Mestrado em

Agronomia: Fitossanidade) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia 2017.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B.; FURUMOTO, O.; BOITEUX, L. S.; FRANÇA, F. H.; VILLAS BÔAS, G. L.; BRANCO, M. C.; MEDEIROS, M. A.; MAROUELLI, W.; SILVA, W. L. C.; LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C.; NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, W. **Cultivo do tomate para industrialização**: Pragas, mosca-branca. Embrapa Hortaliças, Sistemas de produção. 2ª Edição, 2006.

SILVA, L.M. et al. Comparação de eficácia de inseticidas para controle de *Bemisia argentifolii* (HEMIPTERA; ALEYRODIDAE) na cultura do algodão. Disponível em: < http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba4/046.pdf>. Acessado em: 15/04/2018.

SÁNCHEZ-BAYO, F.; TENNEKES, H. A.; GOKA, K. **Impact of systemic insecticides on organisms and ecosystems. Insecticides** – Development of safer and more effective Technologies, Chapter 13, 2013.

SHARMA, A.; KUMAR, V.; THUKRAL, A. K.; BHARDWAJ, R. Responses of plants to pesticide toxicity: an overview. **Planta Daninha**. SBCPD, v. 37, 2019.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORSO, I. C.; OLIVEIRA, L. J.; MOSCARDI, F.; PANIZZI, A. R.; BUENO, A. F.; HIROSE, E.; ROGGIA, S. **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. Doc 269. Embrapa Soja, 3ª Edição, 2014.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; OMOTO, C. Soja – **Manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Cap. 10. Embrapa. 892 p, Brasília.

STEFANELLO, M.T. **Comportamento de fungicidas em plantas de soja submetidas a diferentes regimes hídricos e horários de aplicação**. 2014. Dissertação. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2014.

SUEKANE, R.; DEGRANDE, P.E.; LIMA JUNIOR, I.S.; QUEIROZ, M.V.B.M.; RIGONI, E.R. Danos da mosca-branca *Bemisia tabaci* (GENN.) e distribuição vertical das ninfas em cultivares de soja em casa de vegetação. Arq. Instituto Biológico, São Paulo, v. 80, n. 2, p. 151-158, 2013.

SUMERFORD, W.T. Review of synergism among halogen Containing insecticides and halogen containing synergists. Synergism and synergists. Search for synergists sheds on mechanism of actions of insecticides. **Agriculture and Food Chemistry**, v. 2, n.6, 1954.

SYNGENTA. Bula Vertimec 18EC®. Disponível em: <https://www.syngenta.com.br/sites/g/files/zhg256/f/vertimec_18_ec.pdf?token=1560346279>. Acessado em 14/11/2019

TEICHER, H. **The labcoat guide to pesticide mode of action**: Pesticide solubility and biological parameters. Disponível em: < <http://biocomm.eu/2017/10/03/labcoat-guide-pesticide-mode-action-pesticide-solubility-biological-parameters>>. Acessado em: 07/06/2020

THOMAS, A. L. & COSTA, J.A. Influência do Déficit Hídrico sobre o Desenvolvimento e Rendimento da Soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 9, p. 1389-1396. 1994.

TOMQUELSKI, G. V.; HIROSE, E.; FARIAS, A.; CZEPAK, C.; PITTELKOW, F. K.; RUTHES, E.; GRIGOLLI, J. F. J.; RATTES, J.; VIVAN, L. M.; GOUSSAIN JUNIOR, M. M.;

PEIXOTO, M. F.; TAMAI, M. A.; IDE, M. A.; MARTINS, M. C.; LOBAK, T. Eficiência de inseticidas para o controle da mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em soja nas safras 2017/2018 e 2018/2019: Resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Circular técnica - Embrapa. Londrina, n. 158, 2020.

TOMAZ HVQ; SANTOS LV; DUVARESCH DL; CARVALHO DR; MACEDO MG. 2016. Eficácia de Minecto Pro (cyantraniliprole + abamectina) no controle de mosca-branca (*Bemisia tabaci*) em meloeiro sob condições de campo na região de Aracati/CE In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 54. **Anais...** Recife, 2016. p. 233

TORRES, J.B.; SILVA-TORRES, C.S.A. Interação entre inseticidas e umidade do solo no controle do pulgão e da mosca-branca em algodoeiro. Brasília. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v.43, n.8, p. 949-956, 2008.

VASCONCELLOS, M. C. M.; BELUFI, L. M. R.; PITTELKOW, F. K. Avaliação da eficiência de inseticidas no controle de mosca-branca (*Bemisia tabaci* – Biotipo B) na cultura da soja em Lucas do Rio Verde – MT. Boletim Técnico. Fundação Rio Verde, n. 8, 2018.

VIEIRA, S.S., FREITAS BUENO, R.C.O.; FREITAS BUENO, A.; BOFF, M.I.C.; GOBBI, A.L. Controle de mosca-branca em diferentes momentos e a produtividade de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n. 2, p. 247-253, 2013.

VILLAS BÔAS, G. L.; CASTELO BRANCO, M. Manejo Integrado da Mosca-Branca (*Bemisia tabaci* biótipo B) em Sistema de Produção Integrada de Tomate Indústria (PITI). Brasília, 2009. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/75710/1/ct-70.pdf>>. Acessado em: 19/07/2019

VILLAS BÔAS, G. L. & MEDEIROS, M.A. Árvore do conhecimento tomate. **Agência Embrapa de informação tecnológica**. Disponível em: <<https://aprosojago.com.br/ministerio-da-agricultura-vai-priorizar-registros-de-produtos-para-controle-de-oito-pragas/>>. Acessado em: 16/04/2018.

VILLAS BÔAS, G. L.; MEDEIROS, M. A. Mosca-branca. Informação tecnológica. **Ageitec-Agência Embrapa**, 2018

YAMAMOTO, P.T. **Controle químico de pragas**. Departamento de entomologia e acarologia. Esalq. Piracicaba. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2302262/mod_resource/content/1/Controle%20Qu%C3%ADmico_parte%20I.pdf>. Acessado em: 20/10/2019.

4. Influence of air temperature and soil moisture on the efficacy of insecticide sprays against *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in soybean

Abstract

The *Bemisia tabaci*, development is favored in periods of low precipitation and high temperatures. These abiotic factors cause plant stress and can effect the insecticides efficacy. This study aims to verify the air temperature effect (10, 15, 17, 20, 23, 25, 28, 31, 35 and 36 °C) and soil moisture (13, 19, 25, 38 e 50% of field capacity) in the insecticides efficacy for whitefly control in soybeans. Insecticides were tested: cyantraniliprole (100 g.a.i./L), pyriproxyfen + acetamiprid (100+200 g.a.i./L), pyriproxyfen (100 g.a.i./L), abamectin (18 g.a.i./L) e cyantraniliprole + abamectin (60+18 g.a.i./L). The adults mortality by insecticides was higher at 35-36°C in comparison to 15, 20, 23, 25 and 28-30°C. The LT₅₀ was lower for the insecticides at 35-36°C compared to the other temperatures, varying from 12.8 (35±0.3 °C) to 53.6 (10±0.8 °C) hours. Some insecticides killed more whitefly at the lowest soil moisture (25%). Due to the withered plants at 13 and 19%, it was not possible to evaluate the insecticides effect. The adult LT₅₀ ranged from 1.9 to 3.3 (25%) and from 2.1 to 2.7 (50%), for nymphs varying from 3.3 to 6.9 (25%) and from 2.1 to 2.7 (50%) days. According to the results, temperature enhanced the insecticide efficacy against adults. The water stress enhanced the efficacy of some insecticides against nymphs and adults. Therefore, high temperatures and periods of water restriction for plants do not affect the insecticides efficacy for whitefly control. But temperatures under 20 °C may diminish the insecticides efficacy or increase whitefly lethal time.

Key words: pesticides; biotype B; adults; nymphs; abiotic stress

4.1 INTRODUCTION

Some human actions as deforestation and high combustion of fossil fuels are increasing the CO₂ concentrations at the atmosphere over the past two centuries. Current high carbon dioxide emission around the world deserve population attention, mainly for the agriculture system. It is promoting air temperature increase in 0,74°C in the last century and the increase estimative for 2100 is from 4 to 11°C. This climatic change may increase the occurrence of high air temperatures, low air humidity and drought in many agricultural areas

around the globe, affecting directly the dynamic of pest population and the plants metabolism in agriculture (CURNUTTE; SIMMONS; ABD-RABOU, 2014).

The whitefly is a notorious pest in tropical and subtropical regions, causing large agricultural losses to commercial and small-scale growers. But changes in relative humidity and temperature can affect this pest (CURNUTTE; SIMMONS; ABD-RABOU, 2014). The climate has high impact on whiteflies populations, the temperature and ambient moistures can be important factors for whitefly survival, reproduction and lifecycle (SIMMONS & MAHROOF, 2011). For example, high temperatures can increase the whitefly oviposition but may limit the nymphal survival (CURNUTTE; SIMMONS; ABD-RABOU, 2014; GILIOLI et al., 2014).

The *Bemisia tabaci* is a polyphagous pest, which feeds on more than 700 species of plants, including important agricultural crops such as soybean, drybean, cotton, tomato and others commercial crops (GREATHEAD, 1986). These large number of hosts favors the “green bridges” effect for this pest present in the agricultural system. In Brazil the biotypes A, B and Q are present on the crops (BARBOSA et al., 2015).

When the whitefly feeds it introduces toxins into the plant causing physiological disorders resulting in leaf wilt and defoliation, which changes the reproductive and vegetative crop development. Thus, this pest reduces the production quality and crop productivity (BYRNE & BELLOWS, 1991). In the process of floem sap suction the whitefly release a sugary substance that favors the development of the fungus *Capnodium* sp. on top of the leaves, commonly called sooty mold on the adaxial leaf part. In soybean, the growth of this fungus on the leaves causes defoliation and hinders the development of the crop (BYRNE & BELLOW, 1991; POZEBON et al., 2019; SUEKANE et al., 2013).

High levels of *Bemisia tabaci* infestations are favored by the combination of high air temperatures, low moisture, drought and agricultural systems cultivated with large number of host crops throughout the year (CURNUTTE; SIMMONS; ABD-RABOU, 2014; KHAN & AKRAM, 2019). All these factors have allowed the whitefly reproduction and fast migration among crops. (MOREIRA & ARAGÃO, 2009)

According Qui, Ren and Lin (2003), at 17°C the whitefly lifecycle was completed in 48.1 days and at 29°C the lifecycle spent 13.9 days to be completed. The study of Albergaria & Cividanes (2002) at 30 °C the life cycle spent 21.8 days and at 15°C lasted 70.9 days to complete. The temperature also has influence in whitefly survival. For Rodrigues et al. (1997)

the decrease in temperature causes reductions in the number of whiteflies, because the low air temperature causes physical changes in the cellular components of plant tissue, diminishing the quality and food supply for the insect. Shan et al. (2014), observed there was increase of adult mortalities of *Bemisia tabaci* at 35 and 40 °C, thus temperatures from 35°C are not favorable to whitefly survival. There was low mortality at 5, 10 and, 25 °C being favorable temperatures for this insect. Albergaria & Cividanes (2002), observed in their study, that the thermic limit of whitefly survival is between 30 and 35 °C. At 15 and 35 °C the survival rates of whitefly were lower than 20, 25 and 30 °C.

Drought periods may decrease air humidity in agricultural areas and the ambient moisture favor the viability of eggs and nymphs of whitefly. However long periods of rain can decrease adults and nymphs population, because the drop impact can kill the adults (OLIVERIA et al., 2018; SILVA et al., 2014). According to Simmons & Mahroof (2011), the whitefly can survive in humid and dry environments and high whitefly populations often occur in dry and hot environments. In their study there was no difference in the whitefly oviposition and eclosion of eggs and pupa at 50 and 80% of air humidity. However, the oviposition and pupa eclosion decrease at 20% of air humidity.

Abiotic stress as temperature variation and drought can affect the pest population but have great impact on plants. Soybean plants adapt well from 20 to 30°C (EMBRAPA, 2010). Regions with temperatures equal 10 °C or below can impair the vegetative growth of soybeans. However, in regions with temperatures above 40 °C the plant may suffer flowering disturbances and low pods retention capacity. Floral induction only occurs at temperatures above 13 °C. At high temperature regions, the plant tends to flower early and grows less than the normal conditions. Another factor that can be changed with the temperature increase is the early maturation. All these problems that high temperatures can cause in soybean plant, enhanced with the occurrence of water stress (EMBRAPA, 2010; FARIAS; NEUMAIER; NEPOMUCENO, 2019).

The damage of drought stress in plants depends on its intensity and duration, the season in which it occurs, cultivar and plant stage. Soybeans can undergo through periods of water restriction during their cycle. Even in rainy seasons, occasional drought periods can occur (BURLE & RODRIGUES, 1990; MARTORANO, 2009; NDIKIMBO; NCHIMBI-MSOLLA; SEMU, 2015; THOMAS & COSTA, 1994). The amount of water inside the plant is influenced by the plant's physiological processes such as stomatal closure, transpiration, photosynthesis, enzymatic activities and others. The water deficit can increase in 33% the leaf cuticle thickness, this may

impact the penetration and translocation of chemical products in the leaves (FARIAS et al., 2018; STEFANELLO, 2014).

Ambient condition is an important factor in the dynamics of whitefly control. The plant under ideal thermal and water conditions can behave better against the pest attack and can efficiently absorb the sprayed pesticides. The effectiveness of the insecticides can vary as a result of the soil water condition and air temperature, since their action is directly influenced by the plant metabolism (STEFANELLO, 2014).

Torres & Silva-Torres (2008) tested the effectiveness of thiamethoxam and pymetrozine in cotton plants under 3 different water conditions. Which was 97-100%, 85-97% and 69-84% of the soil field capacity. In their study, the plants underwent to certain water conditions after the insecticides spraying and were irrigated daily with the volume of water necessary to keep the soil moisture close to the defined ranges. It was concluded that these soil moisture did not affect the efficacy of the insecticide pymetrozine and for thiamethoxam in foliar spraying.

Then, the spraying should be done in appropriate conditions of wind, air humidity, soil moisture and air temperature to provide good absorption, translocation and storage into the plant. The concentration of the insecticide inside the leaf depends on the compound nature and on the plant physiological factors, for example, molecule mobility and penetration rate of the epidermis and mesophilic cells. The penetration of a substance like an insecticide into the plant leaf occurs due to the diffusion process. According to Fick's law, in order to this process occurs, it depends on the concentration of insecticide outside and inside the leaf. Thus, in the case of insecticide spraying, the foliar diffusion is driven by the molecule concentration on the external leaf face, because the internal concentration of the solute in the plant is lower. The diffusion of the insecticide sprayed on the leaf may have a direct influence on factors such as exposure to soil, plant morphology, structure, physiological process rate, among others (AHARONSON et al., 1986; STEFANELLO, 2014).

The broad pesticide uses in the agriculture for whitefly control, the short lifecycle, high reproduction rate favor whitefly resistance to insecticides (BASIT, 2019; LUEKE et al., 2020). Sosa-Gómez & Omoto (2012), reported the whitefly is one of the agricultural pests that presents more resistant cases in the world. According to Basit, 2019, *B. tabaci* developed resistance to 40 active ingredients in the world and in Brazil there are *Bemisia tabaci* biotype

B populations resistant to imidacloprid, acetamiprid, thiamethoxam, chlorpyrifos, and endosulfam.

In this study were tested novel registered insecticides in Brazil, as cyantraniliprole, the formulation of pyriproxyfen + acetamiprid and the formulation of cyantraniliprole + abamectin. The molecules of the chemical groups, diamides, avermectins, pyridyloxypropyl ether and neonicotinoids have been reported as high efficient insecticides for whitefly control. Cyantraniliprole belongs to the chemical group of diamides, acting as a modulator of ryanodine receptor, causing irregular muscle contractions and ceasing the feeding of insects (CABALLERO et al., 2015; SANTOS, 2017). Abamectin is an active ingredient of the chemical group avermectins, its mode of action stimulates the release of GABA inhibiting the central nervous system, causing paralysis and subsequently the death of the insect (IRAC, 2016; SYNGENTA, 2018). Bacci et al. (2007), reported that the compound abamectin was efficient for the control of whiteflies, controlling 80% of the tested populations. Pyriproxyfen is a molecule of the chemical group ether-pyridyloxypropyl, it is a juvenile hormone mimic, it acts through contact and translaminar activity on whitefly eggs and nymphs. Acetamiprid is an insecticide of the chemical neonicotinoids group, therefore it is an agonist of nicotinic acetylcholine receptors, it acts through systemic, translaminar, contact and ingestion action on nymphs and adults (COSTA-LIMA et al., 2016).

For the efficient whitefly control it is recommended the adoption of integrated pest management strategies, among them the use of chemical insecticides can prevent that the whitefly's infestation level overtakes the control level. In regions with high occurrence of whiteflies, the growers often spray twice in the soybean cycle. Therefore, chemical insecticides must be sprayed in a rotation system of active ingredients of different chemical groups and preferably with high intrinsic potential of control, avoiding selection of resistant individuals. The use of products or mixtures of products capable of controlling more than one whitefly's stage is recommended. The pest reinfestations often occurs in the agricultural areas, therefore, when the systemic active ingredients penetrate the plant it favors the reduction of whitefly populations in crops (TORRES & SILVA-TORRES, 2008).

In the agriculture of Brazilian cerrado's region the producers usually face with the complex scenario of whitefly control. In this region usually are cultivate part of the main whitefly's hosts as soybean, cotton and drybeans during the year. This agricultural system and climatic effects of drought and high temperature are hard obstacles in the whitefly management on soybeans crop. Which often occurs during the harvest period (january to March). The

whitefly can survive in rainy season but prefers hot climate and low ambient moisture, in these conditions usually occurs high infestation of whitefly on soybean. According Sharma et al. (2017), the air temperature and water supply are important factors that influence the pesticide uptake for plants. Then, these same climatic conditions may cause impact in the insecticides sprays and for plant uptake of molecules.

The pesticides efficacy is climat conditions dependent. Due the global warming events in the future we must lead with high temperatures and drought events in agriculture (KHODAVERDI et al., 2016; MATZRAFI, 2018). Thus, systemic insecticides have high water solubility rate their transport in the plant's vascular system may be affected. Then drought can decrease their efficacy, rising control failures and increasing resistance cases of insects on the fields (KHODAVERDI et al., 2016).

Therefore, the present study aimed to determine the effect of air temperature and soil moisture on the efficacy of inseticides for the control of nymphs and adults of *B. tabaci* in soybeans.

4.2 MATERIAL AND METHODS

The experiments were conducted in an aphid-proof screenhouse (50 mesh) (9 × 8 m) and at laboratory conditions of the Brazilian Agricultural Research Corporation (Embrapa Rice and Beans) located at Santo Antônio de Goiás, Goiás state (Central Brazil) (16°30'24,57"S, 49°17'06,53"W). The temperature (°C) and relative humidity (%) in the screenhouse and in the growth chamber of the BOD (Biochemical Oxygen Demand) were measured at one-hour intervals by a datalogger (Hobo® U12-012, Onset Computer Corp. Ltd., Massachusetts).

4.2.1 Insect colony

The whitefly *B. tabaci* used in all experiments was identified as Biotype B by molecular gene sequence markers from mtDNA cytochrome oxidase I (mtCOI) (QUINTELA et al., 2016). The whiteflies used were originated from a colony reared on soybean plants (*Glycine max* L.) maintained under greenhouse conditions at Embrapa Rice and Beans.

4.2.2 Insecticides tested

The technical information about the synthetic insecticides used in the experiments are listed in Table 1. These products are currently registered for the control of *B. tabaci* in soybean in Brazil (AGROFIT, 2020).

Table 1 -Technical information about the chemical insecticides used in this study

Active ingredient	Chemical group	Type of formulation ¹	Concentration (G a.i./L)
Cyantraniliprole	Anthranilamide	DO ¹	100
Cyantraniliprole	Anthranilamide	CS ¹	100
Pyriproxyfen+ acetamiprid	Pyridyloxypropyl ether + Neonicotinoid	DO ¹	100 + 200
Pyriproxyfen	Pyridyloxypropyl ether	EC ¹	100
Abamectin	Avermectin	EC ¹	18
Cyantraniliprole + abamectin	Anthranilamide + Avermectin	CS ¹	18 + 60
Ochima [®]	Alkyl esters of phosphoric acid	EC ¹	752
Assist [®]	Mineral oil	EC ¹	756

¹ Type of formulation: DO= Dispersible oil; EC= Emulsifiable concentrate; CS: Concentrated suspension.

3.2.3 Effect of air temperature on the efficacy of the insecticides

Three experiments were conducted to determine the effect of different temperatures on the efficacy of the insecticides for the control of whitefly adults.

In the first experiment, the insecticide cyantraniliprole (45 g a.i./ha) + abamectin (13.5 g a.i./ha) + adjuvant Ochima and a control treatment (without insecticide spray) were tested. Five temperatures were tested at 17 ± 0.5 , 23 ± 0.4 , 25 ± 0.2 , 31 ± 0.2 and 36 ± 0.1 °C in BOD with 60% RH and 12-hr photoperiod.

In the second experiment, two insecticides were evaluated: cyantraniliprole (36 g a.i./ha) + abamectin (10,8 g a.i./ha) + Ochima and cyantraniliprole (50 g a.i. /ha) and a control treatment (without insecticide spray). Five temperatures were tested at 10 ± 0.8 , 25 ± 0.2 , 20 ± 0.1 , 28 ± 0.1 and 35 ± 0.3 °C in BOD with 51 - 60% RH and 12-hr photoperiod (Fig. 1).

In the third experiment, seven insecticides were evaluated at 20° C: cyantraniliprole (50 g a.i./ha); pyriproxyfen + acetamiprid (25 + 50 g a.i./ha); pyriproxyfen (25 g a.i./ha); abamectin (10.8 g a.i./ha), cyantraniliprole + abamectin (36 + 10,8 g a.i./ha) + Ochima (0,25 l/ha); cyantraniliprole + abamectin (45+13,5 g a.i./ha) + Ochima (0,25 l/ha); ciantraniliprole + abamectina (36 + 10.8 g a.i./ha) + Assist (0.375 l/ha). A treatment without insecticide spray was used as control.

For these three experiments, experimental units were represented by one soybean plant at primary leaf stage grown in plastic pots with 11 cm of diameter filled with 425 ml of red oxisol (Fig. 1). The pots were transferred to the BOD incubators and arranged randomly on a black plastic tray of 13 cm of diameter (Fig. 2). Each plastic tray was irrigated with 60 ml of water twice a day. After three days of plant acclimatization at their respective temperatures, the pots were removed individually for insecticide sprays. Treatments were applied to the adaxial side of primary leaves with a microsprayer (0.3 mm needle, Paasche® airbrush type H-set) connected to a vacuum pump and calibrated to 100 µl per leaf in an even coverage. Whitefly adults (20 per capped plastic test-tube, 13 cm) were held for two hours at the incubators for temperature acclimatization. Each test-tube was then fixed in the soil beside one soybean plant that was held inside a glass cage (11 cm of diameter and 10 cm of height) that were closed with voile fabric fixed with rubber tie. Then, the lids of the test-tubes were removed allowing adults to move to the soybean plants.

For experiment 1, the number of dead adults was evaluated at 1, 2, 3, 4, 7 days after insecticide sprays. For the experiment 2 and 3, dead adults were registered at 16, 24, 40, 48, 64, 72 hours after spraying. For experiment 1 and 2, one trifoliate leaf of each pot was collected for alive nymph assessment under a dissecting stereomicroscope (Leica) at 40× magnification. All experiments were conducted in a completely randomized design with four replicates, which consisted of one seedling per pot (i.e., two primary leaves).

4.2.4 Soil field capacity determination

To determine the soil field capacity, water was added to 4700 g of dry red oxisol contained in plastic pots until the drainage point was reached. Then, 1600 ml of water per pot was the amount of water retained in 4700 g of soil. Ten repetitions were used. The soil field capacity was calculated with the equation:

$$\text{Soil field capacity} = \frac{\text{amount of water retained in the soil (g)} \times 100}{\text{soil volume (g)}}$$

$$\text{Soil field capacity} = \frac{1600 \text{ (ml)} \times 100}{4700 \text{ (ml)}} = 0,034$$

4.2.5 Effect of soil moisture on foliar insecticides spraying

Four experiments were conducted in a screenhouse to determine the effect of different soil moisture on the efficacy of chemical insecticides for the control of adults and 2nd instar nymphs.

In the first experiment with adults, eight insecticides were tested at 25% and 50% soil field capacity: cyantraniliprole (50 g a.i./ha), pyriproxyfen + acetamiprid (25+50 g a.i./ha), pyriproxyfen (25 g a.i./ha), abamectin (10.8 g a.i./ha), cyantraniliprole + abamectin (36+10.8 g a.i./ha) + Ochima (0,25 l/ha), cyantraniliprole + abamectin (45+13.5 g a.i./ha) + Ochima (0,25 l/ha) and cyantraniliprole + abamectin (36+10.8 g a.i./ha) + Assist (0,375 l/ha).

In the second experiment with adults five levels of soil moistures (13, 19, 25, 38 and 50% of soil field capacity) were used to determine the efficacy of the insecticides cyantraniliprole (50 g a.i./ha), cyantraniliprole + abamectin (45+13.5 g a.i./ha) + Ochima (0.25 l/ha). For both experiments a treatment without insecticide spray was used as control.

Experimental units were represented by two plants at trifoliate stage grown in plastic pot of five liters filled with 4700 g of dry red oxisol. For experiment 1, two days before spraying, the pots were kept at 25% and 50% of soil field capacity. To obtain the 25% and 50% of soil field capacity each pot was watered with 400 and 800 ml of water, respectively. For experiment 2, four days before spraying, the pots were kept with 800, 600, 400, 300 and 200 mL of water for field capacity of 50, 38, 25, 19 and 13%, respectively. To assure that the moisture condition established in the pots were maintained constant, the pots were weighed twice a day (morning and afternoon) and the amount of water was added to replace the loss due to evapotranspiration estimated by the difference of weight of the pots between two measurements. The pots were weighted with a high precision scale (KN Waagen, Americanópolis, SP).

A line of two meters containing four soybean pots were sprayed at 150 L volume equivalent/ha with a CO₂ backpack sprayer at 2 bar of pressure with a XR110020 nozzle (Fig. 5). The pots were arranged in completely randomized blocks on top of work benches and each pot were covered individually with cages made with iron frames and voile fabric (62 cm high, 35 cm diameter). Under the pots there was a foam (46 cm wide, 0,5 cm thick) to prevent the adults from scaping and on top of this foam there was a black square plastic (51 cm²) to facilitate the counting of dead adults. Thirty minutes after plants spraying each pot was infested with 200 adults of whitefly (Fig. 8). The number of dead adults was evaluated at 1, 2, 3, 4 and 7 days after insecticide sprays (Fig. 9). The experimental design was four blocks (pots) completely randomized.

The two experiments with nymphs tested the same moisture conditions and insecticides described for the adult experiments. Experimental units were represented by three plants at two trifoliate stage grown in plastic pot of five liters filled with 4700 g of dry red oxisol. The plants were infested with adults of whitefly for oviposition for four hours (Fig. 6 and 7). At the end of the 1st nymphal instar, the soil was kept at their respective soil moistures and, after two days, when the nymphs were in the 2nd instar, the plants were sprayed. The insecticide spray methodology was similar to that described for the adult experiments. The experimental design was four blocks (pots) completely randomized. One trifoliate leaf/plot was collected to determine the number of live and dead nymphs under a dissecting stereomicroscope

(Leica) at 40× magnification at 1, 2, 3, 4, 5, 6 and 7 days after spraying. Empty and full puparia was also counted at adult's emergence.

4.2.6 Statistical analysis

The mortality of nymphs and adults curves were adjusted according to non-parametric models and compared using the Wilcoxon-Mann-Whitney test ($P < 0.05$). To estimate the LT_{50} for the chemical insecticides generalized non-linear models were fitted and values compared by the overlap of their 95% confidence intervals (95% CI). The mean of eggs, alive nymphs and empty puparia per leaf counted at 15 and 22 days after the insecticide sprays were compared by Scott-knott (5%).

All statistical analyses were carried out at a 95% confidence interval using the R software (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016).

The interaction between cyantraniliprole and abamectina was calculated according of Gowing (1960), using Colby's formula. Thus, if the observed control value is higher than expected control (E) the combination is synergistic, if the expected control and the observed control are equal to the ratio is an additive combination. When the observed control is lower than what is expected then there is an antagonism between the compounds (MARQUES, 2017).

(E) The expected control for the combination of the two compounds

(C) % of insecticide C control (cyantraniliprole)

(A) % of insecticide A control (abamectin)

$$E = C + \frac{[A (100 - C)]}{100}$$

100

4.3 RESULTS

3.3.1 Effect of different air temperatures on the efficacy of the insecticides for adult control

Mortality of adults by cyantraniliprole + abamectin was significantly higher at 36 ± 0.1 °C when compared to 15, 20, 25 and 30 °C (Table 2, Fig. 1). Mortality of adults cyantraniliprole + abamectin was similar at 17 ± 0.5 , 23 ± 0.4 , 25 ± 0.2 and 31 ± 0.2 °C (Fig. 1, Table 2). In the control treatments, adult mortality was significantly higher at 36 ± 0.1 °C when compared to the other temperatures. A Log-Normal non-linear regression model provided the best fit for cyantraniliprole + abamectin (45+13.5 g a.i./ha) + Ochima[®] at all temperatures.

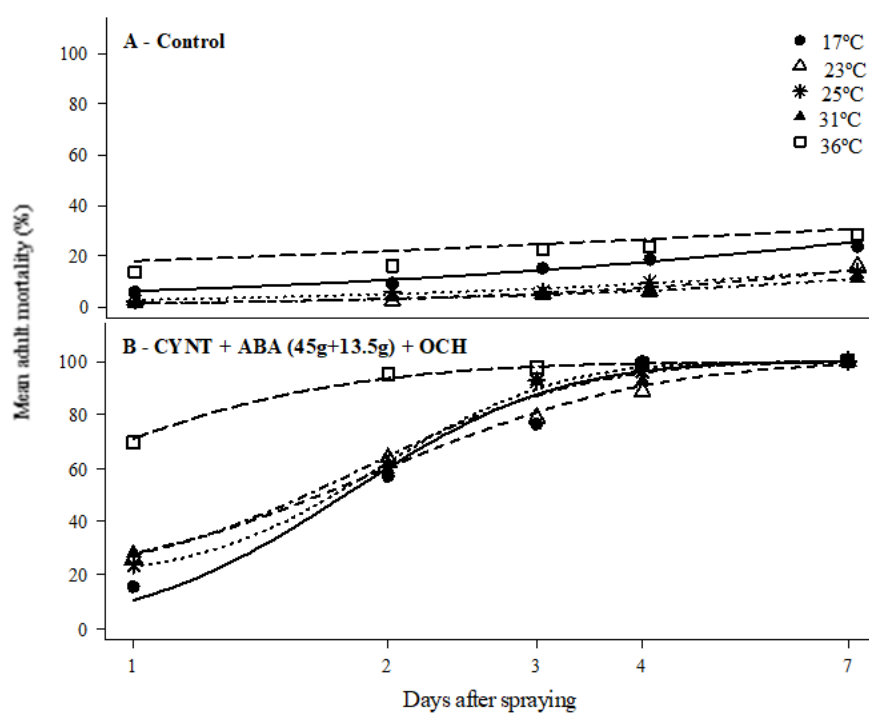


Fig. 1 – Adult mortality (%) at days after spraying of cyantraniliprole + abamectin (45+13.5 g a.i./ha) + Ochima[®] (B) on soybean leaves. Mean adult mortality at control treatment in (A).

Table 2 - P values ($P \leq$ value) of the comparisons of adult mortality curves for *Bemisia tabaci* after treatment of soybean leaves with cyantraniliprole (45+13.5 g a.i./ha) + Ochima® at different temperatures (17±0.5, 23±0.4, 25±0.2, 31±0.2 and 36±0.1 °C). Wilcoxon-Mann-Whitney rank sum test was used for P values calculation. Curves were considered significantly different at $P \leq 0.05$.

Treatments	Temperatures	P -values				
		17 °C	23 °C	25 °C	31 °C	36 °C
Control	17 °C	-	0.898	0.873	0.887	0.028
	23 °C		-	0.888	0.920	0.038
	25 °C			-	0.950	0.028
	31 °C				-	0.022
	36 °C					-
	17 °C	-	0.065	0.095	0.056	0.065
Control	23 °C		-	0.957	0.903	0.029
	25 °C			-	0.956	0.029
	31 °C				-	0.014
	36 °C					-
	17 °C	-	0.898	0.873	0.887	0.028

The median lethal times (LT_{50} 's) to kill 50% of whitefly adults for cyantraniliprole + abamectin (45+13.5) + Ochima® were similar for all temperatures and ranged from 0.7 (36±0.1 °C) to 1.78 (17±0.5 °C) days after spraying (Table 3).

Table 3 – Estimates of median lethal time (LT_{50}) of whitefly adults treated with cyantraniliprole + abamectin (45+13.5) + Ochima® at different temperatures.

Insecticide	Temperature	Model	LT_{50} (d) (CI95%)
Cyantraniliprole + abamectin 45 + 13.5 g a.i./ha + Ochima®	17°C	Log-Normal	1.78 (1.44 - 2.12)
	23°C	non-linear	1.67 (0.94 - 2.39)
	25°C		1.73 (1.38 - 2.07)
	31°C		1.60 (1.08 - 2.13)
	36°C		0.71 (-0.42 - 1.83)

In the second experiment, when adult mortalities were determined at hour intervals, cyantraniliprole (50 g a.i./ha) killed more adults at 35±0.3°C when compared to 10±0.8, 15±0.2, 20±0.1 and 28±0.1 °C. For cyantraniliprole + abamectin (36+10.8 g a.i./ha) + Ochima® (0.25 l /ha), the mortality was higher at 28±0.1 and 35±0.3 °C when compared to 10±0.8, 15±0.2 and 20±0.1 °C. The non-linear Gompertz regression model provided the best fit for cyantraniliprole (50 g a.i./ha) and cyantraniliprole + abamectin (36+10.8 g a.i./ha) + Ochima® (0.25l/ha) (Fig. 2). No differences in adult mortality in the control were observed between 10±0.8, 15±0.2, 20±0.1, 28±0.1 and 35±0.3 °C (Fig. 11, Table 2). The non-linear log-logistic regression model provided the best fit for the control treatment (Fig. 2).

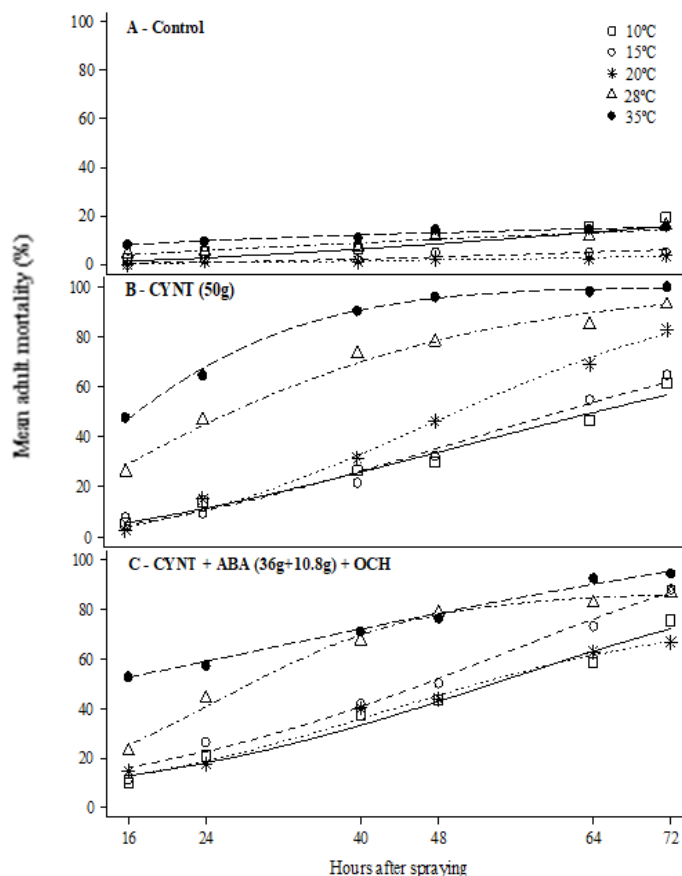


Fig. 2 – Mean adult mortality (%) at hours after spraying of cyantraniliprole 50 g a.i./ha (B) and cyantraniliprole 36+10.8 g a.i./ha + Ochima® (C) on soybean leaves at different temperatures. Mean mortality of adult at control treatment in (A).

Table 4 - *P* values ($P \leq$ value) of the comparisons of adult mortality curves for *Bemisia tabaci* after treatment of soybean leaves with cyantraniliprole (36 + 10.8 g a.i./ha) + Ochima® and cyantraniliprole (50 g a.i./ha) at different temperatures (10±0.8, 15±0.2, 20±0.1, 28±0.1 and 35±0.3 °C). Wilcoxon-Mann-Whitney rank sum test was used for *P* values calculation. Curves were considered significant different at $P \leq 0.05$.

Products	<i>P</i> value					
	Temperatures	10 °C	15 °C	20 °C	28 °C	35 °C
Cyantraniliprole 50 g a.i./ha	10 °C	-	0.969	0.011	0.004	0.004
	15 °C		-	0.011	0.007	0.003
	20 °C			-	0.029	0.013
	28 °C				-	0.031
	35 °C					-
Cyantraniliprole + abamectin 36+10.8 g a.i./ha + Ochima®	10 °C	-	0.179	0.959	0.027	0.011
	15 °C		-	0.222	0.021	0.027
	20 °C			-	0.027	0.015
	28 °C				-	0.218
	35 °C					-
Control	10 °C	-	0.986	0.984	0.964	0.910
	15 °C		-	0.936	0.986	0.929
	20 °C			-	0.929	0.914
	28 °C				-	0.951
	35 °C					-

The LT_{50} for cyantraniliprole (50 g a.i./ha) at 35 ± 0.3 °C was lower when compared with the other temperatures, killing 50% of the adults at 17.2 hours after spraying. At 28 ± 0.1 °C, the LT_{50} was significantly lower compared to 10 ± 0.8 , 15 ± 0.2 and 20 ± 0.1 °C. Similar results were observed for cyantraniliprole + abamectin (36+10.8 g a.i./ha) + Ochima® and the LT_{50} 's ranged from 12.8 (35 ± 0.3 °C) to 53.6 (10 ± 0.8 °C) hours after spraying (Table 5).

Table 5 – Estimates of median lethal time (LT_{50}) of whitefly adults treated with cyantraniliprole (50 g a.i./ha) and cyantraniliprole + abamectin (36 + 10.8) + Ochima® at different temperatures.

Products	Temperatures	LT_{50} (h) (CI95%)
Cyantraniliprole 50 g a.i./ha	10°C	64.7 (51.5 – 77.9)
	15°C	61.0 (52.6 – 69.4)
	20°C	50.3 (46.6 – 53.9)
	28°C	27.0 (23.5 – 30.6)
	35°C	17.2 (14.8 – 19.7)
Cyantraniliprole + abamectin 36 + 10.8 g a.i./ha + Ochima®	10°C	53.6 (45.9 – 61.3)
	15°C	46.6 (40.8 – 52.4)
	20°C	52.1 (34.2 – 69.9)
	28°C	28.5 (24.6 – 32.5)
	35°C	12.8 (6.0 – 19.6)

In the second experiment, the number of eggs and nymphs alive were counted at 15 days after the insecticide sprays. Low number of eggs and nymphs were observed for the two insecticides at all temperatures (Fig. 3). The number of eggs and nymphs per leaf were significantly higher in control treatment when compared to cyantraniliprole 50 g a.i./ha and cyantraniliprole + abamectin 36 + 10.8 g a.i./ha + Ochima® ($P\leq 0.952$ and 0.979 , respectively). In the control, the number of eggs and nymphs increased as the temperature increased. The log-logistic regression models provided the best fit for the control treatment. (Fig. 3).

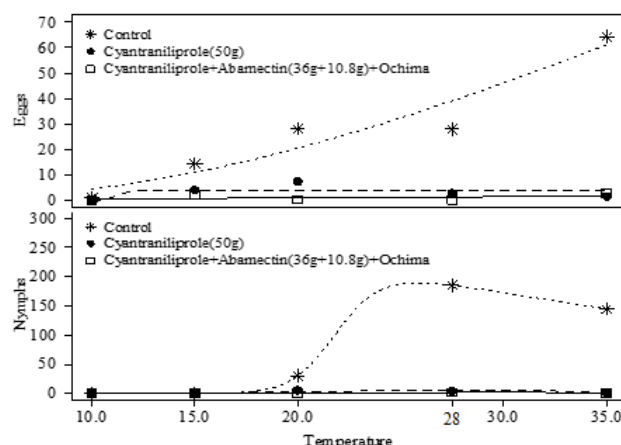


Fig. 3 – Mean of eggs and nymphs of *Bemisia tabaci* 15 days after insecticides spraying on soybean at 10 ± 0.8 , 15 ± 0.2 , 20 ± 0.1 , 28 ± 0.1 and 35 ± 0.3 °C.

4.3.2 Efficacy of different insecticides for adult control at 20 °C

At 20° C the mortality of adults by pyriproxyfen (25 g a.i./ha) was similar to the control (Table 7, Fig. 4). Pyriproxyfen (25 g a.i./ha) and abamectin (10.8 g a.i./ha) killed significantly less adults compared to the other insecticides, although abamectin killed significantly more adults than pyriproxyfen (Table 7, Fig. 4). No differences in adult mortality were observed between cyantraniliprole (50 g.a.i./ha) and cyantraniliprole (30 g.a.i./ha) + Ochima®. Pyriproxyfen + acetamiprid (25+50 g a.i./ha), cyantraniliprole + abamectin (36 + 10.8 g a.i./ha) + Ochima® and cyantraniliprole + abamectin (45 + 13.5 g a.i./ha) + Ochima® killed 100% of adults at 60 h, and no differences were observed between them (Table 7, Fig. 4). A non-linear Log-logistic regression model provided the best fit for all the insecticides tested (Fig. 4).

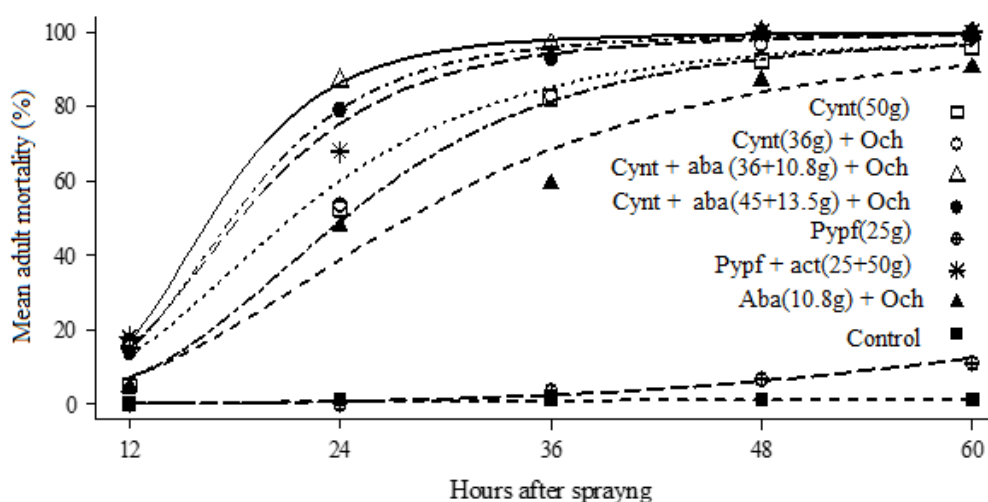


Fig. 4 – Mean adult mortality (%) at hours after spraying of the insecticides cyantraniliprole 50 g a.i./ha (Cynt 50g), cyantraniliprole 36 g a.i./ha + Ochima® (Cynt 36g + Och), cyantraniliprole + abamectina 36 + 10.8 g a.i./ha + Ochima® (Cynt + Aba 36 + 10.8 g a.i./ha + Och), cyantraniliprole + abamectina 45 + 13.5 g a.i./ha + Ochima® (Cynt + Aba 45 + 13.5 g a.i. + Och), pyriproxyfen 25 g a.i./ha (Pypf 25g), pyriproxyfen + acetamiprid 25 + 50 g a.i./ha (Pypf + act 25+50g) and abamectin 10.8 g a.i./ha + Ochima (Aba 10.8g + Och) on soybean leaves at temperature of 20 °C.

Table 7 - *P* values ($P \leq$ value) of the comparisons of adult mortality curves for *Bemisia tabaci* after treatment of soybean leaves with different insecticides at 20°C. Wilcoxon-Mann-Whitney rank sum test was used for *P* values calculation. Curves were considered significant different at $P \leq 0.05$

Treatments (g a.i./ha)	Control	<i>P</i> value						
		Cynt 50	Cynt 30 Ochima	Pypf 25	Pypf + act 25+50	Aba 10,8 + Ochima	Cynt + aba 36+10.8 Ochima	Cynt + aba 45+13.5 Ochima
Control	-	0.0003	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.004
Cynt (50)	-	-	0.857	0.001	0.037	0.393	0.011	0.019
Cynt (30) + Ochima®	-	-	-	-	0.031	0.026	0.017	0.034
Pypf (25)	-	-	-	-	0.002	0.004	0.002	0.001
Pypf + act (25+50)	-	-	-	-	-	0.022	0.809	0.955
Aba(10.8) + Ochima®	-	-	-	-	-	-	0.012	0.020
Cynt + aba (36+10.8) + Ochima®	-	-	-	-	-	-	-	0.812
Cynt + aba (45+13.5) + Ochima®	-	-	-	-	-	-	-	-

The LT₅₀ of cyantraniliprole + abamectin 36+ 10.8 g a.i./ha + Ochima® was lower (16.6 hours) than the others insecticides. The LT_{50's} of all insecticides were different from each other.

Table 8 – Estimative of median lethal time (LT₅₀) of *Bemisia tabaci* adults treated with different insecticides at 20°C.

Treatments	LT ₅₀ (h) (CI95%)
Control	—*
Cyantraniliprole (50 g a.i./ha)	24.2 (24.2 – 24.3)
Cyantraniliprole (30 g a.i./ha) + Ochima®	21.3 (21.2 – 21.4)
Pyriproxyfen (25 g a.i./ha)	—*
Pyriproxyfen + acetamiprid (25+50 g a.i./ha)	18.3 (18.2 – 18.4)
Abamectin (10.8 g a.i./ha) + Ochima®	27.9 (27.8 – 28.0)
Cyantraniliprole + abamectin (36 + 10.8 g a.i./ha) + Ochima®	16.6 (16.5 – 16.7)
Cyantraniliprole + abamectin (45 + 13.5 g a.i./ha) + Ochima®	17.9 (17.8 – 17.9)

* LT50 values below of 50 % of adults mortality

The number of eggs per leaf in the control treatment (76) was significantly higher than the insecticides. For pyriproxyfen the number of eggs (47) was higher than the insecticides cyantraniliprole 50 g a.i./ha, cyantraniliprole 30 g a.i./ha + Ochima, pyriproxyfen + acetamiprid 25 + 50 g a.i./ha and cyantraniliprole + abamectin 36 + 10.8 and 45 + 13.5 g a.i./ha + Ochima that were similar and ranged from 4 to 12 eggs per leaf.

Table 9 – Number of eggs (mean $\pm$ SE) of *Bemisia tabaci* 15 days after insecticides sprays at 20° C.

Insecticides (g a.i./ha)	Eggs
Control	76 $\pm$ 42.8 a
Cyantraniliprole (50)	7 $\pm$ 5.4 c
Cyantraniliprole (30) + Ochima®	6 $\pm$ 2.4 c
Pyriproxifen (25)	47 $\pm$ 22.1 b
Pyriproxifen + acetamiprid (25+50)	3 $\pm$ 2.2 c
Abamectin (10.8) + Ochima®	6 $\pm$ 6.5 c
Cyantraniliprole + abamectin (36 + 10.8) + Ochima®	12 $\pm$ 7.6 c
Cyantraniliprole + abamectin (45 + 13.5) + Ochima®	4 $\pm$ 2.1 c

Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Scott-knott (5%).

The effect of the interaction between the insecticides cyantraniliprole + abamectin (36+10.8) + Ochima was calculated according to the method proposed by Colby (1967) at 24 hours after the spraying (Table 10).

Table 10 – Interaction between cyantraniliprole (36) + Ochima® and abamectin (10.8) + Ochima® based on mortality of *Bemisia tabaci* adults at 20° C.

Insecticides	Mortality observed (%) 24 hours after sprays
Cyantraniliprole (36) + Ochima®	53
Abamectin (10.8) + Ochima®	48
cyantraniliprole + abamectin (36+10.8) + Ochima.	87
Expected control by the interaction	76
Interaction according to Colby (1967)	Synergistic

4.3.3 Effect of soil moisture on the efficacy of the insecticides for adult control

The insecticides pyriproxifen + acetamiprid 25+50 g a.i./ha, abamectin 10.8 g a.i./ha and cyantraniliprole + abamectin 36+10.8 g a.i./ha + assist® killed significantly more adult at 25% of soil field capacity when compared to 50% field capacity. No differences in adult mortality were observed between cyantraniliprole 50 g a.i./ha, pyriproxifen 25 g a.i./ha, cyantraniliprole + abamectin 36 + 10.8 g a.i./ha + Ochima® and cyantraniliprole + abamectin 45 + 13.5 g a.i./ha + Ochima® at 25% and 50% of soil moistures (Fig. 5, Table 10). For cyantraniliprole (50 g a.i./ha) the Weibull nonlinear regression model provided the best fit, while the logistic nonlinear regression model provided the best fit for all the others insecticides (Fig. 5).

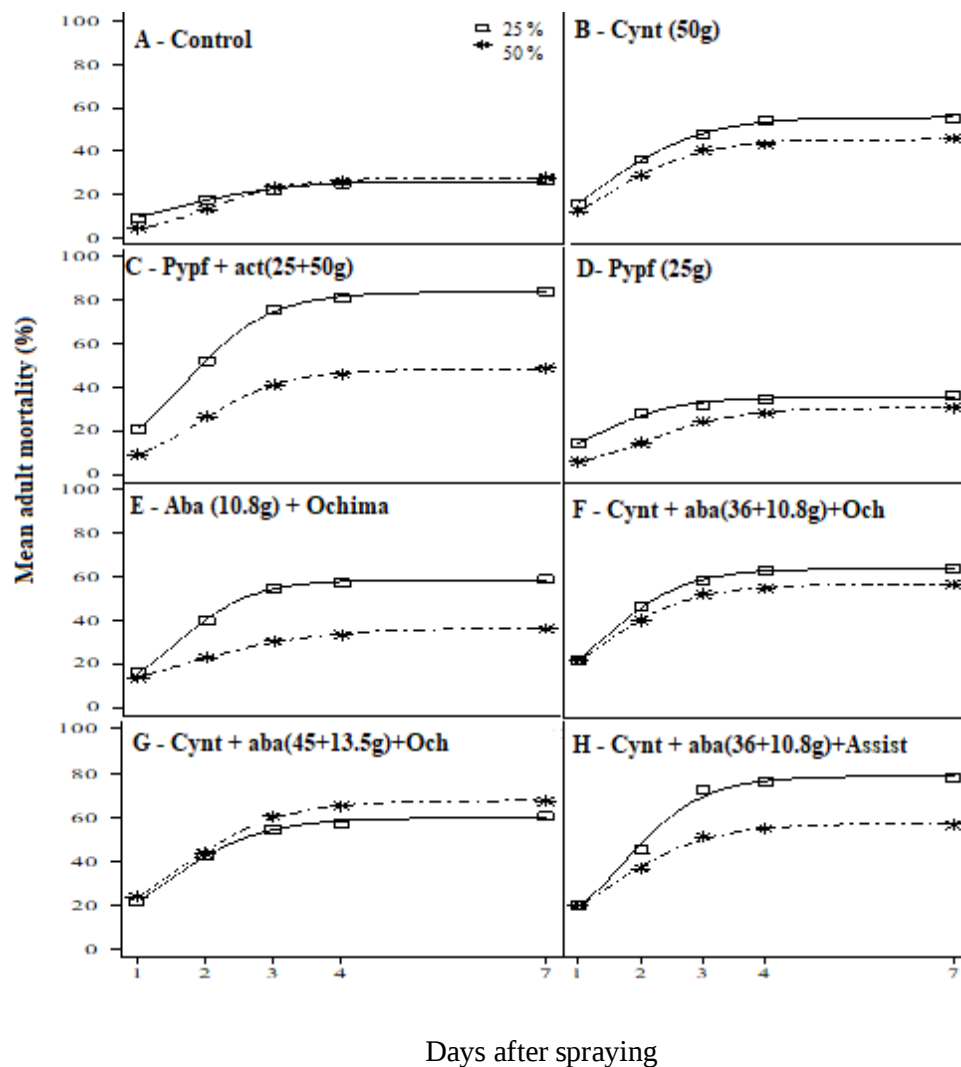


Fig.5: Adult mortality (%) at days after the spraying of the insecticides cyantraniliprole 50 g a.i./ha (B), pyriproxyfen + acetamiprid 25+50 g a.i./ha (C), pyriproxyfen 25 g a.i./ha (D), abamectin 10.8 g a.i./ha + Ochima[®] (E), cyantraniliprole + abamectin 36+10.8 g a.i./ha + Ochima[®] (F), cyantraniliprole + abamectin 45+13.5 g a.i./ha + Ochima[®] (G) and cyantraniliprole + abamectin 36+10.8 g a.i./ha + Assist[®] (H) on soybean leaves at 25 and 50 % of soil field capacity.

Table 11 - P values ($P \leq \text{value}$) of the comparisons of adult mortality curves for *Bemisia tabaci* after treatment with the insecticides at 50 and 25% soil field capacity. Wilcoxon-Mann-Whitney rank sum test was used for P values calculation. Curves were considered significant different at $P \leq 0.05$

Treatment	Model	P -value
Control	Logistic	0.939
Cyantraniliprole 50 g a.i./ha	Weibull	0.889
Piriproxyfen + acetamiprid 25 + 50 g a.i./ha	Logistic	0.014
Piriproxyfen 25 g a.i./ha	Logistic	0.900
Abamectin 10.8 g a.i./ha	Logistic	0.017
Cyantraniliprole + abamectin 36 + 10.8 g a.i./ha + Ochima [®]	Logistic	0.934
Cyantraniliprole + abamectin 45 + 13.5 g a.i./ha + Ochima [®]	Logistic	0.918
Cyantraniliprole + abamectin 36 + 10.8 g a.i./ha + Assist [®]	Logistic	0.016

At 25 and 50% of soil field capacity, no differences for the LT_{50} s for adult mortality were observed for cyantraniliprole + abamectin 36 + 10.8 g a.i./ha + Ochima[®], cyantraniliprole + abamectin 45+13.5 g a.i./ha + Ochima[®] and cyantraniliprole + abamectin 36 + 10.8 g a.i./ha + Assist[®]. The insecticides cyantraniliprole 50 g a.i./ha, pyriproxyfen + acetamiprid and abamectin + Ochima[®] killed more than 50% of adults only at 25% of soil field capacity (Table 12).

Table 12 – Estimates of median lethal time (LT_{50}) for *Bemisia tabaci* adults treated with the insecticides at 50 and 25% soil field capacity.

Insecticides (g a.i./ha)	LT_{50} (d) (CI95%)	
	25% field capacity	50% field capacity
cyantraniliprole (50)	3.3 (2.9 – 3.8)	–*
pyriproxyfen + acetamiprid (25+50)	1.9 (1.8 – 2.1)	–*
pyriproxyfen (25)	–*	–*
abamectin (10.8) + Ochima [®]	2.6 (2.3 – 2.8)	–*
cyantraniliprole + abamectin (36+10.8) + Ochima [®]	2.2 (2.0 – 2.4)	2.7 (2.4 – 3.0)
cyantraniliprole + abamectin (45+13.5) + Ochima [®]	2.5 (2.2 – 2.9)	2.3 (2.0 – 2.6)
cyantraniliprole + abamectin (36+10.8) + Assist [®]	2.1 (1.9 – 2.3)	2.1 (1.9 – 2.3)

* LT_{50} values below of 50 % of adults mortality

The insecticides tested has action on different whitefly stages, as well pyriproxyfen which has no action on adults but control eggs and nymphs. Then, were evaluated dead and alive nymphs to check the effect of the insecticides in adult's emergency.

At 15 days after spraying low nymphal mortality was observed for all treatments. Cyantraniliprole, pyriproxyfen + acetamiprid and cyantraniliprole + abamectin 45+13.5 g a.i./ha + Ochima[®] caused higher nymphal mortality at 50% of soil field capacity and cyantraniliprole + abamectin + Assist[®] killed more adults at 25%. The nymphal mortality was similar for pyriproxyfen, abamectin + Ochima, cyantraniliprole 36 + 10.8 g a.i./ha + Ochima[®] at both moisture conditions.

Table 13 – Mean number ($\pm$ SE) of a live and dead nymphs and nymphal mortality of *Bemisia tabaci* 15 days after insecticides sprays at 25 and 50 % of soil field capacity.

Insecticides (g a.i./ha)	Soil moisture	Alive Nymphs	Dead Nymphs	% Nymphal mortality
Control	25%	286.5 $\pm$ 46.4	4.4 $\pm$ 1.99	1.6 $\pm$ 1.0 c
Control	50%	84 $\pm$ 39.8	0.6 $\pm$ 0.7	0.8 $\pm$ 1.1 c
Cyantraniliprole (50 g a.i./ha)	25%	28.3 $\pm$ 30.0	1.4 $\pm$ 0.2	10.1 $\pm$ 18.7 b
	50%	51.3 $\pm$ 83.0	4.5 $\pm$ 8.5	13.4 $\pm$ 22.7 a
Pyriproxyfen + acetamiprid (25+50 g a.i./ha)	25%	9 $\pm$ 10.2	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0 c
	50%	2.3 $\pm$ 3.1	0.3 $\pm$ 0.5	14.6 $\pm$ 35.0 a
Pyriproxyfen (25 g a.i./ha)	25%	26.1 $\pm$ 25.3	1.4 $\pm$ 2.0	3.1 $\pm$ 4.3 b
	50%	6.6 $\pm$ 8.2	0.4 $\pm$ 0.7	2.5 $\pm$ 5.4 b
Abamectin (10.8 g a.i./ha) + Ochima [®]	25%	149.5 $\pm$ 42.2	2.5 $\pm$ 3.6	1.5 $\pm$ 1.7 c
	50%	38.8 $\pm$ 39.8	0.5 $\pm$ 0.5	2.0 $\pm$ 2.8 c
Cyantraniliprole + abamectin (36 + 10.8 g a.i./ha) + Ochima [®]	25%	4.5 $\pm$ 3.8	0.3 $\pm$ 1.0	8.3 $\pm$ 17.3 b
	50%	4.4 $\pm$ 4.6	0.6 $\pm$ 1.1	9.1 $\pm$ 17.3 b
Cyantraniliprole + abamectin (45 + 13.5 g a.i./ha) + Ochima [®]	25%	6.3 $\pm$ 11.9	0.2 $\pm$ 0.3	5.6 $\pm$ 11.5 b
	50%	5.1 $\pm$ 5.3	7.4 $\pm$ 17.5	17.1 $\pm$ 32.1 a
Cyantraniliprole + abamectin (36 + 10.8 g a.i./ha) + Assist [®]	25%	86.3 $\pm$ 90.1	10.3 $\pm$ 13.9	17.8 $\pm$ 27.2 a
	50%	22.0 $\pm$ 30.0	1.9 $\pm$ 3.8	9.0 $\pm$ 16.0 b

Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Scott-knott (5%).

In the second experiment, for the control treatment there were no differences in adult mortalities among 25, 38 and 50% of soil field capacity and the higher mortality occurred at 13 and 19%. Because there was high mortality in the control at this soil moistures, was not possible to evaluate the insecticides effect in this soil moistures.

Cyantraniliprole (50 g a.i./ha) caused higher adult mortality at 25% than 38 and 50% of soil field capacity. For cyantraniliprole + abamectin 45 + 13.5 g a.i./ha + Ochima[®] no differences were observed at 25, 38 and 50% (Fig 6, Table 14). The logistic nonlinear regression model provided the best fit for the control, nonlinear Weibull for cyantraniliprole (50 g a.i./ha), and the Gompertz nonlinear regression for cyantraniliprole + abamectin 45 + 13.5 g a.i./ha + Ochima[®] (Fig. 6).

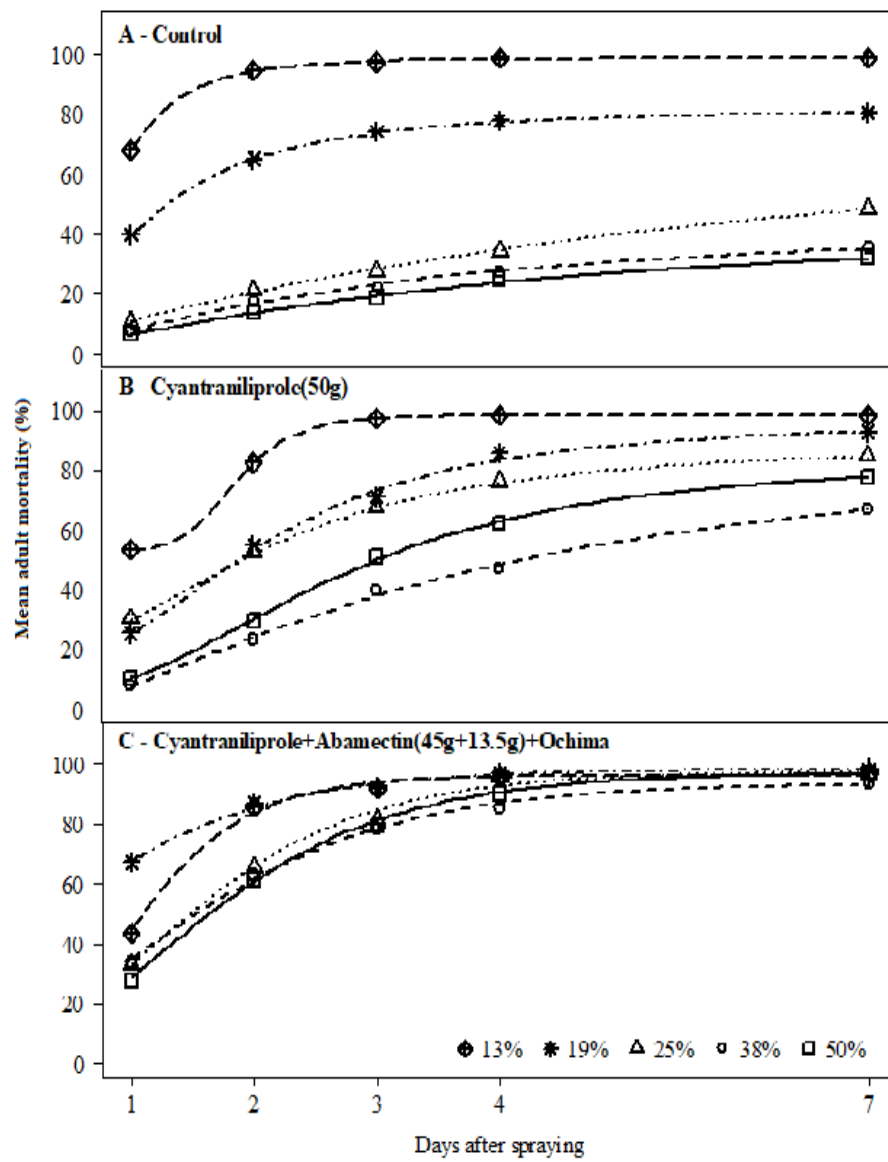


Fig. 6: Adult mortality (%) at days after spraying of the insecticides on soybean leaves at 13, 19, 25, 38 and 50 % of soil field capacity.

Table 14 - *P values* ($P \leq \text{value}$) of the comparisons of adult mortality curves for *Bemisia tabaci* after treatment with the insecticides at different soil moistures (13, 19, 25, 38 and 50% of soil field capacity). Wilcoxon-Mann-Whitney rank sum test was used for *P values* calculation. Curves were considered significant different at $P \leq 0.05$

Products	Soil moisture	<i>P value</i>				
		13%	19%	25%	38%	50%
Cyantraniliprole 50 g a.i./ha	13%	-	0.001	0.0003	7.949e-06	5.08e-05
	19%		-	0.138	0.0004	0.007
	25%			-	0.001	0.004
	38%				-	0.086
	50%					
Cyantraniliprole + abamectin 45 + 13.5 g a.i./ha + Ochima [®]	13%	-	0.199	0.026	0.002	0.004
	19%		-	0.009	0.001	0.009
	25%			-	0.182	0.540
	38%				-	0.394
	50%					-
Control	13%	-	0.001	0.001	0.001	0.001
	19%		-	0.004	0.001	0.001
	25%			-	0.259	0.128
	38%				-	0.456
	50%					-

For cyantraniliprole the LT_{50}' values of cyantraniliprole at 19 and 25% were similar and higher than the other soil moistures. However, at 38% the LT_{50}' values was higher than 50% of soil field capacity and ranged from 4.1 to 3.0 days after spraying.

The LT_{50}' values of cyantraniliprole + abamectin at 13% was higher than 25, 38 and 50 % that were similar each other and ranged from 1.5 to 1.6 days after spraying (Table 14).

Table 15 – LT_{50} of the comparisons of adult mortality curves for *Bemisia tabaci* after treatment with cyantraniliprole (50 g a.i./ha), cyantraniliprole + abamectin 45 + 13.5 g a.i./ha + Ochima[®] at different soil field capacity.

Insecticides	Field Capacity	LT_{50} (d) (CI95%)
Cyantraniliprole 50 g a.i./ha	13%	-*
	19%	1.9 (1.6 – 2.2)
	25%	1.9 (1.4 – 2.4)
	38%	4.1 (3.7 – 4.6)
	50%	3.0 (2.7 – 3.3)
Cyantraniliprole + abamectin 46 + 13.5 g a.i./ha + Ochima [®]	13%	1.1 (1.0 – 1.2)
	19%	-*
	25%	1.5 (1.4 – 1.6)
	38%	1.5 (1.4 – 1.6)
	50%	1.6 (1.5 – 1.7)

*Higher values than 50% in the first evaluation

4.3.4 Effect of soil moisture on the efficacy of the insecticides on nymphal mortality

There were no differences in nymphal mortalities between cyantraniliprole 50 g a.i./ha, pyriproxyfen + acetamiprid 25 + 50 g a.i./ha, pyriproxyfen 25 g a.i./ha and abamectin 10.8 g a.i./ha + Ochima® at 25 and 50% of soil field capacity. The treatments with cyantraniliprole + abamectin 36 + 10.8 g a.i./ha + Ochima®, cyantraniliprole + abamectin 45 + 13.5 g a.i./ha + Ochima® and cyantraniliprole + abamectin 36 + 10.8 g a.i./ha + Assist® killed more nymphs at 25% of soil field capacity (Fig. 7, Table 16).

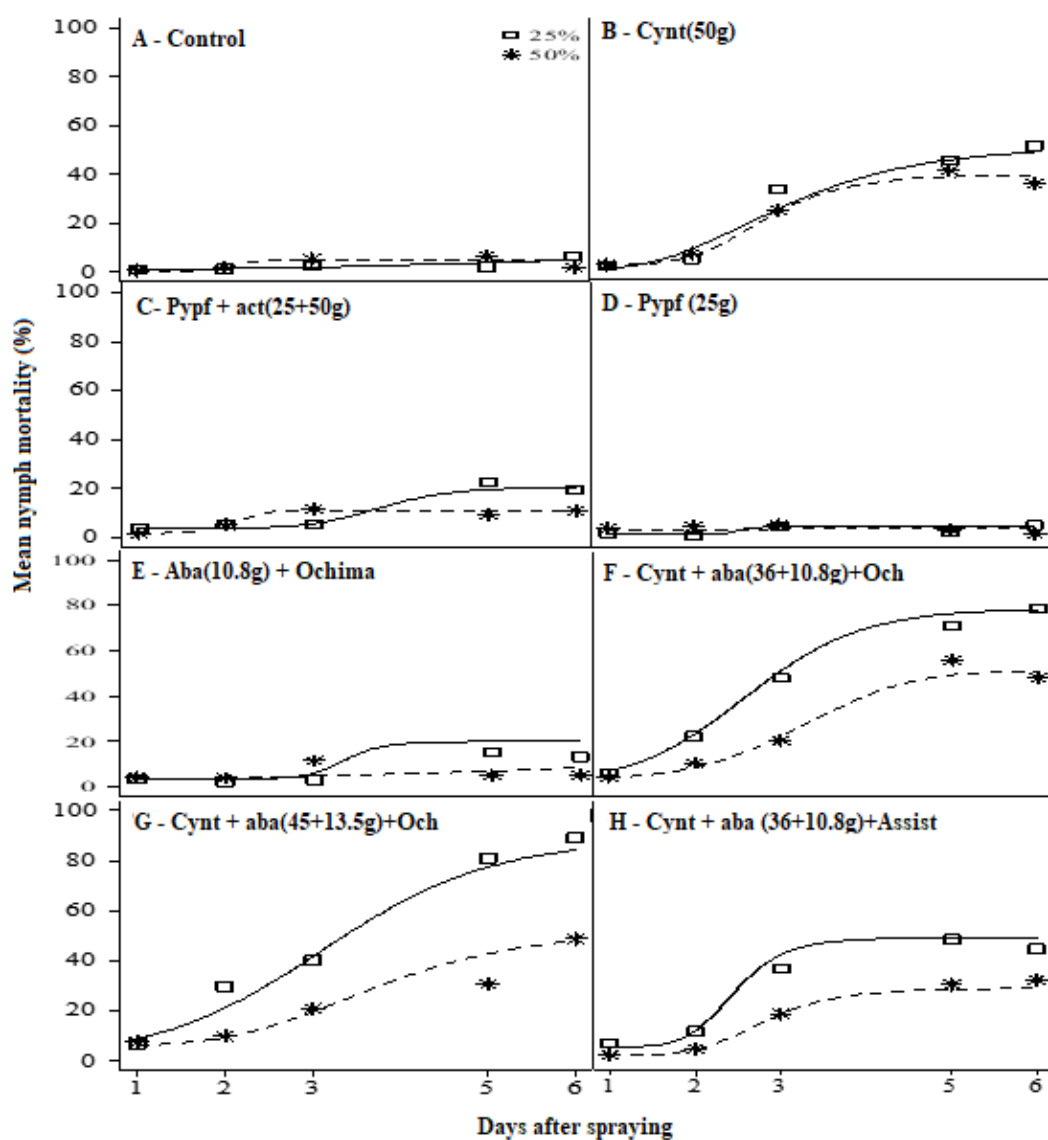


Fig. 7: Nymphal mortality (%) at days after spraying of the insecticides cyantraniliprole 50 g a.i./ha (B), pyriproxyfen + acetamiprid 25+50 g a.i./ha (C), pyriproxyfen 25 g a.i./ha (D), abamectin 10.8 g a.i./ha + Ochima® (E), cyantraniliprole + abamectin 36+10.8 g a.i./ha + Ochima® (F), cyantraniliprole + abamectin 45+13.5 g a.i./ha + Ochima® (G) and cyantraniliprole + abamectin 36+10.8 g a.i./ha + Assist® (H) on soybean leaves at 25 and 50 % of soil field capacity.

Table 16 - *P* values ($P \leq \text{value}$) of the comparisons of nymphal mortality curves for *Bemisia tabaci* after treatment with the insecticides at different soil moistures. Wilcoxon-Mann-Whitney rank sum test was used for *P* values calculation. Curves were considered significant different at $P \leq 0.05$

Treatment	<i>P</i> -value
Control	0.950
Cyantraniliprole 50 g a.i./ha	0.811
Pyriproxyfen + acetamiprid 25+50 g a.i./ha	0.816
Pyriproxyfen 25 g a.i./ha	0.979
Abamectin 10.8 g a.i./ha + Ochima®	0.841
Cyantraniliprole + abamectin 36 + 10.8 g a.i./ha + Ochima®	0.033
Cyantraniliprole + abamectin 45 + 13.5 g a.i./ha + Ochima®	0.001
Cyantraniliprole + abamectin 36 + 10.8 g a.i./ha + Assist®	0.031

Cyantraniliprole + abamectin + Ochima® caused faster nymphal mortality at 25% of soil field capacity than at 50%. The LT_{50} 's values for cyantraniliprole + abamectin 36 + 10.8 g a.i./ha + Ochima® ranged from 2.9 (25%) to 5.1 (50%) days after spraying and cyantraniliprole + abamectin 45 + 13.5 g a.i./ha + Ochima® ranged from 3.3 (25%) to 6.6 (50%) days after spraying (Table 17). The insecticides pyriproxyfen, pyriproxyfen + acetamiprid, abamectin and cyantraniliprole + abamectin + Assist® killed less than 50% of nymphs and the LT_{50} 's was not estimated. Cyantraniliprole killed >50% of nymphs only at 25% of soil field and it was possible to estimate the LT_{50} .

Table 17 – LT_{50} of the comparisons of nymph mortality curves for *Bemisia tabaci* after treatment with cyantraniliprole (50 g a.i./ha), cyantraniliprole + abamectin 45 + 13.5 g a.i./ha + Ochima® at different soil field capacity.

Insecticides (g a.i./ha)	LT_{50} (d) (CI95%)	
	25% field capacity	50% field capacity
cyantraniliprole (50)	6.9 (6.1 – 7.6)	–*
pyriproxyfen + acetamiprid (25+50)	–*	–*
pyriproxyfen (25)	–*	–*
abamectin (10.8) + Ochima®	–*	–*
cyantraniliprole + abamectin (36+10.8) + Ochima®	2.9 (2.8 – 3.1)	5.1 (4.8 – 5.5)
cyantraniliprole + abamectin (45+13.5) + Ochima®	3.3 (3.1 – 3.6)	6.6 (5.4 – 7.7)
cyantraniliprole + abamectin (36+10.8) + Assist®	–*	–*

*Higher values than 50% in the first evaluation

The insecticides tested has different modes of action on whitefly stages and showed different LT_{50} for nymphs. Then, were evaluated dead and alive nymphs to check the effect of the insecticides in adult's emergency.

At 22 days after spraying, higher nymphal mortalities were observed for cyantraniliprole, pyriproxyfen + acetamiprid, pyriproxyfen, cyantraniliprole + abamectin (36 + 10.8 g a.i./ha) + Ochima® and cyantraniliprole + abamectin (36 + 10.8 g a.i./ha) + Assist® at

25% of soil field capacity. Cyantraniliprole + abamectin (45 + 13.5 g a.i./ha) + Ochima® killed more nymphs at 50%. There was no difference in nymphal mortality between the control treatment and abamectin + Ochima®.

Table 18 – Mean number ($\pm$ SE) of a live and dead nymphs and nymphal mortality of *Bemisia tabaci* 22 days after insecticides sprays at 25 and 50 % of soil field capacity.

Insecticides (g a.i./ha)	Soil moisture	Alive Nymphs	Dead Nymphs	% Nymphal mortality
Control	25%	68 $\pm$ 20.2 a	4.3 $\pm$ 0.9 a	7.4 $\pm$ 1.8 a
	50%	68.5 $\pm$ 2.1 a	9.3 $\pm$ 2.0 a	11.3 $\pm$ 3.2 a
Cyantraniliprole (50 g a.i./ha)	25%	18.3 $\pm$ 7.2 b	30.0 $\pm$ 14.3 b	50.7 $\pm$ 13.3 b
	50%	52.75 $\pm$ 7.65 a	36.3 $\pm$ 11.8 a	36.72 $\pm$ 5.5 a
Pyriproxifen + acetamiprid (25+50 g a.i./ha)	25%	8.8 $\pm$ 2.5 c	73.0 $\pm$ 5.5 c	89.8 $\pm$ 2.6 c
	50%	11.0 $\pm$ 2.4 c	79.0 $\pm$ 8.8 c	86.2 $\pm$ 3.9 b
Pyriproxifen (25 g a.i./ha)	25%	10.5 $\pm$ 4.5 c	55.8 $\pm$ 6.4 c	84.4 $\pm$ 6.1 b
	50%	32.0 $\pm$ 17.8 b	14.3 $\pm$ 5.8 b	49.3 $\pm$ 14.1 a
Abamectin (10.8 g a.i./ha) + Ochima®	25%	36.3 $\pm$ 7.3 b	24.8 $\pm$ 3.9 a	43.0 $\pm$ 6.6 a
	50%	46.8 $\pm$ 5.4 a	13.5 $\pm$ 1.2 a	23.2 $\pm$ 2.6 a
Cyantraniliprole + abamectin (36 + 10.8 g a.i./ha) + Ochima®	25%	7.25 $\pm$ 3.0 c	48.3 $\pm$ 15.5 c	87.4 $\pm$ 6.5 c
	50%	14.5 $\pm$ 6.4 b	12.5 $\pm$ 3.7 b	46.8 $\pm$ 11.9 b
Cyantraniliprole + abamectin (45 + 13.5 g a.i./ha) + Ochima®	25%	9.3 $\pm$ 3.6 c	23.0 $\pm$ 05.7 c	65.2 $\pm$ 14.6 c
	50%	11.8 $\pm$ 2.8 c	57.8 $\pm$ 24.0 b	70.3 $\pm$ 10.6 b
Cyantraniliprole + abamectin (36 + 10.8 g a.i./ha) + Assist®	25%	20.3 $\pm$ 7.6 b	22.0 $\pm$ 5.3 b	61.8 $\pm$ 8.9 a
	50%	14.8 $\pm$ 3.3 b	21.3 $\pm$ 6.9 b	51.1 $\pm$ 10.1 b

Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Scott-knott (5%).

For the control treatment no difference of nymphal mortality was observed at 38 and 50% of soil field capacity (Fig 8, Table 19). Since at 13, 19 and 25% of soil field capacity the plants dried-up after three days of insecticides sprays, it was not possible to determine the effect of insecticides on nymphal mortality

For cyantraniliprole + abamectin (45 + 13.5 g a.i./ha) + Ochima® nymphal mortality at 38% was higher than at 50%.

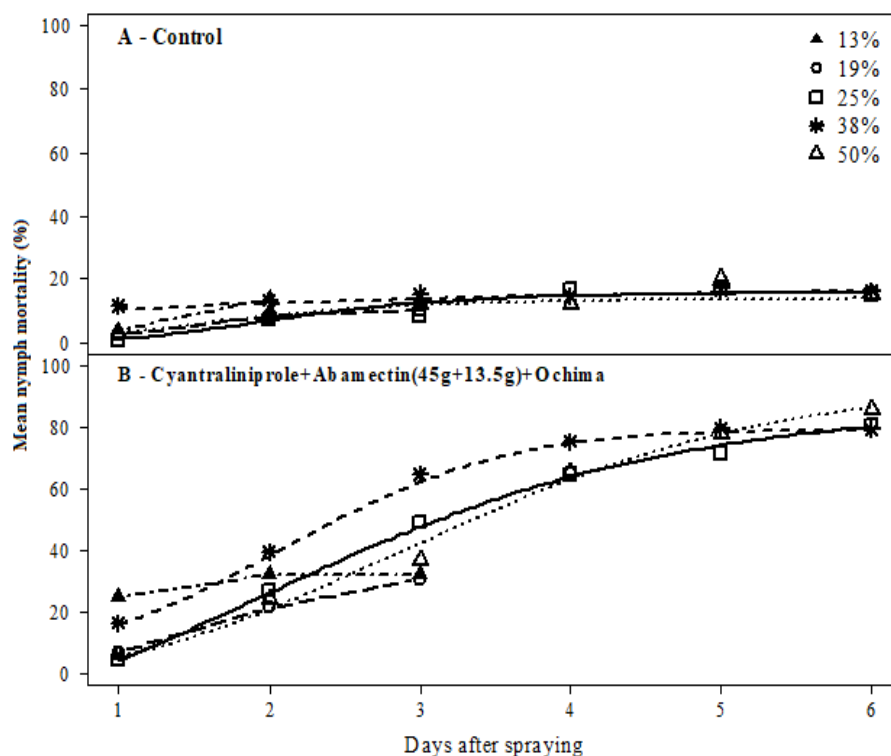


Fig. 8: Nymphal mortality (%) at days after spraying of the insecticides on soybean leaves at 13, 19, 25, 38 and 50 % of soil field capacity.

Table 19 - *P values* ($P \leq \text{value}$) of the comparisons of adult mortality curves for *Bemisia tabaci* after treatment with the insecticides at different soil moistures (13, 19, 25, 38 and 50% of soil field capacity). Wilcoxon-Mann-Whitney rank sum test was used for *P values* calculation. Curves were considered significant different at $P \leq 0.1$

Treatments	<i>P value</i>		
	Soil feild capacity(%)	38%	50%
Cyantraniliprole + abamectin 45 + 13.5 ga.i./ha + Ochima®	13	-	-
	19	-	-
	25	0.9241	0.932
	38	-	0.034
	50	-	-
Control	13	-	-
	19	-	-
	25	0.857	0.854
	38	-	0.934
	50	-	-

For cyantraniliprole + abamectin the LT_{50} 's values were similar at 25, 38 and 50 % of soil field capacity (Table 20).

Table 20 – LT₅₀ of the comparisons of adult mortality curves for *Bemisia tabaci* after treatment with cyantraniliprole + abamectin 45+13.5 g a.i./ha + Ochima® at different soil moistures (13, 19, 25, 38 and 50% of soil field capacity).

Products	Soil field capacity (%)	LT50 (d) (CI95%)
Cyantraniliprole + abamectin 46+13.5 g a.i./ha + Ochima®	13	-*
	19	-*
	25	3.1 (2.9 – 3.3)
	38	2.4 (1.1 – 3.7)
	50	3.3 (3.0 – 3.7)

*Higher values than 50% in the first evaluation

4.4 DISCUSSION

The growers are facing the challenge of whitefly management on soybean and other crops due to long periods of drought and high temperatures, favoring *B. tabaci* populational growth. The air temperature and water supply are important factors that influence the pesticide uptake by plants, and the absorption of water-soluble molecules into the plant is helped for the transpiration plant process (SHARMA et al., 2017). Therefore, in this study, it was possible to understand the impacts of soil moisture restrictions and air temperatures in foliar insecticides for whitefly control.

The air temperature is the major environmental variable that causes metabolic rates reduction of whiteflies and influences their development, survival and reproduction (GILIOLI et al. 2014). The favorable temperature for insect's survival is between 15 to 38°C, then in these temperatures the insect could be favored by easy heat exchange with the environment. The benefits of this for insects are, more efficient metabolic, respiratory and circulatory activity and improved feeding (RODRIGUES, 2004). For whitefly the favorable thermal limit for good development and survival is between 30 and 35 °C (ALBERGARIA & CIVIDANES, 2002). However, Cui et al (2008), reported that *Bemisia tabaci* survival and reproduction declined slowly at temperatures above 41°C and there were no differences from 26 to 39°C.

Khan & Akram (2014) reported that temperatures 20, 27 and 34°C affect the insecticides toxicity on insects. The increase in temperature favored the mortality of *Musca domestica* by profenofos, chlorpyrifos, fipronil and emamectin benzoate and decreased the effects of spinosad, cypermethrin and deltamethrin. Etheridge et. al (2018) observed in

sugarcane aphids' mortality by insecticides in two different temperatures. The aphid's mortality by flupyradifurone and sulfoxaflor were higher at 29.4°C than 15.5°C. They concluded that temperature can influence the insecticides performance in aphids' control. Our experiment showed similar tendencies in whitefly control, the highest mortality of cyantraniliprole + abamectin + Ochima® and cyantraniliprole 50 g a.i./ha were at high temperatures. These insecticides caused high mortality because they had systemic (cyantraniliprole) and translaminar (cyantraniliprole and abamectin) movement in the plants and can kill the insects by oral and contact action (CABALLERO et al. 2015; HOROWITZ et al. 1997; MELO, 2017; WANG et al. 2019). Due to these characteristics the insecticides may be absorbed and translocated efficiently, protecting all sprayed plant parts providing good whitefly control at different temperatures. It is possible to say that the increase in air temperature can enhance the cyantraniliprole + abamectin and cyantraniliprole effects, and these products may be not negatively impacted in regions where high air temperatures are observed.

The insecticides cyantraniliprole, abamectin, cyantraniliprole + abamectin and pyriproxyfen + acetamiprid showed potential to cause high whitefly mortality killing all adults 60 hours after spraying at 20°C. We could not determine the effect of pyriproxyfen on adults since this insecticide has efficiency for nymphs and eggs of whitefly. Since it is a juvenile hormonal mimic, this translaminar insecticide acts spoiling the hormonal balance resulting in suppression of embryogenesis, metamorphosis and adult formation. For the mixture with acetamiprid the product showed good result because this molecule has effect in adults (ALENCAR & BLEICHER, 2004; BABAR et al., 2014; IRAC, 2016; PPBC, 2020; VIEIRA, 2009). The fastest effect and highest mortality occurred through the action of cyantraniliprole + abamectin + Ochima® killing 50% of adults in 16.6 hours after spraying. In the agriculture there is resistant pest population evolution, *Bemisia tabaci* developed resistance to 40 molecules of insecticides (BASIT, 2019). To support this issue, the use of chemical control by effective molecules of distinct mode of action in rotation system of use is an important strategy. (EPPO, 2012).

Among the benefits of pest control with ready mixture formulations, there is the opportunity of pesticide use with synergistic action between the molecules (EPPO, 2012). This effect had been demonstrated in the agriculture, as the combination of pyrethroid and organophosphates (CORBEL et al., 2006). For Sumerford (1954), to define a synergist activity, the effect of the mixture must be higher than the effect of the molecules alone and the result must be proved by controlled tests. Our study characterized a synergistic activity of

cyantraniliprole plus abamectin (60 + 18 g a.i./L) to whitefly control through Colby (1967) formula. Thus, this formulated product showed higher control than the molecules tested singly. For whitefly management, it is essential to use products that controls adults and nymphs and use of sequential sprays respecting the control index to break the insect's reproduction cycle. These molecules are complementary providing two different modes of action to whitefly control. Cyantraniliprole is a ryanodine receptor modulator and acts regulating the release of Ca^{+} intracellular. The abamectin is an allosteric channel modulator closed glutamate chlorides, the insecticide acts on nerves and muscles of the insects respectively (CABALLERO et al., 2015; IRAC, 2016; PPDB, 2020). The synergic effect of molecules favors the fast and efficient control of *Bemisia tabaci* and support the resistance management of this pest.

Since drought stress is a common and important abiotic stress for soybean plants and can impact the pesticides efficacy. Then Balardin et al. (2011), tested in a greenhouse different product for seed treatment in soybean with and without water stress. It was concluded that the thiamethoxam + piraclostrobin in seed treatment increase the plant tolerance against drought.

Puurtinen & Markitainen (1997), studied the soil moisture effect on pesticides applied on soil. They observed that the soil moisture affected the efficacy of some pesticides. In their study there was no difference of *Enchytraeus* sp. mortality by dimethoate at dry and moist soil, however benomyl toxicity decreased in moist soil conditions.

The water stress on plants may affect differently the efficacy of the pesticide applied by seed treatment or soil applications than foliar sprays. In this first application mode, the pesticide uses the soil water to penetrate the roots and in the foliar spray the insecticide uses the solution spraying water to penetrate the leaves by diffusion.

Torres & Silva-Torres (2008), reported there were no differences in foliar spraying of pimetrozine and thiamethoxam at 69, 85 and 100% of soil field capacity against whitefly adults and nymphs. In our experiments, the insecticides were tested at lower soil moisture conditions (25, 38 and 50 % of soil filed capacity). Then, we observed higher adult mortality in higher hydric restriction for the insecticides pyriproxyfen + acetamiprid 25+50 g a.i./ha, abamectin 10.8 g a.i./ha + Ochima® and cyantraniliprole + abamectin 36+10.8 g a.i./ha + Assist® in the first experiment and only for cyantraniliprole 50 g a.i./ha in the second experiment. For nymphs there was no difference for most insecticides tested. Cyantraniliprole

+ abamectin was efficient at different soil moisture conditions and at drought stress condition this insecticide action was potentialized by water restriction.

Acetamiprid and cyantraniliprole have systemic and translaminar activity, pyriproxyfen and abamectin has translaminar activity. These molecule characteristics, the oil formulations of abamectin (EC), pyriproxyfen + acetamiprid (EC), cyantraniliprole (OD) and the adjuvant used with cyantraniliprole + abamectin (Assist® and Ochima®) provided good covering and penetration of these molecules in the plants and nymphs contacts with them (PPDB, 2020; TEICHER, 2020;). Then, some treatments where plants are in hydric restriction can enhance the adults and nymphal mortality by the insecticides. In situations of higher water restriction, the plant leaf usually have lower turgor pressure and water concentration into the cells (CAVALCANTE; CAVALLINI; LIMA, 2009). After spraying, the plant has a higher concentration of product in the leaves and the insect has easier access to high levels of certain insecticides.

Temperature above 32 °C, high wind speed and low air humidity are unfavorable climatic conditions for spraying pesticides. Due to the high demand for crop protection present in agricultural units, farmers are often unable to spray all their areas in good climatic conditions. In this case, large losses of pesticides can occur due to evaporation and drift causing failure of the target's control. It is possible to say through the data obtained in this study, that high air temperatures and periods of water restrictions for plants will have no negative effect on the efficacy of insecticides for whitefly control. But temperatures below 25 °C may diminish the efficacy of the insecticides or enhance the time to kill *B. tabaci*.

Some insecticides can be favored by the water restriction for whitefly control if sprayed at favorable condition of ambient temperature, relative humidity and wind that use to occurs at the first and last hours of the day. In such situations pyriproxyfen + acetamiprid and cyantraniliprole + abamectin had good efficacy for *Bemisia tabaci* control. The latter can result in faster nymphal control. Insecticides with high efficacy and fast action in adults and nymphs can be used as important components in the integrated management of whitefly under normal conditions and in situations of abiotic stresses of water restriction and high air temperatures.

4.5 REFERENCES

- AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acessado em: 20/10/2020.
- AHARONSON, N.; MAGAL, Z.; MUSZKAT, L.; NEUBAUER, I.; TEPPERMAN, D.; GOREN, E.; TADMOR, U. Application of aldicarb in a drip-irrigated cotton field for the control of the tobacco whitefly (*Bemisia tabaci*). **Phytoparasitica**, v. 14, p. 87-91, 1986.
- ALBERGARIA, N. M. M. S. & CIVIDANES, F. J. Thermal requirements of *Bemisia tabaci* (Genn.) Biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) – **Neotropical Entomology**, 31(3), 2002.
- BABAR, T.K.; KARAR, H.; SALEEM, M.; ALI, A.; AHMAD, S.; HAMEED, A. Comparative efficacy of various insecticides against whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) adult (HOMOPTERA: ALEYRODIDAE) on transgenic cotton variety Bt-886. *Pakistan Entomologist*, 35(2): p. 99-104, 2013.
- BACCI, L.; PEREIRA, E. J. G.; CRESPO, A. L. B.; PICANÇO, M. C.; COUTINHO, D. C.; SENA, M. E. Eficiência e seletividade de inseticidas para o manejo de mosca-branca e inimigos naturais em melancia. *Revista Ceres*, 54(311): p. 047-054, 2007.
- BALARDIN, R. S.; DA SILVA, F. D. L.; DEBONA, D.; CORTE, G. D.; FAVERA, D. D.; TORMEN, N. R. Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico de plantas em soja. *Ciência Rural*, Santa Maria. v. 41, n.7, p. 1120-1126, 2011.
- BASIT, M. Status of insecticide resistance in *Bemisia tabaci*: resistance, cross-resistance, stability of resistance, genetics and fitness costs. **Phytoparasitica**, v.47, p. 207-225, 2019.
- BURLE, M.L. & RODRIGUES, G.C. Relações hídricas internas da soja sob déficit hídrico em condições de campo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, 25(6): p. 905-913, 1990.
- BYRNE, D N., BELLOWS JUNIOR, T.S. Whitefly biology. **Annual Review Entomology**, 36: p. 431-457, 1991.
- CABALLERO, R.; SCHUSTER, D. J.; PERES, N. A.; MANGANDI, J.; HASING, T.; TREXLER, F.; KALB, S.; PORTILLO, H. E.; MARÇON, P. C.; ANNAN, I. B. Effectiveness of cyantraniliprole for managing *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) and interfering with transmission of tomato yellow leaf curl virus on tomato. *Arthropods in relation to plant disease. Journal Economic Entomology*, 108(3): p. 894–903, 2015.
- COLBY, S.R. Calculating synergistic and antagonistic responses of herbicide combination. **Weed Science Society of America**, v. 15. n. 1, 1967
- CORBEL, V.; STANKIEWICZ, M.; BONNET, J.; GROLLEAU, F.; HOUGARD, J. M. LAPIED, B. Synergism between insecticides permethrin and propoxur occurs through activation of presynaptic muscarinic negative feedback of acetylcholine release in the insect central nervous system. *Neurotoxicology*, v. 27, p. 508-519, 2006.
- COSTA-LIMA, T.C. et al. Guia sobre mosca-branca em meloeiro: Monitoramento e táticas de controle. **Circular técnica 112**. Embrapa. Petrolina. 2016.

CUI, X.; WAN, F.; XIE, M.; LIU, T. Effects of heat shock on survival and reproduction of two whitefly species, *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* biotype B. *Journal of Insect Science*. v. 8, Article 24, 2008.

CURNUTTE, L. B.; SIMMONS, A. M.; ABD-RABOU, S. Climate change and *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae): Impacts of temperature and carbon dioxide on life history. *Entomological Society of America*. v. 107, n.5, 2014.

EMBRAPA. **Soja em números (Safrá 18/19)**. Embrapa Soja. Londrina. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acessado em 29/05/2020

EPPO. Insecticide co-formulated mixture. Efficacy evaluation of plant protection products EPPO Bulletin, v. 42, p. 353-357, 2012

ETHERIDGE, B.; GORE, J.; CATCHOT, A. L.; COOK, D. R.; MUSSER, F. R.; LARSON, E. J. Influence of temperature on the efficacy of foliar insecticide sprays against sugarcane aphid (Homoptera: Aphididae) populations in grain sorghum. *Field and Forage Crops. Journal of Economic Entomology*, v. 112, p. 196-200, 2018.

FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Ecofisiologia da soja. Circular técnica 48. Embrapa soja – Londrina, 2007.

GILIOLI, G.; PASQUALI, S.; PARISI, S.; WINTER, S. Modelling the potential distribution of *Bemisia tabaci* in Europe in light of the climate change scenario. *Pest Management Science*. n. 70, p. 1611 – 1623, 2014.

GREATHEAD, A.H. Host plants. In: COCK, M.J.W., ed. *Bemisia tabaci*: a literature survey on the cotton whitefly with and annotated bibliography. Ascot, FAO/CAB, 1986. p. 17-25

HOROWITZ, A. R.; MENDELSON, Z.; ISHAAYA, I. Effect of abamectin mixed with mineral oil on the sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *Ecotoxicology. Journal of Economic Entomology*, 1997.

IRAC. **Classificação de modos de ação**. Ed 6, 2016.

KHAN, M. M. H. Effect of temperature and relative humidity on the population dynamics of brinjal and tomato infesting whitefly, *Bemisia tabaci*. **Jahangirnagar University Journal of Biological Sciences**, 8(1): p. 83-86, 2019.

KHAN, H.A.A. & AKRAM, W. The effect of temperature on the toxicity of insecticides against *Musca domestica* L.: Implications for the effective management of Diarrhea. **PLoS One** 9(4): e95636, 2014.

KHODAVERDI, H.; FOWLES, T.; BICK, E.; NANSEN, C. Does drought increase the risk of insects developing behavioral resistance to systemic insecticides?. **Journal of Economic Entomology**, 109(5), p. 2027-2031, 2016.

LUEKE, B.; DOURIS, V.; HOPKINSON, J. E.; MAIWALD, F.; HERTLEIN, G.; PAPAPOSTOULOU, K.M.; BIELZA, B.; TSAGKARAKOU, A.; LEEUWEN, T.V.; BASS, C. VONTAS, J.; NAUEN, R. Identification and functional characterization of a novel acetyl-CoA carboxylase mutation associated with ketoenol resistance in *Bemisia tabaci*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**. 166, 2020.

MARQUES, L. N. **Mancozeb associado ao patossistema *Phakopsora pachyrhizi* x *Glycine max*: Resposta fisiológica das plantas**. 2017. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria., 2017.

MARTORANO, L. G.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; FARIA, R. T.; MIELNICZUK, J.; COMIRAN, F. Indicadores da condição hídrica do solo com soja em plantio direto e preparo convencional. *R. Bras. Engenharia Agrícola Ambiental*, v.13, n.4, p. 397-405, 2009.

MATZRAFI, M. Climate change exacerbates pest damage through reduced pesticide efficacy. *Pest Management Science*, 75, p.9-13, 2019.

MELO, T.L. **Manejo de bicho-mineiro na Bahia: Redução do volume de pulverização, eficácia de inseticidas e impacto sobre parasitismo natural**. 2017. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2017.

MOREIRA, H. J.C; ARAGÃO, F.D. **Manual de pragas de soja**. Campinas, 2009, 144 p.

NDIMBO, M. A.; NCHIMBI-MSOLLA, S.; SEMU, E. Effects of moisture stress levels at different growth stages on nodulation and nitrogen fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotype. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, 5(8) p. 187-201, 2015.

OLIVEIRA, C. E. S.; CARNEIRO, D. E. F.; TOSCANO, L. C.; SANTOS, R. M. F. Dinâmica populacional de *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) em cultivares de soja transgênica. **Revista de Agricultura Neotropical**. Cassiolândia, v. 5, n. 2, p. 1-5, 2018.

PPDB. **List of pesticide active ingredients**. University of Hertfordshire. Disponível em: < <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm>>. Acessado em: 27/05/2020

PUURTINEN, H.M. & MARTIKAINEN, E.A.T. Effect of soil moisture on pesticide toxicity to an Enchytraeid Worm, *Enchytraeus* sp. Institute for Environmental Research. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, 1997.

QUINTELA, E. D.; ABREU, A. G.; LIMA, J. F. S.; MASCARIN, G. M.; DOS SANTOS, J. B.; BROWN, J. K. Reproduction of the whitefly *Bemisia tabaci* (hemiptera: Aleyrodidae) B biotype in maize field (*Zea mays* L.) in Brazil. *Pest management Science*, v. 72, p. 2181-2187, 2016.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R. A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: **R Foundation for Statistical Computing**. 2017.

RODRIGUES, F. A.; BORGES, A. C. F.; DOS SANTOS, M. R.; FERNANDES, J. J.; DE FREITAS JÚNIOR, A. Flutuação populacional de mosca-branca e a incidência de mosaico dourado no feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 31, n. 10, p.1023-1027, 1997.

RODRIGUES, W. C. Fatores que influenciam no desenvolvimento dos insetos. *Info insetos. Entomologistas do Brasil*, n. 4, p. 01-04, 2004.

SANTOS, T. T. M. **Eficiência de inseticidas químicos e associação com o fungo *Isaria javanica* sobre ninfas e adultos de mosca-branca**. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitossanidade) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia 2017.

SHARMA, A.; KUMAR, V.; THUKRAL, A. K.; BHARDWAJ, R. Responses of plants to pesticide toxicity: an overview. *Planta Daninha. SBCPD*. v. 37, 2019.

SHAN, H.W.; LU, Y. H.; BING, X. L.; LIU, S. S.; LIU, Y. Q. Differential responses of the whitefly *Bemisia tabaci* symbionts to unfavorable low and high temperatures. *Microbial Ecology*, v. 68. p. 472-482, 2014.

SILVA, A. G.; BOIÇA JUNIOR, L. A.; FARIAS, P. R. S.; SOUZA, B. H. S.; RODRIGUES, N. E. L.; JESUS, F. G. Dinâmica populacional de mosca-branca *Bemisia tabaci* (Genn.) Biotipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em feijoeiro. *Entomobrasilis*. 7(1), 2014.

SIMMONS, A. M. & MAHROOF, R.M. Response of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) to vapor pressure deficit: oviposition, immature survival, and body size. *Entomological Society of America*, v. 104, n. 5, 2011.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; OMOTO, C. Soja In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros Artrópodes-praga**. Brasília, Embrapa, Cap. 10, 2012, 892 p.

STEFANELLO, M.T. **Comportamento de fungicidas em plantas de soja submetidas a diferentes regimes hídricos e horários de aplicação**. 2014. Dissertação. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2014.

SUEKANE, R.; DEGRANDE, P.E.; LIMA JUNIOR, I.S.; QUEIROZ, M.V.B.M.; RIGONI, E.R. Danos da mosca-branca *Bemisia tabaci* (GENN.) e distribuição vertical das ninfas em cultivares de soja em casa de vegetação. *Arq. Instituto Biológico*, São Paulo, v. 80, n. 2, p. 151-158, 2013.

SUMERFORD, W.T. Review of synergism among halogen Containing insecticides and halogen containing synergists. Synergism and synergists. Search for synergistis sheds on mechanism of actions of insecticides. *Agriculture and Food Chemistry*, v. 2, n.6, 1954.

TAMAI, M. A.; MARTINS, M. C.; GHAZZAQUI, H. A. N.; SAMPAIO, M. A. S.; KISCHEL, E. É preciso reduzir as perdas causadas pela mosca branca. *Aiba Rural*. Ed 4, 2015.

TEICHER, H. **The labcoat guide to pesticide mode of action**: Pesticide solubility and biological parameters. Disponível em: < <http://biocomm.eu/2017/10/03/labcoat-guide-pesticide-mode-action-pesticide-solubility-biological-parameters>>. Acessado em: 07/06/2020

THOMAS, A. L. & COSTA, J.A. Influência do Déficit Hídrico sobre o Desenvolvimento e Rendimento da Soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 9, p. 1389-1396. 1994.

TORRES, J.B.; SILVA-TORRES, C.S.A. Interação entre inseticidas e umidade do solo no controle do pulgão e da mosca branca em algodoeiro. Brasília. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v.43, n.8, p. 949-956, 2008.

VIEIRA, S.S. **Redução na produção da soja causada por *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo b (Hemiptera: Aleyrodidae) e avaliação de táticas de controle**. 2009. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2009.

WANG. R.; WANG, J.; CHE, W.; SUN, Y.; LI, W.; LUO, C. Characterization of field-evolved resistance to cyantraniliprole in *Bemisia tabaci* MED from China. *Journal of Integrative Agriculture*, n.18, p. 2571-2578, 2019.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados aqui apresentados mostraram que o estresse hídrico de plantas não afeta a eficácia dos inseticidas para o controle de ninfas e adultos da mosca-branca. Ao contrário, alguns inseticidas tem a eficiência de controle aumentada em situações de estresse hídrico. Altas temperaturas aumentam a eficiência de todos os inseticidas testados no controle de adultos de mosca-branca.

O aumento da eficácia de alguns inseticidas no controle de ninfas a adultos pode ser devido a maior absorção dos inseticidas pela folha, desta forma apresentando alta concentração do produto internamente, facilitando o contato do inseto com a molécula durante sua alimentação.

Por fim, ciantraniliprole, piriproxyfem + acetamiprid e ciantraniliprole + abamectina + Ochima[®] foram eficientes no controle de ninfas e adultos de mosca-branca.