

**TRANSLOCAÇÃO DO INSETICIDA TIAMETOXAM NO FLOEMA
DE MAMONEIRA E CAFEIEIRO**

FABRÍCIA ZIMERMANN VILELA TORRES

2009

FABRÍCIA ZIMERMANN VILELA TORRES

**TRANSLOCAÇÃO DO INSETICIDA TIAMETOXAM NO FLOEMA
DE MAMONEIRA E CAFEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
graduação em Agronomia/Entomologia, área de
concentração em Entomologia Agrícola, para
obtenção do título de “Doutor”.

Orientador:
Prof. Renê Luís de Oliveira Rigitano

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Torres, Fabrícia Zimmermann Vilela.

Translocação do inseticida tiametoxam no floema de mamoneira e
cafeeiro / Fabrícia Zimmermann Vilela Torres. – Lavras: UFLA, 2009.
105 p. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Renê Luís de Oliveira Rigitano.

Bibliografia.

1. Controle de pragas. 2. Inseticida sistêmico. 3. Transporte no
floema. 4. Pragas do cafeeiro. 5. Penetração foliar. I. Universidade
Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.7394

FABRÍCIA ZIMERMANN VILELA TORRES

**TRANSLOCAÇÃO DO INSETICIDA TIAMETOXAM NO FLOEMA
DE MAMONEIRA E CAFEIEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
graduação em Agronomia/Entomologia, área de
concentração em Entomologia Agrícola, para
obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 20 de março de 2009.

Prof. Geraldo Andrade Carvalho	UFLA
Prof. Renato Paiva	UFLA
Júlio César de Souza	EPAMIG
Rômulo Penna Scorza Júnior	EMBRAPA

Prof. Renê Luís de Oliveira Rigitano
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

A Jesus Cristo, que com seu amor incondicional me deu a vida,

OFEREÇO

Ao meu esposo Lucas e à minha filha Anna, que são as razões pelas quais
cheguei até aqui,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser minha fonte de inspiração e força em todos os momentos aqui em Lavras;

Ao meu esposo Lucas, pelo seu amor, amizade, respeito e confiança;

A minha filha Anna, pelos seus sorrisos que trouxeram paz aos momentos de dúvida;

A minha mãe Neli, que foi meu apoio no momento mais sublime da minha vida: a maternidade e, ao Adão, pelo seu apoio incondicional;

Ao meu orientador, professor Renê Luís de Oliveira Rigitano, pelo seu exemplo como pessoa, pesquisador e professor, em especial pelo seu apoio e compreensão no último ano do curso, o qual coincidiu com a gravidez e o nascimento da minha filha;

A minha irmã Fabiana, meu pai Luiz, meus tios Marta, Miguel, José e Lindaura, pela confiança e apoio desde quando saí de casa para estudar;

Aos meus avós José e Astrogilda, pelo exemplo de vida que sempre foram;

Aos meus sogros, Beto e Terezinha, aos meus cunhados Alice e Thiago e a Maria, pelo apoio e momentos de descontração que sempre vivemos juntos;

As minhas amigas que passaram por Lavras e deixaram saudade, Danila e Viviane, pelos momentos em que estivemos juntas e pela amizade sincera;

A todos os amigos da Comunidade Evangélica Sara Nossa Terra, em especial Pr. Paulo e Pr^a. Noélia, Reginaldo e Ethel, Leandro e Daniela, Joel e Ruth, Luciana, Nete, Cleide, Mirtez e Cida, pelas orações, amizade e pelos momentos agradáveis que passamos juntos;

Aos amigos Ricardo e Aparecida, pelo companheirismo que sempre proporcionou momentos de descontração;

Ao funcionários do Departamento de Entomologia, Elaine, Nazaré, Fábio, Lisiane, Julinho e Irene, pela constante disposição em ajudar e em especial ao Anderson, pelo auxílio durante a condução dos experimentos e pelo companheirismo;

Aos professores do Departamento de Entomologia, pelo incentivo e ensinamentos, que colaboraram para minha formação; em especial ao professor Geraldo Andrade Carvalho, pelo empréstimo da casa-de-vegetação para realização de alguns experimentos;

Ao professor Silvio Favero, da Uniderp, onde me formei em agronomia, pelo incentivo em vir para Lavras e iniciar a pós-graduação, e pela contribuição para minha formação como entomologista;

Aos pesquisadores Paulo Rebelles Reis e Júlio César de Souza, da EPAMIG/CTSM, pela atenção e contribuição durante a condução de alguns experimentos;

Ao professor Mário Lúcio Resende Vilela, e aos pós-graduandos Daniel e Pedro, do Departamento de Fitopatologia, pelo auxílio em alguns experimentos;

A professora Janice Maria Guedes e à pesquisadora Ana Rosa Ribeiro Bastos, do Departamento de Ciência do Solo, pelo auxílio e empréstimo de material para a condução de alguns experimentos;

Aos amigos do Departamento de Entomologia;

Aos membros da banca, pelas contribuições na correção do trabalho;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudos;

A Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-graduação em Entomologia, pela oportunidade de realização do curso.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
CAPÍTULO 1.....	1
1 Introdução Geral.....	1
2 Referencial Teórico.....	3
2.1 Translocação de pesticidas em plantas.....	3
2.1.1 Vasos condutores.....	3
2.1.1.1 Xilema.....	3
2.1.1.2 Floema.....	4
2.1.2 Movimento de pesticidas em plantas.....	5
2.2 Penetração foliar de pesticidas em plantas.....	9
2.2.1 Adjuvantes.....	11
2.2.1.1 Uso de adjuvantes.....	13
2.3 Inseticida tiametoxam.....	14
2.3.1 Propriedades físico-químicas.....	15
2.3.2 Toxicidade a organismos não-alvo.....	15
2.3.3 Modo de ação.....	16
2.3.4 Uso do tiametoxam.....	16
2.4 Cafeeiro.....	17
3 Referências Bibliográficas.....	20
CAPÍTULO 2: Translocação do inseticida tiametoxam no floema de mamoneira, utilizada como planta-modelo.....	28
Resumo.....	28
Abstract.....	29
1 Introdução.....	30
2 Material e Métodos.....	31
2.1 Obtenção das plantas.....	31
2.2 Preparo da solução de tiametoxam para os experimentos.....	32
2.3 Aplicação de tiametoxam nos pecíolos das duas folhas desenvolvidas..	33
2.3.1 Coleta de seiva elaborada e preparo das amostras.....	33
2.3.2 Coleta das diferentes partes das plantas e da solução nutritiva.....	34
2.4 Aplicação de tiametoxam no pecíolo de apenas uma das folhas desenvolvidas.....	34
2.5 Concentração de tiametoxam na seiva elaborada de mamoneira ao longo do tempo.....	35
2.6 Concentração de tiametoxam nas partes superior e inferior do caule de mamoneira.....	36
2.7 Determinação quantitativa do tiametoxam.....	36
2.7.1 Extração do tiametoxam.....	36

2.7.2 Purificação dos extratos.....	37
2.7.3 Cromatografia líquida de alta eficiência.....	38
2.8 Eficiência dos procedimentos analíticos	39
2.9 Análises estatísticas.....	40
3 Resultados e Discussão.....	40
3.1 Eficiência dos procedimentos analíticos	40
3.2 Translocação de tiametoxam após aplicação nos pecíolos das duas folhas desenvolvidas.....	42
3.3 Translocação de tiametoxam após aplicação no pecíolo de apenas uma das folhas desenvolvidas.....	46
3.4 Concentração de tiametoxam na seiva elaborada de mamoneira ao longo do tempo.....	48
3.5 Concentração de tiametoxam nos exsudados do floema coletados nas partes superior e inferior do caule de mamoneira.....	49
3.6 Considerações finais.....	49
4 Conclusões.....	51
5 Referências Bibliográficas.....	52
CAPÍTULO 3: Influência de adjuvantes na penetração foliar do inseticida tiametoxam em mamoneira.....	54
Resumo.....	54
Abstract.....	55
1 Introdução.....	56
2 Material e Métodos.....	57
2.1 Obtenção das plantas.....	57
2.2 Adjuvantes testados e preparo das caldas de pulverização.....	58
2.3 Purificação do tiametoxam a partir do Actara 250 WG®	59
2.4 Pulverização do tiametoxam nas folhas de mamoneira.....	60
2.5 Coleta de seiva elaborada.....	61
2.6 Coleta e lavagem das folhas.....	62
2.7 Determinação quantitativa do tiametoxam.....	62
2.7.1 Extração do tiametoxam.....	63
2.7.2 Purificação dos extratos.....	63
2.7.3 Cromatografia líquida de alta eficiência.....	64
2.7.4 Eficiência dos procedimentos analíticos.....	65
2.8 Estabilidade do tiametoxam em lâminas de vidro.....	65
2.9 Análise estatística.....	66
3 Resultados e Discussão.....	66
3.1 Penetração foliar e translocação do tiametoxam em mamoneira.....	66
3.2 Estabilidade do tiametoxam em lâminas de vidro.....	72
4 Conclusões.....	74
5 Referências Bibliográficas.....	74

CAPÍTULO 4: Translocação do inseticida tiametoxam no floema de cafeeiro.....	77
Resumo.....	77
Abstract.....	78
1 Introdução.....	79
2 Material e Métodos.....	81
2.1 Translocação do tiametoxam em cafeeiro após aplicação foliar do inseticida.....	81
2.1.1 Obtenção das plantas.....	81
2.1.2 Pulverização do tiametoxam.....	81
2.1.3 Coleta da folha apical e das folhas desenvolvidas.....	82
2.2 Translocação do tiametoxam em cafeeiro após sua aplicação no colo das plantas.....	83
2.2.1 Área experimental.....	83
2.2.2 Aplicação do tiametoxam.....	83
2.2.3 Coleta das folhas e frutos para análise.....	84
2.3 Determinação quantitativa do tiametoxam.....	85
2.3.1 Extração do tiametoxam.....	85
2.3.2 Purificação dos extratos.....	86
2.3.3 Cromatografia líquida de alta eficiência.....	88
2.3.4 Eficiência dos procedimentos analíticos.....	88
2.4 Avaliação da perda de água de folhas e frutos de cafeeiro.....	88
2.5 Avaliação da eficiência do tiametoxam no controle da broca-do-café...	90
2.6 Análises estatísticas.....	91
3 Resultados e Discussão.....	91
3.1 Eficiência dos procedimentos analíticos.....	91
3.2 Translocação do tiametoxam em cafeeiro após aplicação foliar do inseticida.....	92
3.3 Translocação do tiametoxam em cafeeiro após sua aplicação no colo das plantas.....	93
3.3.1 Resíduos de tiametoxam em frutos de cafeeiro beneficiados.....	96
3.3.2 Avaliação da eficiência do tiametoxam no controle da broca-do-café	98
3.4 Considerações Finais.....	99
4 Conclusões.....	101
5 Referências Bibliográficas.....	102

RESUMO

TORRES, Fabrícia Zimmermann Vilela. **Translocação do inseticida tiametoxam no floema de mamoneira e cafeeiro**. 2009. 105p. Tese (Doutorado em Entomologia)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

Objetivou-se neste trabalho investigar a translocação do tiametoxam no floema de mamoneira, utilizada como planta-modelo, a influência de adjuvantes na penetração do tiametoxam nas folhas dessa planta e a translocação desse inseticida no floema de cafeeiro. Foram utilizadas mamoneiras com três semanas de idade, desenvolvendo-se em solução nutritiva; mudas de cafeeiro plantadas em vasos, em casa-de-vegetação, e uma lavoura de cafeeiro, com plantas de cinco anos de idade. As mamoneiras receberam uma solução aquosa concentrada de tiametoxam, via injeção nos pecíolos, ou pulverização de calda desse inseticida, sem e com adição de adjuvantes, sobre as folhas desenvolvidas. As mudas de cafeeiro receberam uma pulverização de calda e, em campo, o tiametoxam foi aplicado na forma de esguicho no colo das plantas de cafeeiro. As determinações quantitativas do tiametoxam foram realizadas por cromatografia líquida de alta eficiência. Constataram-se a translocação do tiametoxam tanto no xilema como no floema de mamoneira e sua redistribuição no interior da planta, seja quando injetado nos pecíolos ou quando aplicado em pulverização sobre as folhas. Os adjuvantes testados não influenciaram expressivamente a penetração do tiametoxam nas folhas de mamoneira. Observou-se uma baixa taxa de penetração do tiametoxam quando pulverizado sobre folhas de cafeeiro, ficando o composto bastante exposto à fotodegradação e, conseqüentemente, pouco disponível para transporte no floema. Em campo, após aplicação no colo da planta, foi observado que o transporte do tiametoxam para os frutos do cafeeiro ocorre não apenas via xilema, mas também via floema, das folhas para os frutos, sendo que os teores de tiametoxam encontrados nos frutos beneficiados estiveram em conformidade com aqueles toleráveis para grãos de café e para utilização das cascas em alimentação de animais. O transporte do tiametoxam para os frutos proporcionou um controle parcial da broca-do-café, quando frutos coletados no campo foram expostos a fêmeas adultas dessa praga.

¹ Orientador: Renê Luís de Oliveira Rigitano – UFLA.

ABSTRACT

TORRES, Fabrícia Zimmermann Vilela. **Translocation of the insecticide thiamethoxam in the phloem of castor bean and coffee plants**. 2009. 105p. Thesis (Doctorate in Entomology)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

It was aimed in this work to investigate the translocation of thiamethoxam in the phloem of castor bean plant, used as model plant, the influence of adjuvants on the penetration of this insecticide in the leaves of this plant and its translocation in the phloem of coffee plant. Castor bean plants with three weeks of age, growing in nutrient solution and coffee seedlings growing in pots, in a greenhouse, and five-year-old coffee plants, growing in the field, were used. The castor bean plants received an aqueous solution of thiamethoxam, through injection in the petioles, or spraying of an aqueous suspension of a formulation of the insecticide, with and without adjuvants, on the developed leaves. The coffee seedlings were treated through foliar spray and adult plants were treated through drench application in the trunk basis. The quantitative determinations of thiamethoxam were performed by high performance liquid chromatography. Thiamethoxam was shown to be transported both in the xylem and in the phloem of castor bean plant and to be redistributed inside the plant, either when injected in the petioles or when sprayed on the leaves. The tested adjuvants did not influence expressively the penetration of thiamethoxam in the castor bean leaves. A low rate of penetration of thiamethoxam was observed when sprayed on coffee leaves, being the compound quite exposed to photo degradation and consequently little available for transport in the phloem. In the field, it was observed that the transport of thiamethoxam to coffee fruits takes place not only through the xylem, but also in the phloem, from developed leaves. Thiamethoxam contents found in coffee grains were in conformity with those tolerated for these grains and the residue levels found in the hulls do not indicate problems with regard to the use of these hulls in animal feeding. The transport of thiamethoxam to the fruits provided a partial control of the coffee berry borer, when fruits collected in the field were exposed to adult females of this pest.

¹ Adviser: Renê Luís de Oliveira Rigitano – UFLA.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

Apesar dos reconhecidos benefícios dos inseticidas no controle de insetos prejudiciais às plantas cultivadas, muitos são altamente tóxicos a organismos não-alvo, incluindo os seres humanos. Em vista disso, as pesquisas têm buscado o desenvolvimento de novos produtos, com mecanismos de ação diferenciados, baixa toxicidade a organismos não-alvo e atividade sistêmica, ou seja, com propriedade de translocação no interior das plantas.

A maioria dos inseticidas sistêmicos transloca apenas de forma ascendente em plantas, ou seja, via xilema. Tal propriedade permite a aplicação dos compostos via solo, com menor exposição de insetos benéficos e outros organismos não-alvo. Raríssimos são os inseticidas que translocam via floema, das folhas desenvolvidas para as folhas novas, frutos e raízes.

Compostos eficientemente translocados via floema são interessantes, pois a planta poderia ficar protegida por um tempo mais longo após uma única pulverização, já que o inseticida translocaria das folhas tratadas para as mais novas, emitidas após a aplicação, evitando-se assim, aplicações subsequentes de produto (Oliveira & Rigitano, 1991). Além disso, o uso desses inseticidas para o controle de pragas de raízes é esperado ser vantajoso em relação aos compostos não translocáveis via floema. O uso desses últimos para o controle de pragas de raízes envolve a aplicação dos mesmos no solo, em altas quantidades de ingrediente ativo por hectare. Por outro lado, o uso de inseticidas translocáveis via floema, seja na forma de pulverização sobre as folhas ou na forma de esguicho no tronco de plantas perenes, poderia resultar no controle de pragas do

sistema radicular com menor gasto de ingrediente ativo por hectare, já que os compostos seriam translocados para as raízes, onde são efetivamente necessários.

Estudos como os de Petterson et al. (1978), Tyree et al. (1979), Bromilow et al. (1987) e Oliveira & Rigitano (1991) demonstraram que os pesticidas que translocam via floema nas plantas são compostos polares, com o logaritmo do coeficiente de partição entre octanol e água ($\log K_{ow}$) abaixo de zero, como exemplos sulfona de aldicarbe e vamidotiom. Esses inseticidas são altamente tóxicos a mamíferos, resultando em limitações em seu uso, uma vez que a sua translocação via floema pode contaminar frutos com níveis de resíduos acima do limite de tolerância.

Os inseticidas neonicotinóides são relativamente novos no mercado, tendo a vantagem de serem altamente tóxicos para insetos e pouco tóxicos para mamíferos. Neste grupo, o tiametoxam, inseticida da segunda geração de neonicotinóides, tem sido bastante utilizado desde seu lançamento no mercado, em 1998. Trata-se de um inseticida polar, com valor de $\log K_{ow} = -0,13$ (Antunes-Kenyon & Kennedy, 2001). Logo, espera-se que o tiametoxam seja transportado via floema nas plantas, o que poderia ser uma vantagem potencial desse inseticida no controle de pragas, especialmente aquelas de raízes ou mesmo de folhas novas, brotações e frutos.

Objetivou-se no presente trabalho investigar a translocação do tiametoxam no floema de mamoneira (*Ricinus communis* L.), utilizada como planta-modelo, a influência de adjuvantes na penetração do tiametoxam nas folhas dessa planta e a translocação do tiametoxam no floema de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Translocação de pesticidas em plantas

A translocação ou transporte de pesticidas em plantas, segundo Norris (1974), é realizada pelos vasos condutores, podendo ocorrer no sentido ascendente, em direção ao ápice da planta, tanto via xilema quanto no floema, e no sentido descendente, em direção às raízes, somente via floema.

2.1.1 Vasos condutores

2.1.1.1 Xilema

O xilema é um sistema contínuo de tecido vascular que se estende por toda a planta. É composto de células condutoras alongadas, que são os traqueídeos e os elementos de vaso. Os traqueídeos são ligados entre si por pontuações nas suas extremidades, e os elementos de vaso apresentam perfurações nas paredes terminais que são chamadas de placas de perfuração, as quais servem para unir um elemento ao outro, formando colunas contínuas e longas, chamadas de vasos (Pimenta, 2004). Conforme Bromilow et al. (1990) as células condutoras do xilema são células mortas que, juntamente com os espaços intercelulares formam um contínuo chamado apoplasto. Essas células, de acordo com Fernandes & Souza (2004), se originam a partir da diferenciação do câmbio vascular em direção ao interior, o que torna o xilema mais interno na planta, em relação ao floema.

No xilema são transportados água e nutrientes das raízes para as folhas, através da sucção decorrente da transpiração das folhas (Bromilow et al., 1986; Pimenta, 2004). Nas raízes, a água e os nutrientes entram atravessando a endoderme pelo interior de suas células, uma vez que essas são cimentadas

tangencialmente entre si, por uma deposição de suberina e lignina (estria de Caspari), que impede a passagem de água e solutos pelos espaços intercelulares (Bromilow et al., 1986).

2.1.1.2 Floema

O floema é originário da diferenciação de células do câmbio vascular em direção ao exterior, sendo, portanto, localizado na parte mais externa da área vascular (Fernandes & Souza, 2004). É constituído de células especializadas, sem vacúolo, ligadas umas às outras por poros e a outras células por estruturas tubulares chamadas de plasmodesmatas (Bromilow et al., 1990). Essas células são principalmente os chamados elementos crivados, mas também constituem o floema, células do parênquima vascular, fibras, esclerídeos e células lactíferas. Os elementos crivados podem ser de dois tipos, as células crivadas (em gimnospermas) e os elementos dos tubos crivados (em angiospermas), que se dispõem em arranjos longitudinais, formando os tubos crivados, os quais estão associados às células parenquimatosas especializadas, chamadas células companheiras. O floema não é uniforme em todas as partes da planta, sendo suas células bem menores nas nervuras foliares em relação às do parênquima vascular (Fernandes & Souza, 2004).

No floema são transportados açúcares, aminoácidos e outros solutos, orgânicos e inorgânicos, para as raízes, folhas novas e frutos, sendo sua principal função o transporte em longas distâncias (Geiger & Fondy, 1980; Douglas, 2006). Em 1930 Munch propôs uma teoria para explicar o mecanismo de transporte no floema, em que os açúcares são sintetizados nas folhas e a sucrose e outros sacarídeos entram nesses vasos de forma ativa, contra um gradiente de concentração. A entrada dessas substâncias abaixa o potencial hidrostático dentro dos vasos do floema, fazendo com que entre água nessas células e aumente a pressão. A utilização de açúcares em outras partes da planta diminui

a pressão hidrostática nessas regiões fazendo com que haja fluxo dentro do floema (Geiger & Fondy, 1980; Bromilow et al., 1986, 1990).

2.1.2 Movimento de pesticidas em plantas

O movimento de pesticidas em plantas envolve três estágios: 1) entrada nos espaços livres dos tecidos; 2) movimento no apoplasto e 3) movimento no simplasto, que se refere ao ambiente intracelular. No apoplasto ocorre o transporte à curta distância nos espaços intercelulares e à longa distância dentro do lúmen dos vasos e traqueias do xilema, de forma passiva. Já via simplasto, o transporte é realizado à curta distância de célula para célula, pelos plasmodesmatas, e à longa distância pelas células especializadas do floema (Crowdy, 1973).

Os pesticidas sistêmicos geralmente são transportados apenas via xilema, sendo absorvidos pelas raízes (quando aplicados no solo) e transportados para as folhas. Os componentes sólidos das raízes têm natureza lipofílica e concentram mais compostos de maior lipofilicidade ($\log K_{ow} > 4$) do que compostos polares ($\log K_{ow} < 0$). Para se movimentarem em direção às folhas, os compostos têm que atravessar a endoderme da raiz, que tem baixa permeabilidade a compostos muito lipofílicos ($\log K_{ow} > 4$) ou muito polares ($\log K_{ow} < 0,5$), sendo então os compostos com $\log K_{ow} \sim 2$ aqueles que translocam com maior eficiência das raízes para as folhas (Briggs et al., 1982).

O coeficiente de partição de um pesticida entre octanol e água (K_{ow}) expressa a sua polaridade ou lipofilicidade. Este pode ser facilmente obtido em laboratório, usando-se um funil de separação contendo uma solução aquosa do inseticida à qual se adicionou o octanol. Após agitação e subsequente repouso, o composto ficará distribuído parcialmente entre as duas fases. O coeficiente K_{ow} é então obtido depois de o composto ser quantificado no octanol e na água.

$$K_{ow} = \frac{\text{Concentração do composto no octanol}}{\text{Concentração do composto na água}}$$

Se o coeficiente for maior que 1, o composto tem mais afinidade pelo octanol que pela água, o que o caracteriza como sendo pouco polar ou lipofílico. Se o coeficiente for menor que 1, o composto é polar, tendo maior afinidade pela água, ou seja, possui baixa lipofilicidade. Para se evitar valores muito altos, usa-se a transformação logarítmica, ficando os coeficientes expressos em $\log K_{ow}$. Entre os inseticidas esse valor varia de -1 a 6.

Compostos ácidos fracos, geralmente herbicidas, são praticamente os únicos pesticidas translocados em longas distâncias via floema. Várias teorias foram elaboradas para explicar a mobilidade de compostos ácidos fracos no floema. Crisp (1972) postula que os compostos que translocam nesses vasos possuem um grupo carboxílico em sua molécula, e que carreadores específicos reconhecem esse grupo e levam o composto para dentro do floema. Outra hipótese, proposta por Goldsmith (1977), sugere que, por serem ácidos fracos, esses compostos entram no floema, atravessando a plasmalema por difusão e, como o pH dentro dos vasos é alto (8,0), as moléculas do composto são ionizadas, não conseguindo atravessar a membrana de volta. Dessa forma os ácidos ficam retidos e são transportados pelo floema em sua forma ionizada, que é muito mais polar que a não-ionizada.

Contudo, sabe-se que alguns compostos não-ionizáveis também são transportados pelo floema, mostrando que não somente ácidos fracos podem circular na planta. Esse processo depende da lipofilicidade do composto (Tyree et al., 1979; Briggs et al., 1982; Bromilow et al., 1987; Rigitano et al., 1987; Hsu et al., 1988). Tyree et al. (1979) propuseram a “hipótese da permeabilidade intermediária” para explicar o transporte via floema de compostos neutros. Essa

teoria explica que muitos compostos, inclusive os que são transportados somente via xilema, podem entrar no floema livremente por difusão, mas somente aqueles com média permeabilidade às membranas ficam suficientemente retidos no floema e podem ser translocados em longas distâncias. Substâncias com alta permeabilidade entram e saem do floema e do xilema rapidamente, tendo maior mobilidade neste último, onde o fluxo de água é muito mais intenso. Já as com baixa permeabilidade não conseguem entrar em quantidade suficiente no floema para que haja um transporte efetivo. Um exemplo de composto com permeabilidade intermediária e, portanto translocável via floema, é o nematicida oxamil ($\log K_{ow} -0,47$), observado por Petterson et al. (1978) em testes realizados com plantas de batata.

Bromilow et al. (1987) estudaram a translocação de compostos químicos não-ionizáveis em mamoneira e verificaram que aqueles com $\log K_{ow} < 0$ (aminotriazole, aldoxicarbe e oxamil) foram os mais retidos no floema após sua injeção no pecíolo das plantas. Os autores sugeriram que estes compostos têm baixas taxas de permeação através das membranas e que a retenção no floema aumentou à medida que diminuía o coeficiente $\log K_{ow}$, sendo somente transportados em longas distâncias os compostos polares.

Outro composto polar que transloca via floema é o inseticida vamidotiom, conforme trabalho realizado por Oliveira & Rigitano (1991). Esses autores encontraram o composto, bem como seus metabólitos ativos (sulfóxido e sulfona de vamidotiom), em partes de plantas de trigo e de feijão, que não receberam aplicação do inseticida, como a folha oposta à tratada, folhas novas e, no caso da planta de trigo, também no perfilho, demonstrando seu transporte via floema. Porém, a concentração dos compostos nas raízes foi muito baixa, indicando que não ficaram retidos nessas, retornando para as folhas via xilema. Segundo os autores, esse retorno para o xilema provoca a baixa eficiência de transporte de compostos polares via floema para outras partes da planta. O

composto é transportado para o colmo e raízes, mas retorna para a folha tratada, através do xilema, podendo ocorrer o escape do composto em grande parte ao longo do limbo foliar, sendo que quanto maior a tendência do composto em acumular no ápice da folha tratada, menor será a eficiência de transporte para outras partes da planta.

A translocação do inseticida vamidotiom também foi verificada por Gonzalez (2002), estudando o transporte desse e de outros compostos para os frutos, após pulverização em pomares de maçã. O autor observou uma curva de degradação do vamidotiom diferente daquelas observadas para outros inseticidas, como tebufenozide, fosmete, metoxifenozone, pirimicarbe e novalurom, que apresentaram concentrações decrescentes nos frutos a partir da aplicação. Já no caso do vamidotiom, o autor verificou que a concentração aumenta até um nível máximo em torno de 1,7 ppm, aos 20 dias após aplicação, e depois disso diminui, indicando uma transferência do composto das folhas para os frutos.

Mais recentemente, Aajoud et al. (2008) investigaram a translocação do inseticida fipronil em plantas de girassol. Os autores utilizaram sementes de girassol tratadas com fipronil marcado com C^{14} e avaliaram as plantas após três meses. Pequenas quantidades de fipronil foram encontradas em todas as partes da inflorescência, incluindo no pólen. Como na seiva do xilema não se encontraram grandes quantidades do composto, a ocorrência do fipronil na inflorescência foi atribuída a uma transferência do mesmo via floema. Esse transporte teria ocorrido, em menor parte das folhas desenvolvidas para os órgãos em crescimento, o que inclui a inflorescência durante sua formação e em maior quantidade das raízes e caule. Os autores mencionam que pequenas quantidades de compostos relativamente lipofílicos podem ser transportadas no floema, porém, essa afirmação contradiz aquelas de Briggs et al. (1982), Bromilow et al. (1987) e Rigitano et al. (1987), de que somente compostos

polares ($\log K_{ow} < 0$) são transportados a longas distâncias junto com a seiva elaborada. O fipronil possui $\log K_{ow} = 4,01$, logo seu transporte via floema não seria esperado.

Apesar das vantagens dos pesticidas translocáveis via floema, um dos problemas potenciais desses compostos é o acúmulo de resíduos dos mesmos em frutos, que pode ser prejudicial, quando em níveis acima dos limites estabelecidos pela legislação. Como exemplo pode se citar o trabalho de Rigitano (1993), onde o autor encontrou resíduos de aldicarbe e seus metabólitos, sulfóxido e sulfona de aldicarbe, em bananas, acima do limite máximo de resíduos (LMR) tolerado para esses frutos. Ressalta-se que os metabólitos sulfóxido e sulfona de aldicarbe são compostos polares ($\log K_{ow} < -0,5$) e, portanto, podem ser transportados, via floema, das folhas para os frutos. Dessa forma, a alta concentração de resíduos de aldicarbe nos frutos de banana pode ter sido decorrente, ao menos em parte, de sua translocação via floema. O autor verificou também que o período de carência de 21 dias, estabelecido na época para o aldicarbe em bananeira era inapropriado, uma vez que níveis máximos de resíduos do composto nos frutos foram encontrados somente após cerca de 35 dias da aplicação.

Casos de intoxicação de pessoas que consumiram melancias ou pepinos provenientes de plantas que receberam aplicação desse composto via solo foram relatados por Goldman et al. (1990). Dada à evidência de transporte floemático de sulfona de aldicarbe em cafeeiro (Rigitano et al., 1989), é de se esperar que tal transporte tenha contribuído para a contaminação de frutos de melancia e pepino referidos acima.

2.2 Penetração foliar de pesticidas em plantas

A translocação de pesticidas em plantas, quando aplicados em pulverização sobre as folhas, depende inicialmente da capacidade dos compostos

penetrarem nas folhas. Entretanto, estas são cobertas com uma fina camada de material não celular, chamada cutícula que, segundo Crowdy (1973), Bromilow et al. (1986) e Bukovac et al. (1990), pode ser considerada a primeira barreira à penetração de pesticidas.

A cutícula varia sensivelmente em composição e estrutura entre as espécies de plantas (Esau, 1976), mas é considerada, de maneira geral, uma camada lipídica, que recobre os órgãos aéreos das plantas, incluindo estruturas especializadas como tricomas, estômatos, células-guarda e células epidérmicas (Bukovac et al., 1990).

Quanto à sua polaridade, propriedade importante em se tratando de penetração de pesticidas, geralmente aumenta em direção ao interior da planta. A porção da cutícula que fica dentro dos estômatos é também mais polar do que a da superfície foliar, assim como a que recobre a superfície abaxial das folhas (Norris, 1974).

A passagem de pesticidas pela cutícula pode ocorrer através de microporos ou canaliculos nela existentes, por filamentos protoplasmáticos projetados das células epidérmicas (ectodesmata) e pelos estômatos. Em relação à infiltração pelos estômatos, de acordo com Stevens et al. (1991), esta pode ocorrer apenas quando o depósito do pesticida permanece líquido, o que normalmente se dá por um breve período após aplicação. Contudo, neste pequeno intervalo, durante a secagem das gotas, é que ocorre a penetração de maior quantidade de composto, evidenciando que a infiltração estomatal é maior do que a cuticular. Os autores ressaltam ainda que em condições ambientais que induzem o fechamento dos estômatos, a penetração é reduzida.

Além disso, se a penetração ocorre via estômatos o composto fica mais próximo dos tecidos vasculares, o que pode implicar em maior translocação do mesmo pela planta, melhorando sua atividade sistêmica (Stevens et al., 1991).

Investigando o movimento transcuticular de xenobióticos, Schonherr (1978) observou que os microporos podem ser rotas alternativas para a penetração de compostos polares e não-polares nas folhas. Já para Price & Anderson (1985), compostos polares penetram através de poros, enquanto os não-polares permeiam pelas camadas lipofílicas da cutícula. Em se tratando de compostos polares, Stevens (1984) comentou que esses atravessam a cutícula vagorosamente através de uma rota aquosa, e que a penetração de moléculas hidrofílicas aumenta em altas umidades, pois nessas situações a cutícula torna-se mais hidratada e intumescida. Para o autor, compostos muito lipofílicos ou muito polares não conseguem atravessar a cutícula eficientemente, sendo que os de lipofilicidade intermediária é que penetram mais rapidamente nas folhas.

A penetração de pesticidas em plantas pode variar também com a espécie de planta (Wang & Liu, 2007). Ruiter et al. (2004) verificaram que, de maneira geral, monocotiledôneas tem a superfície foliar mais permeável a pesticidas.

2.2.1 Adjuvantes

A penetração foliar de pesticidas pode ser bastante influenciada com a adição de adjuvantes às caldas de pulverização ou às formulações de pesticidas (Ruiter et al., 2004; Wang & Liu, 2007).

Adjuvante é qualquer substância que, adicionada a uma formulação de pesticida durante sua fabricação, ou à calda de pulverização, irá facilitar sua aplicação e melhorar seu desempenho, incluindo suas características físicas e sua eficácia (Araújo & Raetano, 2008; Witt, 2008). O ingrediente ativo de um adjuvante pode ser um surfactante, um óleo mineral ou vegetal ou um sal de amônio (Wang & Liu, 2007), sendo que muitos adjuvantes são surfactantes (Witt, 2008).

Os surfactantes têm a função de reduzir a tensão superficial da solução, diminuindo a força de atração entre suas moléculas, o que possibilita maior

contato das gotas de pulverização com a superfície vegetal (Araújo & Raetano, 2008). De acordo com Hess & Foy (2000), os surfactantes podem ser divididos em duas categorias: os que modificam a pulverização e os que ativam a sorção. Alterações na pulverização estão relacionadas a um melhor molhamento e espalhamento do produto na superfície da planta, que ocorrem devido à redução na tensão superficial do líquido pulverizado. Já a ativação da sorção refere-se à absorção pela folha, ou seja, uma vez dentro da folha, o surfactante vai aumentar a solubilidade do líquido na cutícula, o que conseqüentemente melhorará a passagem do pesticida através da mesma. Para Stock & Briggs (2000) um surfactante pode ter mais de um modo de ação, sendo que os mais frequentemente usados são os que melhoram o molhamento, os que facilitam a penetração e os que têm ação adesiva.

Normalmente os adjuvantes contêm um ou dois surfactantes, a maioria não-iônicos, mas podendo incluir alguns aniônicos (Witt, 2008). Dentre os surfactantes não-iônicos pode-se citar o grupo dos etoxilados (derivados do óxido de etileno polimerizado), os propoxilados (derivados do óxido de propileno polimerizado), os polímeros de bloco (unem moléculas heterogêneas de etoxilados e propoxilados) e os organosilicones (apresentam grupos siloxanos, que têm um grupo silício em sua estrutura) (Araújo & Raetano, 2008). Segundo Wang & Liu (2007) os etoxilados são os mais utilizados na agricultura e incluem etoxilados de álcool, etoxilados alquilfenóis e etoxilados trisiloxanos.

Os organosilicones são, de acordo com Stevens (1993), cerca de dez vezes menos fitotóxicos que os surfactantes convencionais, como os etoxilados que não têm grupos siloxanos. São também mais recentes e possuem uma densidade muito próxima à da água, sendo relativamente não-viscosos e que se misturam facilmente à água.

2.2.1.1 Uso de adjuvantes

A pesquisa com adjuvantes é bastante vasta em se tratando do seu uso em conjunto com herbicidas. Em relação aos inseticidas, já não se encontra tamanha variedade de trabalhos, mas existem aqueles que relataram melhoria na penetração desses compostos em plantas, bem como sua eficiência, quando utilizados em conjunto com adjuvantes. Isso foi observado por Chamberlain et al. (1987), trabalhando com compostos polares adicionados do adjuvante NP8 em plantas de cevada e também por Oliveira & Rigitano (1991), com o inseticida vamidotiom, na formulação comercial Kilval 300 CE, que, segundo os autores, por possuir em sua fórmula uma substância surfactante, possivelmente teve a sua penetração facilitada em folhas de plantas de trigo e de feijão.

No trabalho de Baker et al. (1992) o adjuvante NP8 melhorou a penetração de compostos polares como acefato e 3-mesilfenilureia em folhas de milho, beterraba, morango e canola.

Outro trabalho verificou que os organossilicones Silwet Plus[®] e Silwet L-77[®] em associação com o inseticida tiametoxam aumentaram sua eficácia no controle da cigarrinha-da-raiz da cana-de-açúcar (*Mahanarva fimbriolata* Stal) (Hemiptera: Cercopidae). Uma redução no número de ninfas da cigarrinha também foi verificada quando utilizado o bioinseticida *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin juntamente com o adjuvante AgRho DEP-775 (alquil poliglicosídeo) (Almeida et al., 2007).

Porém, nem sempre os adjuvantes melhoram a eficácia do pesticida, como ocorreu com os acaricidas propargite e ciexatim no controle do ácaro *Brevipalpus phoenices* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) em citros (Oliveira et al., 1997). Os autores verificaram que os adjuvantes Haiten[®], misturado ao propargite, e Hodefex[®] em mistura com o ciexatin, não aumentaram a eficiência dos acaricidas, nem a retenção dos líquidos pulverizados nas folhas de citros. No caso do acaricida propargite, atribuiu-se a não-eficácia do adjuvante ao fato de o

acaricida já possuir em sua formulação componentes com ação surfactante, que, possivelmente, conferiram ao produto características semelhantes às que se obteria com a adição do adjuvante em questão.

2.3 Inseticida tiametoxam

O inseticida tiametoxam pertence à classe dos neonicotinóides, subclasse das tianicotinilas. Os neonicotinóides foram lançados no mercado através do imidaclopride, que juntamente com o nitempiram e o acetamipride são considerados a primeira geração de neonicotinóides e representam a subclasse das cloronicotinilas. A partir de 1998, com o início da comercialização do tiametoxam, formou-se a segunda geração dessa classe de compostos, que inclui ainda tiaclopride, clotianidina e dinotefuram (Maienfisch et al., 2001b; Nauen et al., 2003).

Os produtos comerciais contendo apenas o tiametoxam como ingrediente ativo são o Actara[®] (aplicação foliar, via solo ou via esguicho no colo das plantas) e Cruiser[®] (tratamento de sementes). Também é comercializado associado à cipermetrina (inseticida piretróide) com os nomes Actara Plus[®], Engeo[®] e Platinum[®], associado à lambda-cialotrina (piretróide), chamado de Engeo Pleno[®] e, associado ao ciproconazole (fungicida), com os nomes Verdadero[®] e Adante[®] (Maienfisch et al., 2001b; Andrei, 2005; Brasil, 2009).

Sua nomenclatura IUPAC é 3-(2-chloro-thiazol-5-ylmethyl)-5-methyl-[1,3,5]oxadiazinan-4-ylidene-N-nitroamine, e sua fórmula molecular é C₈H₁₀CN₅O₃S. Na Figura 1 pode-se observar sua fórmula estrutural (Robinson, 2001; Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, 2008).

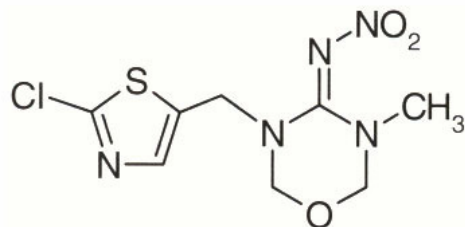


FIGURA 1. Fórmula estrutural do tiametoxam.

2.3.1 Propriedades físico-químicas

Tiametoxam é um composto sistêmico, sem cheiro e cristalino. Sua solubilidade em água é considerada alta, sendo de 4,1 g L⁻¹ a 25°C e seu log K_{ow} é -0,13 em pH 6,8, o que o caracteriza como um composto polar. Seu ponto de fusão é 139,1°C e sua massa molar é 291,72 g mol⁻¹ (Maienfisch et al., 2001a; Robinson, 2001).

De acordo com Maienfisch et al. (2001a) o tiametoxam é um composto bastante estável à hidrólise em pH 5,0, com meia-vida maior que um ano; em pH 7,0 a meia-vida é de 200 a 300 dias. Não há dissociação em pH variando de 2,0 à 12,0. Já quanto à fotodegradação, é muito instável, possuindo meia-vida de cerca uma hora quando aplicado em forma de gotas sobre Teflon.

2.3.2 Toxicidade a organismos não-alvo

A toxicidade aguda do tiametoxam para mamíferos é considerada baixa (DL₅₀ oral = 1563 mg kg⁻¹; DL₅₀ dérmica = > 2000 mg kg⁻¹), sendo enquadrado na Classe III de toxicidade (Maienfisch et al., 2001a).

No que se refere à toxicidade crônica, estudos mostraram que o composto foi tóxico a ratos em laboratório, o que levou ao estabelecimento de uma Ingestão Diária Aceitável (IDA) para humanos de apenas 0,02 mg kg⁻¹ de peso corpóreo, considerando um fator de segurança de 100 vezes em relação ao

nível sem efeito tóxico observável (NSEO), que é de 2 mg kg⁻¹ de peso corpóreo (Antunes-Kenyon & Kennedy, 2001; Robinson, 2001; ANVISA, 2008).

2.3.3 Modo de ação

As moléculas do tiametoxam agem nos receptores nicotínicos pós-sinápticos dos insetos. Sua ação é agonista nesses receptores, ou seja, mimetizam a acetilcolina em seus sítios de encaixe. Esse encaixe promove a abertura dos canais de Na⁺, estimulando as células nervosas. Como não são prontamente degradadas pela acetilcolinesterase, há um excesso de estímulos, seguido por hiperexcitação, intoxicação e morte do inseto (Rigitano & Carvalho, 2001; Gallo et al., 2002).

O estudo de Nauen et al. (2003) mostrou que uma vez dentro da planta ou do inseto, o tiametoxam é um precursor do clotianidina, outro neonicotinóide, cuja ação se assemelha muito à do imidaclopride. Em função disso, os autores ressaltam que, em se tratando de estratégias para manejo da resistência de pragas a inseticidas, o tiametoxam não seria uma boa opção para ser alternado com outros neonicotinóides.

2.3.4 Uso do tiametoxam

O tiametoxam é indicado para controlar pragas como afídeos, moscas-brancas, cigarrinhas, tripses, coleópteros e larvas de lepidópteros (Antunes-Kenyon & Kennedy, 2001; Robinson, 2001).

No Brasil, produtos à base de tiametoxam têm sido utilizados para controle de pragas em grandes culturas como soja, algodoeiro, cafeeiro, feijoeiro entre outras e também em hortaliças. Dependendo da cultura e da praga em questão, pode ser aplicado via pulverização foliar ou no sulco de plantio, esguicho no tronco da planta ou no solo, via água de irrigação, esguicho em mudas após transplantio e também por imersão de mudas (Andrei, 2005).

Em trabalho realizado com o bicho-mineiro do cafeeiro, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Ménéville) (Lepidoptera: Lyonetiidae), Souza et al. (2006b) verificaram alta eficiência do tiametoxam no controle dessa praga, quando o composto formulado em grânulos dispersíveis em água (WG), foi aplicado na água de irrigação por gotejamento, ou na modalidade de esguicho no colo da planta. Em outro trabalho também com o bicho-mineiro, esses autores confirmaram uma boa eficiência de controle aplicando tiametoxam via gotejamento, com um período de proteção de 180 dias após tratamento (Souza et al., 2006c).

Em tomateiro, Raetano et al. (2003) obtiveram alta eficiência do tiametoxam no controle do tripses *Frankliniella schultzei* Trybom (Thysanoptera: Thripidae), tanto quando o composto foi aplicado em pulverização, como quando em esguicho na base da planta.

Tiametoxam também se mostrou eficiente no controle da cochonilha subterrânea *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel) (Hemiptera: Margarodidae) em plantios de videira. Os autores observaram uma redução da população da praga em níveis superiores a 80% aplicando o composto no solo, ao redor do tronco das plantas (Teixeira et al., 2002).

2.4 Cafeeiro

O cafeeiro foi introduzido no Brasil no estado do Pará, no ano de 1727, com sementes e mudas oriundas da Guiana Francesa. Depois começou a ser cultivado no Maranhão, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais. As principais espécies cultivadas no Brasil são *Coffea canephora* (Pierre & Froehner) e *C. arabica* (Matiello et al., 2005; Agriannual, 2009).

O cafeeiro é um arbusto de crescimento contínuo e, após a abertura das folhas cotiledonares, a muda emite um par de folhas verdadeiras a cada 23 dias (Guimarães & Mendes, 1996). As folhas são opostas, inteiras, coriáceas e

persistentes, na maioria das espécies. Sua coloração é verde-escura brilhante na face adaxial e mais clara e opaca na superfície abaxial (Matiello et al., 2005). Seu sistema radicular é constituído de uma raiz pivotante principal curta e grossa, atingindo até 45 cm abaixo da superfície do solo; raízes axiais, de crescimento vertical descendente abaixo do tronco, ramificadas em todas as direções, alcançando profundidades de até três metros; raízes da placa superficial, que crescem de forma paralela à superfície do solo e raízes laterais fora da placa superficial, mais profundas que as anteriores (Guimarães & Mendes, 1996).

Sua floração é gregária, ou seja, todas as plantas, numa certa extensão geográfica, florescem ao mesmo tempo. As inflorescências são brancas, às vezes amareladas ou rosa - claro, em forma de glomérulo (roseta), com pedúnculos curtos e os vários botões florais comprimidos uns contra os outros, sendo em torno de quatro em cada axila de folha. As flores são hermafroditas, abrem-se oito a dez dias após chuvas ou irrigação e duram de três a quatro dias (Guimarães & Mendes, 1996; Matiello et al., 2005).

O fruto do cafeeiro é uma drupa, com duas sementes achatadas, cresce lentamente até a fase de chumbinho e depois o crescimento é acelerado até a fase de “fruto verde” (endurecimento do endocarpo). Há então uma paralisação do crescimento para formação e endurecimento do endosperma até o início da maturação, com aumento rápido de tamanho (Guimarães & Mendes, 1996; Matiello et al., 2005).

Muitas pragas atacam o cafeeiro e, dentre as principais estão a broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), o bicho-mineiro *L. coffeella*, a cochonilha-verde *Coccus viridis* (Green), a cochonilha-parda *Saissetia coffeae* (Walke) (Hemiptera: Coccidae), a cochonilha-branca-da-roseta *Planococcus minor* (Maskell), a cochonilha-da-raiz *Dysmicoccus texensis* (Tinsley) (= *bispinosus* Beardsley) (Hemiptera: Pseudococcidae), a cigarra

Quesada gigas (Olivier) (Hemiptera: Cicadidae), o bicho-cesto *Oiketicus kirbyi* Guilding (Lepidoptera: Psychidae), o ácaro-vermelho-do-cafeeiro *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) e o ácaro-branco *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) (Gallo et al., 2002; Santa-Cecília et al., 2002).

Dentre as pragas que atacam cafezais, as de mais difícil controle são as de raízes e as de brotações novas e frutos, como por exemplo, as cigarras, as cochonilhas e a broca-do-café. O controle químico é o mais eficiente nesses casos. No caso das cigarras, são feitas aplicações de inseticidas granulados no solo e, mais recentemente, tem-se obtido alta eficiência aplicando-se tiametoxam WG, na modalidade de esguicho no colo das plantas (Reis & Souza, 1998; Souza & Reis, 2004; Souza et al., 2007b). Para as cochonilhas que atacam a raiz do cafeeiro, até 2001 eram feitas aplicações de produtos sistêmicos granulados no solo, em época chuvosa, porém sem o controle esperado e com reinfestações da praga. Atualmente, tem-se utilizado tiametoxam WG e imidaclopride WG, com até 100% de controle. A aplicação desses produtos tem sido feita na forma de esguicho no colo da planta, proporcionando que o inseticida entre no floema e seja conduzido até as raízes, matando as ninfas e adultos de cochonilhas que sugam a seiva tóxica (Souza et al., 2001, 2006a, 2007a; Souza & Ribeiro, 2003).

A broca-do-café tem sido controlada com o uso de endosulfan, aplicado em pulverização sobre as folhas do cafeeiro (Souza & Reis, 1997) e, mais recentemente, aplicações do tiametoxam no solo têm alcançado níveis de eficiência maiores que 70% no controle de insetos adultos, larvas e ovos (Gitirana Neto et al., 2005; Toledo, 2007). O uso do tiametoxam no controle da broca seria interessante, uma vez que sua toxicidade a organismos não-alvo é bem menor que a do endosulfan. Além disso, por ser sistêmico e ter potencial de translocar não somente no xilema, mas também no floema das plantas cultivadas, pode ser aplicado via esguicho no tronco das plantas, ao invés de ser

pulverizado uma ou duas vezes, como é o caso do endosulfan. Uma vez dentro da planta, o tiametoxam alcançaria, através do floema, os frutos do cafeeiro, onde ocorre a infestação da broca.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAJOUND, A.; RAVETON, M.; AZROU-ISGHI, D.; TISSUT, M.; RAVANEL, P. How can the fipronil insecticide access phloem? **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.56, n.10, p.3732-3737, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Monografia T-48 Tiametoxam**. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/toxicologia/monografias/t048.pdf>>. Acesso em: 1 dez. 2008.

AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP, 2009. 497p.

ALMEIDA, J.E.M.; BATISTA FILHO, A.; COSTA, E.A.D. da. Efeito de adjuvantes em associação com thiamethoxam 250 WG e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin no controle de cigarrinha-da-raiz da cana-de-açúcar e *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854) (Hemiptera: Cercopidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.74, n.2, p.135-140, 2007.

ANDREI, E. (Coord.). **Compêndio de defensivos agrícolas**. 7.ed. São Paulo: Organizações Andrei, 2005. 1141p.

ANTUNES-KENYON, S.E.; KENNEDY, G. **Tiametoxam**: a new active ingredient review. Massachusetts: Massachusetts Pesticide Bureau, 2001. 37p.

ARAÚJO, D.; RAETANO, C.G. Adjuvantes melhoram a eficiência da pulverização agrícola? **Campo & Negócios Online**, Uberlândia, ano 6, n.65, 2008. Disponível em: <<http://www.revistacampoenegocios.com.br/anteriores/07-08/index.php?referencia=tecnologia>>. Acesso em: 29 dez. 2008.

BAKER, E.A.; HAYES, A.L.; BUTLER, R.C. Physicochemical properties of agrochemicals: their effects on foliar penetration. **Pesticide Science**, Oxford, v.34, n.2, p.167-182, 1992.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrofit**.

Disponível em:

<http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 22 fev. 2009.

BRIGGS, G.G.; BROMILOW, R.H.; EVANS, A.A. Relationships between lipophilicity and root uptake and translocation of non-ionised chemicals by barley. **Pesticide Science**, Oxford, v.13, n.5, p.495-504, 1982.

BROMILOW, R.H.; CHAMBERLAIN, K.; BRIGGS, G.G. Techniques for studying the uptake and translocation of pesticides in plants. **Aspects of Applied Biology**, London, v.11, n.1, p.29-44, 1986.

BROMILOW, R.H.; CHAMBERLAIN, K.; PATIL, S.G. A rapid method using *Ricinus communis* for the estimation of phloem translocation of xenobiotics. **Pesticide Science**, Oxford, v.30, n.1, p.1-12, 1990.

BROMILOW, R.H.; RIGITANO, R.L.O.; BRIGGS, G.G.; CHAMBERLAIN, K. Phloem translocation of non-ionised chemicals in *Ricinus communis*. **Pesticide Science**, Oxford, v.19, n.2, p.85-99, 1987.

BUKOVAC, M.J.; PETRACEK, R.; FADER, R.G.; MORSE, R.D. Sorption of organic compounds by plant cuticles. **Weed Science**, Champaign, v.38, n.3, p.289-298, 1990.

CHAMBERLAIN, K.; BRIGGS, G.G.; BROMILOW, R.H.; EVANS, A.A.; FANG, C.Q. The influence of physico-chemical properties of pesticides on uptake and translocation following foliar application. **Aspects of Applied Biology**, London, v.14, n.3, p.293-304, 1987.

CRISP, C.E. The molecular design of systemic insecticides and organic functional groups in translocation. In: CONGRESS OF PESTICIDE CHEMISTRY, 2., 1972, New York. **Proceedings...** New York: IUPAC, 1972. p.211-264.

CROWDY, S.H. Patterns and processes of movement of chemicals in higher plants. In: BRITISH INSECTICIDE AND FUNGICIDE CONFERENCE, 7., 1973, Cambridge. **Proceedings...** Cambridge, 1973. p.831-839.

- DOUGLAS, A.E. Phloem-sap feeding by animals: problems and solutions. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.57, n.4, p.747-754, 2006.
- ESAU, K. **Anatomia vegetal**. Traduzido por José Pons Rosell. Barcelona: Omega, 1976. 779p.
- FERNANDES, M.S.; SOUZA, S.R. Transporte no Floema. In: KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. cap.6, p.179-197, 452p.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; 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. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.
- GEIGER, D.R.; FONDY, B.R. Phloem loading and unloading: pathways and mechanisms. **What's new in plant physiology**, Gaithersburg, v.11, n.7, p.25-28, 1980.
- GITIRANA NETO, J.; RODRIGUES, J.; ARAMAKI, P. Estudos de eficiência dos produtos Verdadero 600 WG (thiamethoxan + cyproconazole) e Actara 250 WG (thiamethoxan) no controle da broca (*Hypothenemus hampei*) (Coleoptera: Scolytidae), na cultura do café (*Coffea arabica* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 31., 2005, Guarapari, ES. **Anais...** Guarapari: IBC, 2005. CD-ROM.
- GOLDMAN, L.R.; BELLER, M.; JACKSON, R.J. Aldicarb food poisonings in California, 1985-1988: toxicity estimates for humans. **Archives of Environmental Health**, Washington, v.45, n.3, p.141-147, 1990.
- GOLDSMITH, M.H.M. The polar transport of auxin. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.28, p.439-478, 1977.
- GONZALEZ, R.H. **Degradacion de residuos de plaguicidas en huertos frutales en Chile**. Santiago: Universidad de Chile, 2002. 164p. (Série Ciências Agronômicas, 4).
- GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G. **Fisiologia do cafeeiro**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1996. 38p.

HESS, F.D.; FOY, C.L. Interaction of surfactants with plant cuticles. **Weed Technology**, Champaign, v.14, n.4, p.807-813, 2000.

HSU, F.C.; KLEIER, D.A.; MELANDER, W.R. Phloem mobility of xenobiotics: II., bioassay testing of the unified mathematical model. **Plant Physiology**, Washington, v.86, n.3, p.811-816, 1988.

MAIENFISCH, P.; ANGST, M.; BRANDL, F.; FISCHER, W.; HOFER, D.; KAYSER, H.; KOBEL, W.; RINDLISBACHER, A.; SENN, R.; STEINEMANN, A.; WIDMER, H. Chemistry and biology of thiamethoxam: a second generation neonicotinoid. **Pest Management Science**, Sussex, v.57, n.10, p.906-913, 2001a.

MAIENFISCH, P.; HUERLIMANN, H.; RINDLISBACHER, A.; GSELL, L.; DETTWILER, H.; HAETTENSCHWILER, J.; SIEGER, E.; WALTI, M. The discovery of thiamethoxam: a second-generation neonicotinoid. **Pest Management Science**, Sussex, v.57, n.2, p.165-176, 2001b.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R.; FERNANDES, D.R. **Cultura do café no Brasil: novo manual de recomendações**. Varginha: MAPA/Fundação PROCAFÉ, 2005. 438p.

NAUEN, R.; EBBINGHAUS-KINTSCHER, U.; SALGADO, V.L.; KAUSSMANN, M. Thiamethoxam is a neonicotinoid precursor converted to clothianidin in insects and plants. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v.76, n.2, p.55-69, 2003.

NORRIS, L.A. **Behavior of pesticides in plants**. Portland: USDA, 1974. 6p. (Technical Report PNW, 19).

OLIVEIRA, C.A.L.; MATUO, T.; SANTOS JUNIOR, J.E.; TOLEDO, M.C. Efeito de espalhante-adesivo na eficiência dos acaricidas propargite e cyhexatin no controle de *Brevipalpus phoenices* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) em citros. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v.26, n.3, p.487-493, 1997.

OLIVEIRA, P.C.; RIGITANO, R.L.O. Translocação e degradação do inseticida vamidotiom em plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Prática**, Lavras, v.15, n.4, p.331-428, 1991.

- PETTERSON, C.A.; WILDT, P.Q.; EDGINGTON, L.V. A rationale for the ambimobile translocation of the nematocide oxamyl in plants. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v.8, n.1, p.1-9, 1978.
- PIMENTA, J.A. Relações hídricas. In: KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. cap.1, p.1-39, 452p.
- PRICE, C.E.; ANDERSON, N.H. Uptake of chemicals from foliar deposits: effects of plant species and molecular structure. **Pesticide Science**, Oxford, v.16, n.4, p.369-377, 1985.
- RAETANO, C.G.; KOBAYASHI, M.R.; KUWAHARA, W.R.; VINCHI, R.R. Application methods and dosages of thiamethoxam in thrips control on tomato plants. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.21, n.3, p.429-432, 2003.
- REIS, P.R.; SOUZA, J.C. Manejo integrado das pragas do cafeeiro em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.193, p.17-25, 1998.
- RIGITANO, R.L.O. Resíduos do inseticida aldicarbe em bananas após sua aplicação no solo. **Ciência e Prática**, Lavras, v.17, n.2, p.155-158, 1993.
- RIGITANO, R.L.O.; BROMILOW, R.H.; BRIGGS, G.G.; CHAMBERLAIN, K. Phloem translocation of weak acids in *Ricinus communis*. **Pesticide Science**, Oxford, v.19, n.2, p.113-133, 1987.
- RIGITANO, R.L.O.; CARVALHO, G.A. **Toxicologia e seletividade de inseticidas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 72p.
- RIGITANO, R.L.O.; SOUZA, J.C.; MORAES, M.L. Resíduos de aldicarbe e seus metabólitos tóxicos em café após a aplicação de aldicarbe 15G no solo em diferentes intervalos antes da colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.24, n.8, p.955-959, 1989.
- ROBINSON, P. **Evaluation of the new active thiametoxam in the product Cruiser 350 FS insecticide seed treatment**. Sydney: National Registration Authority for Agricultural and Veterinary Chemicals, 2001. 35p.
- RUITER, H.; KEMPENAAR, D.; BLOM, G. **Foliar absorption of crop protection agents: influence of cpa properties, formulation and plant species**. Wageningen: Plant Research International, 2004. 18p. (Report, 77).

SANTA-CECÍLIA, L.V.C.; REIS, P.R.; SOUZA, J.C. Sobre a nomenclatura das espécies de cochonilhas-farinhas do cafeeiro nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.31, n.2, p.333-334, 2002.

SCHONHERR, J. Transcuticular movement of xenobiotics. **Advances in Pesticide Science**, Oxford, v.3, p.392-400, 1978.

SOUZA, J.C. de; OLIVEIRA, B.M.; SANTA-CECÍLIA, L.V.C.; SILVA, R.A.; REIS, P.R. Controle de cochonilhas-farinhas na raiz e rosetas de cafeeiro Conilon, no norte do Espírito Santo, pela aplicação de thiamethoxam 250 WG em esguicho (“drench”) no colo da planta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 32., 2006, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2006a. p.130-131.

SOUZA, J.C. de; REIS, P.R. **Broca-do-café**: histórico, reconhecimento, biologia, prejuízos, monitoramento e controle. 2.ed. Belo Horizonte: Epamig, 1997. 40p. (Boletim técnico, 50).

SOUZA, J.C. de; REIS, P.R. Eficiência de modos de aplicação da mistura de thiamethoxam e cyproconazole, complementada ou não pelo thiamethoxam, formulação WG, no controle das cigarras, ferrugem e bicho-mineiro do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 30., 2004, São Lourenço, MG. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2004. p.281-283.

SOUZA, J.C. de; REIS, P.R.; RIBEIRO, J.A.; SANTA-CECÍLIA, L.V.C.; SILVA, R.A. Controle químico da cochonilha-da-raiz, *Dysmicoccus texensis* (TINSLEY, 1900) em cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v.2, n.1, p.29-37, 2007a.

SOUZA, J.C. de; REIS, P.R.; RIGITANO, R.L.O.; CIOCIOLA JÚNIOR, A.I. Eficiência de thiametoxam no controle do bicho-mineiro do cafeeiro: I., influência da modalidade de aplicação. **Coffee Science**, Lavras, v.1, n.2, p.143-149, 2006b.

SOUZA, J.C. de; REIS, P.R.; RIGITANO, R.L.O.; CIOCIOLA JÚNIOR, A.I. Eficiência de thiametoxam no controle do bicho-mineiro do cafeeiro: II., influência da época de aplicação via irrigação por gotejamento. **Coffee Science**, Lavras, v.1, n.2, p.150-155, 2006c.

SOUZA, J.C. de; REIS, P.R.; SANTA-CECÍLIA, L.V.C.; DAUM, S.; SOUZA, M. de A. **Cochonilha-da-raiz do cafeeiro**: aspectos biológicos, dano e controle. Lavras: Epamig/CTSM, 2001. 4p. (Circular técnica, 136).

SOUZA, J.C. de; REIS, P.R.; SILVA, R.A. **Cigarras do cafeeiro em Minas Gerais**: histórico, reconhecimento, biologia, prejuízos e controle. 2.ed. Belo Horizonte: Epamig, 2007b. 48p. (Epamig. Boletim técnico, 80).

SOUZA, J.C. de; RIBEIRO, J.A. **Cochonilha-da-raiz**: cafeicultor conheça e saiba como controlar esta praga, com inseticidas neonicotinóides. Lavras: Epamig/CTSM, 2003. 4p. (Circular técnica, 162).

STEVENS, P.J.G. **Molecular properties of the penetrant and other physico-chemical factors affecting foliar uptake and translocation of pesticides from spray droplets**. 1984. 274f. Thesis (Ph.D. in Agricultural Sciences)-University of Bristol, Bristol.

STEVENS, P.J.G. Organosilicone surfactants as adjuvants for agrochemicals. **Pesticide Science**, Oxford, v.38, n.2/3, p.103-122, 1993.

STEVENS, P.J.G.; GASKIN, R.E.; HONG, S.; ZABKIEWICZ, J.A. Contributions of stomatal infiltration and cuticular penetration to enhancements of foliar uptake by surfactants. **Pesticide Science**, Oxford, v.33, n.3, p.371-382, 1991.

STOCK, D.; BRIGGS, G. Physicochemical properties of adjuvants: values and applications. **Weed Technology**, Champaign, v.14, n.4, p.798-806, 2000.

TEIXEIRA, I.; BOTTON, M.; LOECK, A.E. Avaliação de inseticidas visando ao controle de *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel) (Hemiptera: Margarodidae) em novos plantios de videira. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.31, n.3, p.457-461, 2002.

TOLEDO, M.A. **Aplicação de inseticidas em grandes parcelas experimentais para o controle de pragas na cultura do café**. 2007. 44p. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

TYREE, M.T.; PETTERSON, C.A.; EDGINGTON, L.V. A simple theory regarding ambimobility of xenobiotics with special reference to the nematicide, oxamyl. **Plant Physiology**, Washington, v.63, n.2, p.367-374, 1979.

WANG, C.J.; LIU, Z.Q. Foliar uptake of pesticides: present status and future challenge. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v.87, n.1, p.1-8, 2007.

WITT, J.M. **Agricultural spray adjuvants**. Oregon: Oregon State University, 2008. Disponível em: <<http://pmep.cce.cornell.edu/facts-slides-self/facts/gen-peapp-adjuvants.html>>. Acesso em: 28 abr. 2008.

CAPÍTULO 2

RESUMO

Neste trabalho objetivou-se investigar a eficiência de transporte do inseticida tiametoxam no floema de mamoneira, utilizada como planta-modelo, pela facilidade de coleta de seiva elaborada da mesma. Utilizaram-se plantas com três semanas de idade, desenvolvendo-se em solução nutritiva, das quais foram retirados os cotilédones e as folhas primárias, ficando apenas duas folhas desenvolvidas e uma apical. Utilizando uma microseringa, injetou-se pequeno volume de uma solução aquosa de tiametoxam no interior do pecíolo de uma ou das duas folhas desenvolvidas. Após 24, 48 ou 72 horas, procedeu-se a coleta de exsudados do floema, nas regiões inferior e/ou superior do caule, por meio de incisões feitas na superfície do mesmo, com auxílio de lâmina de bisturi. As concentrações do tiametoxam na seiva elaborada e nas diferentes partes das plantas foram determinadas por cromatografia líquida de alta eficiência, após extração e purificação do composto. Confirmou-se a translocação do tiametoxam no floema de mamoneira, sendo que sua concentração na seiva elaborada coletada no caule foi cerca de 30% de sua concentração nas folhas desenvolvidas. A quantidade do inseticida na folha apical, 72 horas após aplicação, foi em torno de 2% da quantidade total aplicada ou de 6% da quantidade remanescente nas folhas desenvolvidas. Nas raízes, a concentração de tiametoxam foi baixa, tendo sido constatada transferência do composto para a solução nutritiva. Verificaram-se quantidades apreciáveis do tiametoxam na folha não-tratada, oposta à folha tratada, mostrando sua redistribuição dentro da planta. A concentração do composto no exsudado coletado na parte inferior do caule foi cerca de 20% menor do que a aquela na parte superior do caule, indicando que à medida que o tiametoxam é transportado descendentemente nas plantas, via floema, o composto vai escapando dos vasos do floema para os tecidos do caule adjacentes a esses vasos. Concluiu-se que o tiametoxam é transportado tanto no xilema como no floema em mamoneira, o que reforça a hipótese de que compostos polares translocam via floema em plantas.

CHAPTER 2

ABSTRACT

It was aimed to investigate the efficiency of phloem transport of the insecticide thiamethoxam in castor bean plant, used as model plant, due to the easiness of phloem sap collection of this plant. Test plants had three weeks of age, growing in nutrient solution, with the cotyledons and primary leaves being removed, remaining two developed leaves and an apical growing leaf. Using a microsyringe, a small volume of an aqueous solution of thiamethoxam was injected inside the petiole of one or both developed leaves. After 24, 48 or 72 hours, the collection of phloem exudates was proceeded in the stem, by means of incisions made on its surface, using a surgical blade. The concentrations of thiamethoxam in the elaborated sap and in the different parts of the plants were performed by high performance liquid chromatography, after extraction and purification of the compound. The translocation of thiamethoxam in the phloem of castor bean plant was confirmed, and its concentration in the elaborated sap collected in the stem was about 30% of its concentration in the developed leaves. The amount of insecticide in the apical leaf, 72 hours after application, was around 2% of the total amount applied or 6% of the remaining amount in the developed leaves. In the roots, the thiamethoxam concentration was low, with the transfer of small amounts of the compound to the nutrient solution being observed. Significant amounts of thiamethoxam were verified in the non-treated leaf, opposite to the treated leaf, showing its redistribution inside of the plant. The concentration of the compound in the phloem exudate collected in the inferior part of the stem was about 20% smaller than that in the superior part of the stem, indicating that, as the thiamethoxam is transported downwards in the plant, through phloem, the compound escapes from the vessels of the phloem to the tissues of the stem adjacent to those vessels. It was concluded that thiamethoxam is transported both in xylem and in the phloem of castor bean plant, what reinforces the hypothesis that polar compounds translocate in the phloem.

1 INTRODUÇÃO

Inseticidas translocáveis via floema, embora raros, são bastante interessantes, pois poderiam ser utilizados em menor número de pulverizações para o controle de pragas que atacam folhas novas, que, ao serem emitidas, receberiam os compostos das folhas mais velhas. Além disso, compostos que translocam no floema podem controlar pragas das raízes, mesmo aplicados em pulverização foliar, com expectativa de menor gasto de ingrediente ativo por hectare, em comparação com a aplicação no solo.

Estudos anteriores mostraram que apenas os inseticidas polares, com coeficiente de partição entre octanol e água ($\log K_{ow}$) abaixo de zero são translocáveis via floema. Os inseticidas sulfona de aldicarbe e vamidotiom são compostos polares, cujo transporte via floema em plantas já foi verificado (Bromilow et al., 1987; Oliveira & Rigitano, 1991). Porém, embora possua essa característica desejável, esses inseticidas são bastante tóxicos, o que torna inviável sua utilização em muitas culturas, principalmente naquelas cujos frutos serão consumidos “in natura”, uma vez que suas moléculas são transportadas para os frutos, conduzidas pela seiva elaborada nos vasos floemáticos.

Outro composto de natureza polar, mais recentemente introduzido no mercado, é o tiametoxam, cujo $\log K_{ow}$ é igual a -0,13 (Antunes-Kenyon & Kennedy, 2001), o que torna esperado seu transporte via floema. Trata-se de um inseticida com baixa toxicidade para mamíferos e, portanto, seu transporte para os frutos não é esperado inviabilizar o uso do mesmo nas culturas em geral.

Assim, objetivou-se investigar o transporte do tiametoxam via floema em mamoneira (*Ricinus communis* L.), utilizada como planta-modelo, pela facilidade de coleta de exsudados do floema da mesma.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada para a investigação da translocação do tiametoxam no floema de mamoneira foi baseada naquela desenvolvida por Bromilow et al. (1987).

2.1 Obtenção das plantas

Sementes de mamoneira da cultivar Guarani foram colocadas para germinar em bandeja contendo vermiculita. Após a emergência, as plântulas foram individualizadas em recipientes plásticos contendo 800 mL de solução nutritiva (Hoagland & Arnon, 1950) (meia-força). Placas de isopor foram utilizadas para manter as plantas suspensas sobre os recipientes. Para oxigenação, dentro de cada recipiente, foi adaptada uma mangueira fina contendo uma agulha de seringa em uma das extremidades, a qual ficou inserida em outra mangueira, mais grossa, que estava acoplada a uma bomba pneumática Hy Flo, modelo Júnior, ligado à rede elétrica. O funcionamento da bomba garantiu a aeração da solução nutritiva fornecida às plantas. O nível da solução nutritiva dentro dos recipientes foi mantido a cerca de 1 cm abaixo da borda do mesmo.

As plantas foram mantidas em casa-de-vegetação, onde as médias de temperatura e umidade relativa, registradas em termohigrógrafo, durante a condução dos ensaios, foram de 23°C (máx. 32°C e mín. 14°C) e 75% (máx. 98% e mín. 52%), respectivamente.

Após três semanas, quando atingiram cerca de 30 cm de altura, as plantas tiveram suas folhas cotiledonares e primárias removidas, restando um par de folhas desenvolvidas e uma folha apical em início de desenvolvimento.

Esse foi considerado como o estágio padrão para as plantas utilizadas nos experimentos.

2.2 Preparo da solução de tiametoxam para os experimentos

A partir da formulação Actara 250 WG[®] (250 g de tiametoxam kg⁻¹) foi preparada uma solução aquosa de tiametoxam na concentração teórica de 6,3 mg i.a. mL⁻¹. Essa concentração foi pré-definida admitindo-se a injeção de 5 µL de solução no pecíolo de cada folha e a quantidade de 31,5 µg de tiametoxam a ser injetada na mesma. Tal quantidade foi pré-estabelecida com base nos resultados de um teste preliminar, por meio do qual se estimou a quantidade de tiametoxam depositada por folha, quando aplicado em pulverização na dose recomendada (20 g de Actara 250 WG[®] 100 L⁻¹ de calda). Para isso, foram destacadas as folhas desenvolvidas de duas plantas representativas daquelas utilizadas nos experimentos, as quais tiveram seus pesos medidos antes e imediatamente após a pulverização, que foi feita com pulverizador manual comum, marca Brudden, até o ponto de escorrimento, com as folhas posicionadas verticalmente em relação à superfície. Com base nas diferenças entre os pesos, calculou-se o volume médio de calda retido por folha e a quantidade média de tiametoxam depositada por folha, que foi de 31,5 µg.

Para a preparação da solução de tiametoxam foram pesadas 126 mg da formulação comercial Actara 250 WG[®], as quais foram transferidas para um frasco Erlenmeyer de 50 mL (de vidro, com tampa de teflon). Foram adicionados 5 mL de água destilada ao frasco, o qual foi mantido em mesa agitadora por 30 minutos. A suspensão formada foi filtrada em papel-filtro e armazenada em freezer (-20°C) para posterior utilização nos experimentos. Para certificação da concentração de tiametoxam nessa solução, uma alíquota da mesma foi diluída e analisada por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) (subitem 2.7.3), cujo resultado revelou uma concentração de 3,58 mg de

tiametoxam por mL. A diferença entre essa concentração e aquela esperada ($6,3 \text{ mg mL}^{-1}$) é atribuída à incompleta dissolução do tiametoxam presente na formulação.

2.3 Aplicação de tiametoxam nos pecíolos das duas folhas desenvolvidas

Com auxílio de uma microseringa, foram injetados $8,8 \mu\text{L}$ da solução aquosa de tiametoxam ($3,58 \text{ mg mL}^{-1}$) no interior do pecíolo de cada folha desenvolvida. Cada folha recebeu, então, o equivalente a $31,5 \mu\text{g}$ de tiametoxam, totalizando $63 \mu\text{g}$ por planta.

As plantas permaneceram nos vasos contendo solução nutritiva, os quais foram identificados e mantidos em casa-de-vegetação.

Após 24, 48 ou 72 horas da aplicação da solução de tiametoxam, os recipientes contendo as plantas foram transferidos para outra bancada dentro da casa-de-vegetação para a coleta dos exsudados da seiva elaborada das plantas.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 (tempo após injeção) x 6 (partes da planta e solução nutritiva), com quatro repetições.

2.3.1 Coleta de seiva elaborada e preparo das amostras

Os exsudados do floema foram obtidos a partir de uma incisão superficial em forma de “V”, feita com auxílio de lâmina de bisturi, na parte inferior do caule (3 a 4 cm acima do início da raiz), em linha com a inserção da folha desenvolvida mais próxima. Incisões levemente mais profundas foram feitas quando as primeiras incisões não resultaram em início de exsudação de seiva elaborada. Os exsudados foram coletados em tubos capilares de vidro de capacidade para $50 \mu\text{L}$, suspensos em espuma presa a uma haste de metal. Foram coletados $100 \mu\text{L}$ de seiva elaborada de cada planta, que foram acondicionados em tubo de vidro com tampa. Ao tubo foram adicionados $0,9$

mL de uma mistura de água purificada (Milli-Q) + acetonitrila, na proporção 75:25, a fim de se obter um volume final de 1 mL. Esta mistura corresponde à mesma utilizada como fase móvel no sistema CLAE. Após agitação do balão, a amostra foi filtrada em filtro 0,45 µm, acoplado a uma seringa de vidro, e armazenada em frascos de vidro com tampa, em freezer (-20°C), para posterior determinação quantitativa do composto.

2.3.2 Coleta das diferentes partes das plantas e da solução nutritiva

Após a coleta dos exsudados, as plantas foram seccionadas individualmente em diferentes partes: lâminas das folhas desenvolvidas, pecíolos tratados, folha apical, caule e raízes. As partes foram pesadas individualmente em balança de precisão, acondicionadas separadamente em papel alumínio e mantidas em freezer (-20°C) até sua análise.

Para investigar a eventual translocação do tiametoxam para a solução nutritiva, foram coletados 200 mL da mesma, os quais foram submetidos à extração do tiametoxam, purificação do extrato e posterior determinação do inseticida, conforme será descrito adiante.

2.4 Aplicação de tiametoxam no pecíolo de apenas uma das folhas desenvolvidas

Esse experimento foi conduzido com o propósito de investigar a translocação do tiametoxam de uma folha desenvolvida tratada com o inseticida para a outra folha desenvolvida (folha oposta), a qual não foi tratada com o inseticida.

Utilizaram-se plantas de mamoneira com três semanas de idade, obtidas conforme item 2.1. O composto foi aplicado injetando-se 8,8 µL da solução aquosa de tiametoxam (item 2.3) no pecíolo da folha desenvolvida mais nova de

quatro plantas, e no pecíolo da folha desenvolvida mais velha, de outras quatro plantas.

Avaliaram-se as quantidades de tiametoxam (μg) na folha tratada, folha oposta, folha apical e no pecíolo tratado, seguindo a mesma metodologia descrita anteriormente.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos (pecíolo da folha mais nova e pecíolo da folha mais velha) e quatro repetições (plantas).

2.5 Concentração de tiametoxam na seiva elaborada de mamoneira ao longo do tempo

Esse experimento foi realizado com o intuito de verificar a variação da concentração de tiametoxam no floema de mamoneiras que receberam o composto via injeção nos pecíolos, ao longo das primeiras horas após a aplicação.

O composto, em solução aquosa já preparada (item 2.2), foi injetado, com auxílio de uma microseringa, no interior dos pecíolos das folhas desenvolvidas de mamoneiras, obtidas da mesma forma que no item 2.1. O volume injetado foi o mesmo utilizado nos experimentos anteriores, ou seja, 8,8 μL em cada pecíolo.

Logo após a injeção do inseticida iniciaram-se as coletas de seiva, conforme descrito anteriormente. Neste experimento, os exsudados foram continuamente coletados, sendo transferidos, a cada hora, para um tubo de vidro com tampa.

Foram realizadas 11 coletas por planta ao longo do dia, com início às 8 horas e final às 19 horas, em três plantas, sendo cada uma delas considerada uma repetição.

2.6 Concentração de tiametoxam nas partes superior e inferior do caule de mamoneira

Neste experimento objetivou-se verificar a variação na concentração de tiametoxam presente na seiva elaborada entre um ponto do caule próximo ao local de aplicação, ou seja, logo abaixo dos pecíolos das folhas desenvolvidas, e um ponto próximo às raízes, correspondendo a uma distância em torno de 20 cm.

O composto, em solução aquosa já preparada (item 2.2), foi injetado, com auxílio de uma microseringa, no interior dos pecíolos das folhas desenvolvidas de mamoneiras, obtidas da mesma forma que no item 2.1. O volume injetado foi o mesmo utilizado nos experimentos anteriores, ou seja, 8,8 µL em cada pecíolo.

Às 72 horas após a injeção da solução aquosa de tiametoxam nos pecíolos, coletaram-se 100 µL de exsudado do floema de três plantas, nas partes superior e inferior do caule, conforme descrito anteriormente, sendo que na parte superior do caule a incisão se deu cerca de 3 a 4 cm abaixo da inserção da folha desenvolvida localizada mais abaixo.

2.7 Determinação quantitativa do tiametoxam

Os procedimentos utilizados para determinação do tiametoxam nas amostras de tecido vegetal, de seiva elaborada e solução nutritiva foram adaptados daqueles descritos por Bromilow et al. (1987), para extração e purificação dos extratos, e por Novartis Crop Protection (1998), para determinação quantitativa do tiametoxam.

2.7.1 Extração do tiametoxam

A extração de tiametoxam em amostras de tecido vegetal foi feita com auxílio de almofariz, utilizando-se acetona como solvente extrator, até completa

remoção da coloração verde das amostras, considerada indicativo de uma boa extração. O extrato obtido foi transferido, utilizando-se pipeta de Pasteur, para um balão volumétrico (capacidade para 100 mL), passando por algodão colocado em funil de vidro suspenso sobre o balão. Completou-se o volume até a marca dos 100 mL, sendo o balão mantido em freezer (-20°C) até o momento da purificação do extrato.

No caso da amostra de solução nutritiva (200 mL), esta foi transferida para funil de separação e submetida a três partições sucessivas com 100 mL de diclorometano. As fases orgânicas foram passadas em sulfato de sódio anidro suspenso em funil de vidro e coletadas em balão de fundo redondo (capacidade para 500 mL). Em seguida, o diclorometano foi removido com auxílio de um rotavapor e os resíduos transferidos, em 2 mL de acetona, para um tubo de centrífuga, o qual foi mantido em freezer (-20°C) até o momento da purificação do extrato.

2.7.2 Purificação dos extratos

A purificação dos extratos foi realizada por meio de sistema de cromatografia de camada delgada (CCD). Em se tratando de extratos de tecido vegetal, inicialmente retiraram-se alíquotas de 2,5; 10; 25; 10 e 10 mL dos mesmos, respectivamente nos casos de folhas desenvolvidas, folha apical, pecíolos, caule e raízes. No caso de extrato de solução nutritiva, retirou-se uma alíquota de 1 mL, correspondente a 50% do extrato. Cada alíquota foi transferida para um balão de fundo redondo (capacidade para 50 mL) e submetida à remoção da acetona (e água, no caso de extratos de tecido vegetal), com auxílio de um rotavapor, com banho a 50°C.

Os resíduos no balão foram transferidos, com auxílio de pipeta de Pasteur e quatro lavagens sucessivas com 0,25 mL de acetona, para uma cromatoplaça de vidro, de 20 x 10 cm, contendo camada de 0,5 mm de sílica-gel

60 GF₂₅₄, utilizada como fase estacionária. A amostra foi distribuída ao longo de uma linha a 3 cm da base da cromatoplaca, a qual recebeu a aplicação de uma solução padrão de tiametoxam nas margens, na mesma linha de aplicação da amostra, sendo as margens isoladas por meio de remoção da sílica ao longo de linhas verticais, feitas com lápis.

Colocou-se a cromatoplaca dentro de uma cuba de vidro contendo uma mistura de diclorometano + acetona, na proporção 100:150 (sistema de solventes pré-determinado, utilizado como fase móvel), ficando apenas a base da placa submersa.

Após a mistura de solventes atingir uma altura de cerca de 2 cm abaixo da borda superior da cromatoplaca, a mesma foi retirada da cuba e colocada para secar dentro de capela com exaustor ligado.

Sob luz ultravioleta, identificou-se a faixa correspondente à banda do tiametoxam (FR = 0,55), e transferiu-se a sílica dessa faixa para um funil de vidro contendo algodão. O funil de vidro estava suspenso sobre um balão de fundo redondo (capacidade para 50 mL). Foram realizadas três lavagens com 10 mL de acetona para remoção do tiametoxam adsorvido na sílica-gel.

A acetona foi eliminada em rotavapor com banho a 50°C. O resíduo dentro do balão foi dissolvido em uma solução de água purificada (Milli-Q) + acetonitrila, na proporção 75:25, que corresponde à mesma solução utilizada como fase móvel no sistema CLAE, totalizando um volume final de 1 mL. Após agitação do balão, a amostra foi filtrada em filtro 0,45 µm, acoplado a uma seringa de vidro, e armazenada em frascos de vidro com tampa, em freezer (-20°C), para posterior determinação quantitativa do composto.

2.7.3 Cromatografia líquida de alta eficiência

Após a extração do tiametoxam e purificação dos extratos, procedeu-se a quantificação do composto nos extratos purificados, que foi feita em sistema

CLAE (modelo Agilent 100 Séries, com detector de UV). O aparelho estava equipado com uma coluna LiChroCART (25 cm de comprimento e 3 mm de diâmetro interno), preenchida com LiChrospher RP-18, 5 μ m. Utilizou-se como fase móvel uma solução de água purificada (Milli-Q) e acetonitrila, na proporção 75:25, com um fluxo de 0,3 mL por minuto, operando com 254 nm. O tempo de retenção do tiametoxam foi em torno de 10 minutos.

Quantificou-se o tiametoxam comparando-se as áreas dos picos das amostras com a curva de calibração obtida injetando-se soluções de padrão analítico do composto, o qual foi obtido junto a Syngenta Proteção de Culturas Ltda. e apresentava especificações de pureza acima de 99%.

2.8 Eficiência dos procedimentos analíticos

Para verificar a eficiência dos procedimentos utilizados para a determinação quantitativa do tiametoxam, foram realizados testes de recuperação do composto aplicado em quantidades conhecidas em amostras de folhas, caule e raízes, além da solução nutritiva. Os resultados obtidos para folhas e caule foram extrapolados para folha apical e pecíolos, respectivamente, considerando-se que os tecidos são semelhantes. As plantas utilizadas tinham a mesma idade das plantas utilizadas nos experimentos e foram obtidas da mesma forma.

Após a separação das partes da planta, as mesmas foram pesadas e transferidas para um almofariz, ao qual foi adicionada uma alíquota de 1 mL de solução de tiametoxam, em acetona, na concentração 2 μ g mL⁻¹ ou 20 μ g mL⁻¹ (fortificação).

No caso de solução nutritiva, amostras da mesma (200 mL) receberam a aplicação de 1 mL das soluções de tiametoxam. Após a fortificação seguiram-se os procedimentos normais de extração, purificação e determinação quantitativa,

conforme descritos anteriormente. Para cada substrato e concentração de tiametoxam foram conduzidas duas repetições.

2.9 Análises estatísticas

Os dados obtidos no teste de aplicação de tiametoxam nos pecíolos das duas folhas desenvolvidas e aqueles de aplicação de tiametoxam no pecíolo de apenas uma das folhas desenvolvidas foram submetidos à análise de variância. Para isso foi utilizado o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000). Nos casos em que o teste F da ANAVA foi significativo, a comparação das médias foi feita pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância (Scott & Knott, 1974).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Eficiência dos procedimentos analíticos

Os resultados dos testes de recuperação do tiametoxam nas amostras de diferentes partes da mamoneira e da solução nutritiva fortificadas com o composto revelaram porcentagens de recuperação entre 81 e 104% (Tabela 1). Isso mostra que o método analítico utilizado é adequado para determinação do tiametoxam nesses substratos.

TABELA 1. Recuperação (%) do tiametoxam em amostras de diferentes partes da planta fortificadas com o composto.

Parte analisada	Repetição	Peso ou volume da amostra	Fortificação	
			2 µg	20 µg
Folhas	1	10,2	89	86
	2	9,1	78	82
	Média	9,7	83	84
Caule	1	9,5	105	92
	2	9,0	100	83
	Média	9,2	102	87
Raízes	1	14,5	90	82
	2	14,8	104	80
	Média	14,7	97	81
Solução nutritiva	1	200	88	86
	2	200	98	89
	Média	200	93	87

Os resultados obtidos nos experimentos foram corrigidos em função dos valores médios da porcentagem de recuperação. Para correção da quantidade encontrada nas folhas, o valor utilizado foi o referente à fortificação com 20 µg de tiametoxam, por se aproximar mais dos valores observados para essa parte da planta. Já para corrigir os valores encontrados para o caule, as raízes e a solução nutritiva, utilizaram-se os valores médios recuperados na fortificação com 2 µg de tiametoxam de cada uma das partes. Para a correção das quantidades encontradas na folha apical e nos pecíolos, optou-se pela porcentagem recuperada na fortificação com 2 µg de tiametoxam nas folhas e no caule, respectivamente.

Com base no limite mínimo de detecção de tiametoxam no sistema CLAE utilizado (0,01 µg mL⁻¹) e na ausência de interferentes com tempos de retenção na coluna cromatográfica coincidentes com o do tiametoxam, conforme verificado na análise de amostras controle, foram estimados os limites mínimos de quantificação do composto em 0,05 µg g⁻¹ para folhas desenvolvidas, 0,01 µg

g^{-1} no caso das demais partes da planta e $0,0001 \mu\text{g mL}^{-1}$ em amostras de solução nutritiva.

3.2 Translocação de tiametoxam após aplicação nos pecíolos das duas folhas desenvolvidas

Logo às 24 horas após aplicação, a maior parte do inseticida foi encontrada nas lâminas das folhas desenvolvidas, indicando um rápido transporte, via xilema, dos pecíolos para as lâminas foliares. O composto foi também encontrado, embora em quantidades relativamente baixas, na folha apical, no caule, nas raízes e na solução nutritiva (Tabela 2), como resultado do seu transporte via floema nas plantas. Esse transporte via floema também foi evidenciado pela presença de tiametoxam no exsudado de seiva elaborada coletado na parte inferior do caule.

TABELA 2. Distribuição do tiametoxam em mamoneira após sua injeção no interior dos pecíolos das duas folhas desenvolvidas (média ± erro padrão).

Tempo após injeção	Concentração no exsudado do floema ($\mu\text{g mL}^{-1}$)*	Quantidade (μg) nas partes das plantas e na solução nutritiva**					
		Lâminas foliares	Pecíolos	Folha apical	Caule	Raízes	Solução nutritiva
24 h	1,01 ± 0,12	26,93 ± 1,86 aC	9,19 ± 3,01 bB	0,67 ± 0,17 aA	1,76 ± 0,11 aA	0,50 ± 0,08 aA	0,24 ± 0,02 aA
48 h	1,15 ± 0,26	30,61 ± 2,91 bB	2,22 ± 0,66 aA	1,12 ± 0,19 aA	1,91 ± 0,40 aA	0,64 ± 0,19 aA	0,55 ± 0,13 aA
72 h	0,82 ± 0,12	24,67 ± 1,29 aB	1,61 ± 0,15 aA	1,60 ± 0,24 aA	2,22 ± 0,14 aA	1,05 ± 0,17 aA	1,45 ± 0,12 bA
CV(%)	36,19				37,76		

43

*Médias com diferenças não significativas pelo teste F ($P>0,05$). **Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P>0,05$).

Esses resultados confirmaram a esperada translocação do tiametoxam no floema de mamoneira, por se tratar de um inseticida polar, com $\log K_{ow} = -0,13$. De acordo com Bromilow et al. (1987), compostos polares ($\log K_{ow} < 0$), por terem baixa taxa de permeação através de membranas celulares, conseguem permanecer nos vasos do floema por um tempo maior, o que permite serem transportados por longas distâncias através desses vasos. A mobilidade floemática de compostos polares também foi verificada por Chamberlain et al. (1984) e Bromilow et al. (1990).

Com base no peso das lâminas foliares e na quantidade do composto encontrada nas mesmas, calcularam-se as concentrações do inseticida no floema em relação às encontradas nas lâminas foliares. Os valores médios calculados corresponderam a 34, 30 e 26%, às 24, 48 e 72 horas após injeção nos pecíolos, respectivamente. Admitindo-se que a concentração do tiametoxam no floema nas lâminas foliares seja semelhante àquela no tecido da lâmina foliar (em função da grande ramificação dos vasos e, portanto, grande área de contato entre os vasos do floema e o restante do tecido foliar), esses valores indicam uma diminuição em torno de 70% na concentração do tiametoxam no floema, entre as lâminas foliares e a parte inferior do caule, em uma distância em torno de 30 cm.

Esses resultados são comparáveis aos de Bromilow et al. (1987) para compostos com polaridade semelhante à do tiametoxam. Esses autores observaram redução nas concentrações de oxamil ($\log K_{ow} -0,47$) e 3-mesilfenilureia ($\log K_{ow} -0,12$), entre a lâmina foliar e o exsudado do floema coletado na região inferior do caule, em torno de 75 e 55%, respectivamente. Tal redução foi atribuída pelos autores ao escape dos compostos do floema à medida que são transportados descendentemente em mamoneira.

A quantidade de tiametoxam na folha apical, às 72 horas após injeção nos pecíolos, foi correspondente a 6,5% da quantidade encontrada nas lâminas das folhas desenvolvidas e 2,5% da quantidade aplicada.

Nos pecíolos constatou-se uma diminuição acentuada da quantidade do composto de 24 para 48 horas, e depois para 72 horas após injeção (Tabela 2), o que mostra um rápido transporte do composto, via xilema, do pecíolo para a respectiva lâmina foliar. Isso ocorre por que os vasos do xilema são mais internos que os do floema e em se tratando do interior do pecíolo, uma vez injetado, o composto entra em contato primeiramente com os vasos xilemáticos. Além disso, como o fluxo é bastante intenso no xilema, a maior parte do composto é rapidamente transportada para a lâmina foliar. Outra possibilidade é de que ao injetar a solução de tiametoxam, a agulha da microseringa, que danifica os tecidos devido ao orifício necessário para atingir o espaço oco do pecíolo, tenha causado o rompimento de alguns vasos do xilema, resultando em sucção de parte da solução injetada para esses vasos e destes para as lâminas foliares.

No caule e nas raízes foram encontradas quantidades muito baixas de tiametoxam (Tabela 2), o que é atribuído ao escape do composto do floema e seu retorno para as folhas, via xilema. Isso é esperado ser mais pronunciado nas raízes, em função da superfície de escape ser maior, devido à ramificação dos vasos. Oliveira & Rigitano (1991) estudaram o transporte do vamidotiom e seus metabólitos ativos (sulfóxido e sulfona de vamidotiom), via floema, em plantas de trigo e de feijão, e também encontraram baixa concentração do composto nas raízes.

A presença de tiametoxam na solução nutritiva indica que o escape do composto do floema não ocorre exclusivamente para o xilema, mas também para o córtex da raiz, se difundindo daí para a solução nutritiva. Essa difusão ocorreu gradativamente, com quantidades crescentes do composto sendo encontradas nas

raízes até 72 horas desde a aplicação (Tabela 2). Com base no peso das raízes e no volume de solução nutritiva contido no recipiente, calcularam-se as concentrações de $0,06 \mu\text{g g}^{-1}$ nas raízes e de $0,002 \mu\text{g mL}^{-1}$ na solução nutritiva, indicando que uma situação de equilíbrio entre essas concentrações ainda não havia sido atingida. Briggs et al. (1982) observaram que a concentração de pesticidas não ionizáveis, com $\log K_{ow} < 0$, nas raízes de plantas desenvolvendo-se em solução nutritiva, tende a ser muito próxima àquela na solução nutritiva.

Baseando-se nas quantidades de tiametoxam encontradas nas diferentes partes das plantas e na solução nutritiva foram calculadas as quantidades totais remanescentes do composto após 24, 48 e 72 horas desde a aplicação. Em relação à quantidade aplicada, esses valores representaram 62, 59 e 52%, respectivamente. Essa diminuição observada é atribuída à degradação do composto no interior da planta.

3.3 Translocação de tiametoxam após aplicação no pecíolo de apenas uma das folhas desenvolvidas

A aplicação do tiametoxam no pecíolo de apenas uma das folhas desenvolvidas resultou na translocação do composto, embora em quantidades relativamente baixas, para a folha oposta (não tratada), não tendo sido constatada diferença nessa translocação quando a aplicação foi feita na folha desenvolvida mais velha ou na folha desenvolvida mais nova (Tabela 3).

TABELA 3. Distribuição do tiametoxam em mamoneira após sua injeção no interior do pecíolo de uma das folhas desenvolvidas, após 72 h desde a aplicação (média \pm erro padrão).

Tratamento	Quantidade (μg) nas partes das plantas*			
	Folha tratada	Folha oposta	Folha apical	Pecíolo tratado
Injeção no pecíolo da folha desenvolvida mais nova	14,31 \pm 0,89	0,97 \pm 0,32	0,72 \pm 0,14	0,42 \pm 0,04
Injeção no pecíolo da folha desenvolvida mais velha	12,35 \pm 1,29	0,64 \pm 0,23	0,69 \pm 0,20	0,93 \pm 0,27
CV(%)	18,7	36,9	25,9	26,2

*Médias com diferenças não significativas pelo teste F ($P > 0,05$).

O fato de o composto ter aparecido na folha oposta não-tratada mostra sua redistribuição dentro da planta. No experimento anterior, em que se trataram os dois pecíolos, se inferiu que após descer via floema, da folha tratada para o caule e as raízes, o composto retornou para a parte aérea, ou seja, para as lâminas foliares. Este experimento, em que se tratou apenas o pecíolo de uma das folhas desenvolvidas, permitiu observar que o composto chegou à folha oposta não tratada, após ter descido via floema e se difundido para o xilema ao longo do caule e também nas raízes. Parte do composto teria retornado para a folha tratada e outra parte para a folha oposta, implicando em difusão do mesmo, no caule ou raízes, para os vasos do xilema associados à folha oposta (não tratada).

O total do composto que foi exportado, ou seja, que saiu das folhas via floema, no período de 72 horas, corresponde ao somatório do que foi encontrado na folha apical mais o dobro da quantidade encontrada na folha oposta não tratada, assumindo que quantidade igual do composto teria retornado para a folha tratada. Então, das 31,5 μg aplicadas no pecíolo mais novo, pelo menos 2,24 μg ou 7,1% foi exportado via floema para outras partes da planta, sendo

que as quantidades do composto no caule, raízes e solução nutritiva não foram consideradas.

3.4 Concentração de tiametoxam na seiva elaborada de mamoneira ao longo do tempo

Já na primeira hora após a injeção nos pecíolos encontrou-se tiametoxam nos exsudados do floema das plantas. A concentração do composto aumentou gradativamente ao longo do tempo, chegando a um nível máximo em torno de sete horas após aplicação, quando se estabilizou. As concentrações médias variaram de 0,5 a 2 μg de thiamethoxam por mL de seiva elaborada (Figura 1).

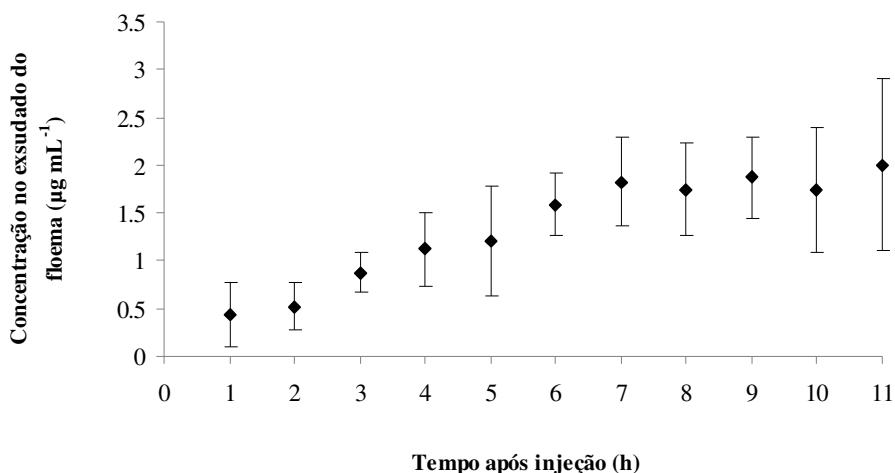


FIGURA 1 Concentração de tiametoxam na seiva elaborada de mamoneira após injeção do composto no interior dos pecíolos.

Esses resultados são coerentes com os de Bromilow et al. (1987), que observaram a presença de aldoxicarbe ($\log K_{ow} = -0,57$), já na primeira hora após injeção nos pecíolos de folhas desenvolvidas de mamoneira. As concentrações desse composto também foram aumentando gradativamente, até atingirem o equilíbrio após seis horas desde a aplicação.

Embora tenha sido verificada a presença do tiametoxam já na primeira hora após injeção nos pecíolos, os resultados indicam que não houve uma transferência acentuada do produto, da solução de aplicação ainda no pecíolo, diretamente para o floema no mesmo. Se isso tivesse ocorrido, a concentração encontrada na seiva elaborada coletada no caule seria muito maior nas primeiras horas após a injeção, uma vez que a solução de aplicação tinha concentração de tiametoxam ($3580 \mu\text{g mL}^{-1}$) muito maior do que aquelas encontradas na seiva elaborada ($0,5$ a $2,0 \mu\text{g mL}^{-1}$).

Além disso, as concentrações máximas encontradas na seiva elaborada nesse experimento não foram muito maiores do que aquelas encontradas após 48 ou 72 horas desde a aplicação (item 3.2), quando a concentração do composto nos pecíolos já se encontrava muito baixa, em função de sua translocação predominantemente para as lâminas foliares.

3.5 Concentração de tiametoxam nos exsudados do floema coletados nas partes superior e inferior do caule de mamoneira

No experimento em que foram coletados exsudados de floema nas partes superior e inferior do caule de mamoneiras que receberam a aplicação de tiametoxam no pecíolo, foi constatado que a concentração do composto no exsudado coletado na parte inferior do caule ($0,50 \mu\text{g mL}^{-1}$ de seiva) foi cerca de 20% menor do que a aquela na parte superior do caule ($0,63 \mu\text{g mL}^{-1}$ de seiva). Esses resultados confirmam que à medida que o tiametoxam é transportado descendente nas plantas, via floema, o composto vai escapando dos vasos do floema para os tecidos do caule adjacentes a esses vasos.

3.6 Considerações Finais

Embora a translocação floemática do inseticida tiametoxam tenha sido confirmada no presente trabalho, a sua aplicação em folhas desenvolvidas de

mamoneira resultou em quantidades relativamente baixas do composto na folha apical não tratada e nas raízes.

Admitindo-se que o padrão de distribuição do tiametoxam observado em mamoneira seja semelhante em outras plantas, parece impossível que a aplicação do composto na forma de pulverização sobre as folhas resulte no controle de insetos-praga mastigadores que se alimentam de raízes ou de folhas emitidas após a pulverização desse inseticida.

No entanto, uma vez que o tiametoxam foi encontrado em concentrações apreciáveis na seiva elaborada coletada no caule de mamoneira, em relação à sua concentração nas folhas tratadas, é de se esperar que a translocação floemática desse inseticida, após sua pulverização sobre as folhas de outras plantas, possa exercer o controle de insetos-praga sugadores de seiva elaborada, atacando partes da planta que não receberam a pulverização do composto.

Oliveira & Rigitano (1991) observaram padrões de distribuição do inseticida vamidotiom em trigo e feijoeiro, após a aplicação do composto em folhas desenvolvidas, semelhantes ao observado para o tiametoxam no presente trabalho em mamoneira. O vamidotiom é um inseticida reconhecidamente translocável via floema em plantas, sendo que sua pulverização sobre folhas de videira resultou no controle da cochonilha pérola da terra *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel) (Hemiptera: Margarodidae), que ataca as raízes (Teixeira et al., 2002).

Alguns trabalhos têm mostrado que o tiametoxam, aplicado na modalidade de esguicho no colo de plantas de cafeeiro, proporciona o controle não apenas do bicho-mineiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-Ménéville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) em folhas, mas também de insetos-praga sugadores dessa cultura, como a cochonilha-da-raiz-e-da-roseta *Planococcus minor* (Maskell), a cochonilha-da-raiz *Dysmicoccus texensis* (Tinsley) (= *bispinosus* Beardsley) (Hemiptera: Pseudococcidae) e a cigarra-do-cafeeiro *Quesada gigas*

(Olivier) (Hemiptera: Cicadidae) (Souza & Reis, 2004; Souza et al., 2006, 2007a,b).

Embora o tiametoxam possa entrar em contato com insetos sugadores das raízes, a partir da solução do solo, é possível também que o inseticida, após penetrar o tronco ou a região inicial da raiz principal, chegue até os vasos do floema e seja transportado junto com a seiva elaborada até pontos mais afastados no sistema radicular, atuando sobre cochonilhas e ninfas de cigarras que estejam se alimentando da seiva floemática nesses locais.

No caso da cochonilha-da-raiz-e-da-roseta, embora o tiametoxam possa atingir os frutos e folhas novas via xilema, é de se esperar que a seiva elaborada vinda das folhas desenvolvidas para os frutos e folhas novas, seiva esta contendo tiametoxam, possa contribuir para o controle desta cochonilha e, eventualmente, da broca-do-café. Ainda que esta última refira-se a uma espécie com hábito mastigador, os frutos constituem-se em um dreno apreciável de seiva elaborada.

4 CONCLUSÕES

O tiametoxam é transportado tanto no xilema como no floema em mamoneira.

Uma vez aplicado nas folhas desenvolvidas dessas plantas, o tiametoxam é transportado, via floema, para folhas novas, caule e raízes, embora em quantidades relativamente baixas em relação à quantidade aplicada.

A translocação do tiametoxam verificada em mamoneira reforça a hipótese segundo a qual compostos polares translocam via floema em plantas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES-KENYON, S.E.; KENNEDY, G. **Tiametoxam**: a new active ingredient review. Massachusetts: Massachusetts Pesticide Bureau, 2001. 37p.

BRIGGS, G.G.; BROMILOW, R.H.; EVANS, A.A. Relationships between lipophilicity and root uptake and translocation of non-ionised chemicals by barley. **Pesticide Science**, Oxford, v.13, n.5, p.495-504, 1982.

BROMILOW, R.H.; CHAMBERLAIN, K.; PATIL, S.G. A rapid method using *Ricinus communis* for the estimation of phloem translocation of xenobiotics. **Pesticide Science**, Oxford, v.30, n.1, p.1-12, 1990.

BROMILOW, R.H.; RIGITANO, R.L.O.; BRIGGS, G.G.; CHAMBERLAIN, K. Phloem translocation of non-ionised chemicals in *Ricinus communis*. **Pesticide Science**, Oxford, v.19, n.2, p.85-99, 1987.

CHAMBERLAIN, K.; BURRELL, M.M.; BUTCHER, D.N.; WHITE, J.C. Phloem transport of xenobiotics in *Ricinus communis* var. Gibsonii. **Pesticide Science**, Oxford, v.15, n.1, p.1-8, 1984.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p.255-258.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water culture method for growing plants without soil**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950. 32p. (Circular, 347).

NOVARTIS CROP PROTECTION. **Determination of CGA 293343 and CGA 322704 by HPLC**: residue method 179.03. Basel, 1998. 46p.

OLIVEIRA, P.C.; RIGITANO, R.L.O. Translocação e degradação do inseticida vamidotiom em plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Prática**, Lavras, v.15, n.4, p.331-428, 1991.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M.A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Raleigh, v.30, n.3, p.507-512, 1974.

SOUZA, J.C. de; OLIVEIRA, B.M.; SANTA-CECÍLIA, L.V.C.; SILVA, R.A.; REIS, P.R. Controle de cochonilhas-farinhas na raiz e rosetas de cafeeiro Conilon, no norte do Espírito Santo, pela aplicação de thiamethoxam 250 WG em esguicho (“drench”) no colo da planta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 32., 2006, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2006. p.130-131.

SOUZA, J.C. de; REIS, P.R. Eficiência de modos de aplicação da mistura de thiamethoxam e cyproconazole, complementada ou não pelo thiamethoxam, formulação WG, no controle das cigarras, ferrugem e bicho-mineiro do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 30., 2004, São Lourenço, MG. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2004. p.281-283.

SOUZA, J.C. de; REIS, P.R.; RIBEIRO, J.A.; SANTA-CECÍLIA, L.V.C.; SILVA, R.A. Controle químico da cochoniha-da-raiz, *Dysmicoccus texensis* (TINSLEY, 1900) em cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v.2, n.1, p.29-37, 2007a.

SOUZA, J.C. de; REIS, P.R.; SILVA, R.A. **Cigarras do cafeeiro em Minas Gerais**: histórico, reconhecimento, biologia, prejuízos e controle. 2.ed. Belo Horizonte: Epamig, 2007b. 48p. (Epamig. Boletim técnico, 80).
TEIXEIRA, I.; BOTTON, M.; LOECK, A.E. Avaliação de inseticidas visando ao controle de *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel) (Hemiptera: Margarodidae) em novos plantios de videira. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.31, n.3, p.457-461, 2002.

CAPÍTULO 3

RESUMO

O tiametoxam é reconhecidamente pouco estável quando exposto à luz solar, portanto, a sua rápida penetração no tecido foliar é importante para se obter um desejável efeito residual desse inseticida. Neste trabalho objetivou-se avaliar a influência de adjuvantes sobre a penetração do tiametoxam em folhas de mamoneira, utilizada como planta-modelo, pela facilidade de coleta de seiva elaborada da mesma. Utilizaram-se plantas com três semanas de idade, desenvolvendo-se em solução nutritiva. Os cotilédones e as folhas primárias foram removidos das plantas-teste, restando apenas duas folhas desenvolvidas e uma apical. Os tratamentos consistiram de pulverização, sobre as folhas desenvolvidas, de calda contendo 0,5 g de Actara 250 WG[®] L⁻¹, sem e com a adição dos adjuvantes Agril-320, Iharaguen-S, Nimbus, Pentrabark, Tergitol NP8, Tergitol NP9 e Triomax, utilizados nas dosagens recomendadas. Preparou-se um tratamento adicional utilizando tiametoxam puro obtido a partir da purificação do produto comercial. A penetração foliar do tiametoxam foi avaliada após 72 horas, medindo-se a quantidade do composto removida das folhas pela lavagem com acetona, a sua concentração no tecido foliar após essa lavagem e a sua concentração no exsudado do floema coletado no caule. As determinações quantitativas do tiametoxam foram feitas em sistema de cromatografia líquida de alta eficiência. Constatou-se em todos os tratamentos a ocorrência de tiametoxam na seiva elaborada e na folha apical (não tratada), confirmando a translocação floemática desse inseticida, também quando aplicado em pulverização sobre as folhas, porém, em relação aos adjuvantes testados nenhum deles influenciou expressivamente a penetração do tiametoxam nas folhas de mamoneira. A adição de adjuvantes aumentou o espalhamento do composto na superfície da folha, expondo-o mais à fotodegradação.

CHAPTER 3

ABSTRACT

The insecticide thiamethoxam is known to be little stable when exposed to the sunlight, therefore, its fast penetration in the foliar tissue is important to obtain a desirable residual effect of this insecticide. In this work it was aimed to evaluate the influence of adjuvants on the penetration of thiamethoxam in leaves of castor bean plant, used as model plant, due to the easiness of collection of elaborated sap from these plants. Test plants had three weeks of age, growing in nutrient solution, with the cotyledons and primary leaves being removed, remaining two developed leaves and an apical developing leaf. The treatments consisted of spraying, on the developed leaves, of an aqueous suspension containing 0,5 g of Actara 250 WG[®] L⁻¹, with and without the adjuvants Agril-320, Iharaguen-S, Nimbus, Pentrabark, Tergitol NP8, Tergitol NP9 and Triomax, used at their recommended rates. It was also carried out an additional treatment using an aqueous solution of pure thiamethoxam, extracted from the commercial product and subsequently purified. The foliar penetration of thiamethoxam was evaluated after 72 hours, being measured the amount of the compound removed from the leaves by washing with acetone, its concentration in the foliar tissues after washing and its concentration in the phloem exudate collected in the stem. The quantitative determinations of thiamethoxam were performed by high performance liquid chromatography. Thiamethoxam was found in the elaborated sap and in the apical leaf (not treated) of plants from all treatments, showing the phloem translocation of this insecticide, also when sprayed on the leaves of castor bean plant. However, none of the tested adjuvants influenced expressively the foliar penetration of thiamethoxam in these plants. On the other hand, the adjuvants increased the spreading of the compound in the surface of the leaf, with greater exposure to photo degradation.

1 INTRODUÇÃO

Os inseticidas sistêmicos, aqueles que são transportados nos sistemas vasculares das plantas, têm várias vantagens sobre os inseticidas que não têm essa propriedade. A ação sistêmica de inseticidas aplicados em pulverização sobre as folhas depende, no entanto, da capacidade desses compostos penetrarem as folhas e serem transportados, via floema, das folhas tratadas para outras partes das plantas.

Raros são os inseticidas translocáveis no floema das plantas. Segundo a literatura, isso ocorre porque apenas os compostos polares, com coeficiente de partição entre octanol e água ($\log K_{ow}$) abaixo de zero, são translocáveis a longas distâncias nos vasos do floema, sendo que a maioria dos inseticidas é pouco polar (Pettersen et al., 1978; Tyree et al., 1979; Bromilow et al., 1987; Oliveira & Rigitano, 1991).

O inseticida tiametoxam é um composto polar, com $\log K_{ow} = -0,13$ (Antunes-Kenyon & Kennedy, 2001) e, portanto, sua translocação no floema de plantas é esperada. Porém, o tiametoxam é pouco estável quando exposto à luz solar (Schwartz et al., 2000; Antunes-Kenyon & Kennedy; 2001), de maneira que a sua rápida penetração no tecido foliar é importante para a expressão da ação sistêmica desse inseticida.

Para auxiliar na penetração de pesticidas em plantas têm sido bastante utilizados compostos adjuvantes, tanto em conjunto com herbicidas, no combate às plantas invasoras, como em associação com inseticidas. Embora sejam mais escassos os estudos com esses últimos, alguns trabalhos mostraram que os adjuvantes proporcionam uma melhora na penetração dos compostos em plantas cultivadas (Chamberlain et al., 1987; Oliveira & Rigitano, 1991; Baker et al., 1992; Almeida et al., 2007).

Assim objetivou-se avaliar a influência de alguns adjuvantes sobre a penetração do tiametoxam em folhas de mamoneira (*Ricinus communis* L.), utilizada como planta-modelo pela facilidade de coleta de seiva elaborada da mesma.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção das plantas

Sementes de mamoneira da cultivar Guarani foram colocadas para germinar em bandeja contendo vermiculita. Após a emergência, as plântulas foram individualizadas em recipientes plásticos contendo 800 mL de solução nutritiva (Hoagland & Arnon, 1950) (meia-força). Placas de isopor foram utilizadas para manter as plantas suspensas sobre os recipientes. Para oxigenação, dentro de cada recipiente, foi adaptada uma mangueira fina contendo uma agulha de seringa em uma das extremidades, a qual ficou inserida em outra mangueira, mais grossa, que estava acoplada a uma bomba pneumática Hy Flo, modelo Júnior, ligado à rede elétrica. O funcionamento da bomba garantiu a aeração da solução nutritiva fornecida às plantas. O nível da solução nutritiva dentro dos recipientes foi mantido a cerca de 1 cm abaixo da borda do mesmo.

As plantas foram mantidas em casa-de-vegetação, onde as médias de temperatura e umidade relativa, registradas em termohigrógrafo, durante a condução dos ensaios, foram de 22°C (máx. 32°C e mín. 12°C) e 74% (máx. 95% e mín. 53%), respectivamente.

Após três semanas, quando atingiram cerca de 30 cm de altura, as plantas tiveram suas folhas cotiledonares e primárias removidas, restando um

par de folhas desenvolvidas e uma folha apical em início de desenvolvimento. Esse foi considerado como o estágio padrão para as plantas utilizadas nos experimentos.

2.2 Adjuvantes testados e preparo das caldas de pulverização

Os nomes comerciais, princípios ativos e concentrações dos adjuvantes testados encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1. Nomes comerciais, princípios ativos e concentrações dos adjuvantes testados.

Nome comercial	Princípio ativo	Concentração na calda (v/v; produto comercial)
Agril - 320	N-dodecil benzeno sulfonato de sódio	0,02%
Iharaguen-S	Polioxietileno alquilfenol éter	0,01%
Nimbus	Óleo mineral parafínico	0,1%
PentraBark	Etoxilado de alquilfenol (organosilicone)	0,1%
Tergitol NP8	Etoxilado de nonilfenol	0,1%
Tergitol NP9	Etoxilado de nonilfenol	0,1%
Triomax	Óleo mineral	0,1%

Para o preparo das caldas de pulverização utilizou-se o produto comercial Actara 250 WG[®], na concentração de 0,1 g p.c. 200 mL⁻¹ de água, que corresponde à dosagem máxima recomendada do produto (200 g p.c. ha⁻¹), admitindo-se um gasto de 400 litros de calda por hectare. Foram preparados oito Erlenmeyers contendo 200 mL da calda inseticida, um para cada adjuvante testado e um para servir de testemunha (sem adjuvante).

Preparou-se uma calda adicional, desta vez utilizando tiametoxam puro obtido a partir da purificação da formulação comercial Actara 250 WG[®], descrita no item 2.3. Esse tratamento foi realizado com o intuito de investigar se no produto comercial utilizado existiria algum adjuvante, que poderia estar contribuindo para a penetração do tiametoxam na planta. Considerando esse, totalizaram-se nove tratamentos.

2.3 Purificação do tiametoxam a partir do Actara 250 WG[®]

Para obter o tiametoxam puro foi pesada em balança de precisão a mesma quantidade utilizada para o preparo das outras soluções, ou seja, 100 mg de Actara 250 WG[®]. A purificação foi realizada por meio do sistema de cromatografia de camada delgada (CCD).

Colocou-se a quantidade pesada em balão volumétrico (capacidade para 50 mL) com 30 mL de acetona e homogeneizou-se. O conteúdo foi filtrado em funil de vidro com algodão e coletado em outro balão volumétrico (capacidade para 50 mL), sendo então evaporado em rotavapor deixando um volume mínimo no balão. Com auxílio de pipeta de Pasteur, esse volume foi então transferido para duas cromatoplas de vidro, de 20 x 10 cm, contendo uma camada de 0,5 mm de sílica-gel 60 GF₂₅₄, utilizada como fase estacionária. Distribuiu-se metade do volume em cada cromatoplas, ao longo de uma linha a três cm da base. Cada cromatoplas foi colocada dentro de uma cuba de vidro contendo uma mistura de diclorometano + acetona na proporção 100:150 (sistema de solventes pré-determinado, utilizado como fase móvel), ficando apenas a base da placa submersa.

Após a mistura de solventes atingir uma altura de cerca de 2 cm abaixo da borda superior da cromatoplas, a mesma foi retirada da cuba e colocada para secar, dentro de capela com exaustor ligado.

Sob luz ultravioleta, identificou-se a faixa correspondente a banda do tiametoxam (FR = 0,55) e transferiu-se a sílica dessa faixa para um funil de vidro contendo algodão. O funil de vidro estava suspenso sobre um balão de fundo redondo (capacidade para 50 mL). Foram realizadas três lavagens com 10 mL de acetona para remoção do tiametoxam adsorvido na sílica-gel. Esse procedimento foi realizado com as duas cromatoplacas, formando, no final, apenas uma solução.

Essa solução passou por duas diluições (1:100 e 1:50), obtendo-se um fator de diluição de 5.000. Na segunda diluição a acetona (0,1 mL retirado da primeira diluição) foi evaporada e adicionados 5 mL de uma solução de água purificada (Milli-Q) + acetonitrila, na proporção 75:25, que corresponde à mesma solução utilizada como fase móvel em sistema de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). A concentração real dessa solução foi determinada em tal sistema e a partir dessa solução estoque de tiametoxam puro preparou-se a solução para pulverização.

2.4 Pulverização do tiametoxam nas folhas de mamoneira

Plantas com três semanas de idade foram separadas, já com suas folhas cotiledonares e primárias previamente removidas, e preparadas para pulverização. Para tal, foi colocado um saco plástico de forma que protegesse todo o recipiente e as partes da planta que não poderiam entrar em contato com o inseticida, ou seja, folha apical, pecíolos e caule. Foi colocada uma folha de papel comum para proteger a superfície abaxial da folha oposta no momento da pulverização.

A pulverização foi feita dentro de um compartimento fechado da casa-de-vegetação, utilizando um pulverizador manual comum, marca Brudden. Padronizou-se apenas uma borrifada em cada uma das folhas desenvolvidas, que

estavam posicionadas verticalmente em relação à superfície. O pulverizador foi posicionado a aproximadamente 25 centímetros da folha a ser pulverizada.

Após a pulverização nas duas folhas desenvolvidas, a planta foi colocada para secar a sombra, ao ar livre. Depois de seca, as plantas permaneceram nos recipientes contendo solução nutritiva, os quais foram mantidos em casa-de-vegetação.

Às 72 horas após a aplicação da solução de tiametoxam, os recipientes contendo as plantas foram transferidos para outra bancada dentro da casa-de-vegetação para a coleta dos exsudados da seiva elaborada das plantas.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com nove tratamentos e três repetições.

2.5 Coleta de seiva elaborada

A penetração foliar do tiametoxam nos diferentes tratamentos foi avaliada de duas formas: quantificação do composto na seiva elaborada e quantificação do composto no tecido foliar, após a lavagem das folhas com acetona.

Os exsudados do floema foram obtidos a partir de uma incisão superficial em forma de “V”, feita com auxílio de lâmina de bisturi, na parte inferior do caule (3 a 4 cm acima do início da raiz), em linha com a inserção da folha desenvolvida mais próxima. Incisões levemente mais profundas foram feitas quando as primeiras incisões não resultaram em início de exsudação de seiva elaborada. Os exsudados foram coletados em tubos capilares de vidro de capacidade para 50 µL, suspensos em espuma presa a uma haste de metal. Foram coletados 100 µL de seiva elaborada de cada planta, que foram acondicionados em tubo de vidro com tampa. Ao tubo foram adicionados 0,9 mL de uma mistura de água purificada (Milli-Q) + acetonitrila, na proporção 75:25, a fim de se obter um volume final de 1 mL. Esta mistura corresponde à

mesma utilizada como fase móvel no sistema CLAE. Após agitação do balão, a amostra foi filtrada em filtro 0,45 µm, acoplado a uma seringa de vidro, e armazenada em frascos de vidro com tampa, em freezer (-20°C), para posterior determinação quantitativa do composto.

2.6 Coleta e lavagem das folhas

Após a coleta dos exsudados, as plantas foram levadas ao laboratório e tiveram seccionadas as lâminas das folhas desenvolvidas e a folha apical. A folha apical foi pesada em balança de precisão, acondicionada em papel alumínio e mantida em freezer (-20°C) até sua análise. As folhas desenvolvidas foram seccionadas em partes menores, pesadas conjuntamente e submetidas à remoção do tiametoxam não-penetrado. Para isso segurou-se cada parte da folha com uma pinça, sobre um bécquer de capacidade para um litro. Com auxílio de um pisseta as partes foram lavadas com acetona abundantemente (cerca de 200 mL para as duas folhas). O volume gasto para a lavagem das folhas foi anotado e desse foram retirados 10 mL que foram submetidos à eliminação da acetona em rotavapor. Em seguida os resíduos foram dissolvidos em 1 mL da fase móvel utilizada no sistema CLAE, sendo a solução submetida à filtração e posterior análise nesse sistema. As partes das folhas já lavadas com acetona foram conjuntamente acondicionadas em papel alumínio e mantidas em freezer (-20°C) até sua análise.

2.7 Determinação quantitativa do tiametoxam

Os procedimentos utilizados na determinação do tiametoxam nas amostras de tecido vegetal, de seiva elaborada e solução nutritiva foram adaptados daqueles descritos por Bromilow et al. (1987), para extração e purificação dos extratos, e por Novartis Crop Protection (1998), para determinação quantitativa do tiametoxam.

2.7.1 Extração do tiametoxam

A extração de tiametoxam nas amostras de tecido vegetal foi feita com auxílio de almofariz, utilizando-se acetona como solvente extrator, até completa remoção da coloração verde dos mesmos, considerada indicativo de uma boa extração. O extrato obtido foi transferido, utilizando-se pipeta de Pasteur, para um balão volumétrico (capacidade para 100 mL), passando por algodão colocado em funil de vidro suspenso sobre o balão. Completou-se o volume até a marca dos 100 mL, sendo o balão mantido em freezer (-20°C) até o momento da purificação do extrato.

2.7.2 Purificação dos extratos

A purificação dos extratos foi realizada por meio do sistema CCD. Em se tratando de extratos de tecido vegetal, inicialmente retiraram-se alíquotas de 2,5 e 10 mL dos mesmos, respectivamente nos casos de folhas desenvolvidas e folha apical. Cada alíquota foi transferida para um balão de fundo redondo (capacidade para 50 mL) e submetida à remoção da acetona e da água, presente nos tecidos vegetais, com auxílio de um rotavapor, com banho a 50°C.

Os resíduos no balão foram transferidos, com auxílio de pipeta de Pasteur e quatro lavagens sucessivas com 0,25 mL de acetona, para uma cromatoplaça de vidro, de 20 x 10 cm, contendo camada de 0,5 mm de sílica-gel 60 GF₂₅₄, utilizada como fase estacionária. A amostra foi distribuída ao longo de uma linha a 3 cm da base da cromatoplaça, a qual recebeu a aplicação de uma solução padrão de tiametoxam nas margens, na mesma linha de aplicação da amostra, sendo as margens isoladas por meio de remoção da sílica ao longo de linhas verticais, feitas com lápis.

Colocou-se a cromatoplaça dentro de uma cuba de vidro contendo uma mistura de diclorometano + acetona, na proporção 100:150 (sistema de solventes

pré-determinado, utilizado como fase móvel), ficando apenas a base da placa submersa.

Após a mistura de solventes atingir uma altura de cerca de 2 cm abaixo da borda superior da cromatoplaça, a mesma foi retirada da cuba e colocada para secar, dentro de capela com exaustor ligado.

Sob luz ultravioleta, identificou-se a faixa correspondente à banda do tiametoxam (FR = 0,55), e transferiu-se a sílica dessa faixa para um funil de vidro contendo algodão. O funil de vidro estava suspenso sobre um balão de fundo redondo (capacidade para 50 mL). Foram realizadas três lavagens com 10 mL de acetona para remoção do tiametoxam adsorvido na sílica-gel.

A acetona foi eliminada em rotavapor com banho a 50°C. O resíduo dentro do balão foi dissolvido em uma solução de água purificada (Milli-Q) + acetonitrila, na proporção 75:25, que corresponde à mesma solução utilizada como fase móvel no sistema CLAE, totalizando um volume final de 2 mL. Após agitação do balão, a amostra foi filtrada em filtro 0,45 µm, acoplado a uma seringa de vidro, e armazenada em frascos de vidro com tampa, em freezer (-20°C), para posterior determinação quantitativa do composto.

2.7.3 Cromatografia líquida de alta eficiência

Após a extração do tiametoxam e purificação dos extratos, procedeu-se a quantificação do composto nos extratos purificados, que foi feita em sistema CLAE, modelo Agilent 100 Séries, com detector de UV.

O aparelho estava equipado com uma coluna LiChroCART (25 cm de comprimento e 3 mm de diâmetro interno), preenchida com LiChrospher RP-18, 5 µm. Utilizou-se como fase móvel uma solução de água purificada (Milli-Q) + acetonitrila, na proporção 75:25, com um fluxo de 0,3 mL por minuto, operando com 254 nm. O volume de injeção foi 20 µL e o tempo de retenção do tiametoxam em torno de 11 minutos.

Quantificou-se o tiametoxam comparando-se as áreas dos picos das amostras com a curva de calibração obtida injetando-se soluções de padrão analítico do composto, o qual foi obtido junto à Syngenta Proteção de Culturas Ltda. e apresentava especificações de pureza acima de 99%.

2.7.4 Eficiência dos procedimentos analíticos

As quantidades de tiametoxam encontradas nas folhas tratadas e na folha apical (não tratada) foram corrigidas com base nas percentagens médias de recuperação do composto, a partir de amostras de folhas fortificadas com o mesmo, descritas no capítulo anterior. Para correção da quantidade encontrada nas folhas tratadas, o valor utilizado (84%) foi referente à fortificação com 20 µg, por esta quantidade se aproximar mais dos valores encontrados nas folhas tratadas. Para a folha apical, o valor utilizado (83%) foi o referente à fortificação com 2 µg.

Nos casos de quantificação do tiametoxam na solução de lavagem (com acetona) das folhas tratadas e na seiva elaborada, considerou-se uma eficiência de 100% para os procedimentos analíticos, uma vez que esses não envolveram passos que indicassem possível perda do composto ou mascaramento dos resultados.

2.8 Estabilidade do tiametoxam em lâminas de vidro

Esse experimento foi realizado com o intuito de auxiliar na análise dos resultados referentes à penetração e degradação do tiametoxam nas folhas de mamoneira.

Utilizaram-se lâminas de vidro retangulares, de 7,6 x 2,5 cm, utilizadas em microscopia. Distribuíram-se 20 µL da solução de tiametoxam que foi utilizada para pulverização nas plantas (tratamento Testemunha 1), em forma de gotículas de 1 µL, com auxílio de uma microsseringa, sobre toda a superfície de

cada lâmina de vidro. Foram utilizadas oito lâminas, sendo duas repetições para cada tempo de avaliação, os quais foram 0 (logo após aplicação), 24, 48 e 72 horas após da aplicação.

Após o tempo determinado, cada lâmina foi lavada com 20 mL de acetona, com auxílio de uma pipeta de Pasteur. A solução de lavagem foi transferida para um balão de fundo redondo e depois de evaporada a acetona em um rotavapor, diluíram-se os resíduos em 2 mL da mistura água Milli-Q e acetonitrila na proporção 75:25. As soluções assim obtidas foram filtradas em filtro 0,45 µm, acoplado a uma seringa de vidro e armazenadas em frascos de vidro com tampa, em freezer (-20°C), para posterior determinação quantitativa do composto, que foi realizada em sistema CLAE.

2.9 Análise estatística

Os dados referentes à distribuição do tiametoxam em mamoneira após sua pulverização nas folhas desenvolvidas foram submetidos à análise de variância, sendo utilizado o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000). Nos casos em que o teste F da ANOVA foi significativo, a comparação das médias foi feita pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância (Scott & Knott, 1974).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Penetração foliar e translocação do tiametoxam em mamoneira

A distribuição do tiametoxam nas folhas e sua concentração na seiva elaborada das plantas submetidas aos diferentes tratamentos são mostradas na Tabela 2. Em todos os tratamentos foi constatada a ocorrência de tiametoxam na

seiva elaborada e na folha apical (não tratada), confirmando a translocação floemática desse inseticida, quando aplicado em pulverização sobre as folhas.

TABELA 2. Distribuição do tiametoxam em mamoneiras 72 horas após sua pulverização nas folhas desenvolvidas, usando-se suspensões aquosas de Actara 250 WG[®] (0,05 g p.c. 100 mL⁻¹) com diferentes adjuvantes (médias ± erro padrão).

Tratamento	Concentração no exsudado do floema ($\mu\text{g mL}^{-1}$) [*]	Quantidade (μg) nas partes das plantas e na solução de lavagem [*]		
		Folhas desenvolvidas	Folha apical	Solução de lavagem
Testemunha 1 ^{**}	0,39 ± 0,06 b	17,56 ± 0,24 b	0,47 ± 0,10 a	8,10 ± 1,14 a
Agril – 320	0,23 ± 0,01 a	14,17 ± 1,39 b	0,46 ± 0,05 a	7,10 ± 0,54 a
Iharaguen S	0,18 ± 0,03 a	9,86 ± 1,64 a	0,32 ± 0,07 a	7,40 ± 0,25 a
Nimbus	0,21 ± 0,04 a	13,07 ± 1,51 a	0,57 ± 0,09 a	6,70 ± 0,64 a
PentraBark	0,28 ± 0,03 a	12,46 ± 1,57 a	0,82 ± 0,09 a	5,20 ± 0,36 a
Tergitol NP8	0,16 ± 0,02 a	12,09 ± 1,27 a	0,49 ± 0,07 a	8,10 ± 1,32 a
Tergitol NP9	0,49 ± 0,02 b	17,10 ± 1,13 b	0,66 ± 0,12 a	6,60 ± 1,59 a
Triomax	0,23 ± 0,03 a	11,28 ± 0,89 a	0,55 ± 0,10 a	5,30 ± 1,04 a
Testemunha 2 ^{***}	0,25 ± 0,05 a	14,68 ± 0,66 b	0,44 ± 0,10 a	18,80 ± 3,34 b
CV(%)	22,69	15,62	29,40	30,62

^{*}Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P>0,05); ^{**}Produto comercial sem adição de adjuvante; ^{***}Tiametoxam purificado e sem adjuvante.

Analisando-se a concentração de tiametoxam na seiva elaborada, constatou-se que apenas o tratamento com o adjuvante NP9 diferiu da Testemunha 2 (tiametoxam puro, sem adjuvante), indicando algum efeito positivo desse adjuvante na penetração do inseticida. Contudo, o tratamento com NP9 não diferiu da Testemunha 1 (Actara 250 WG[®] sem adição de adjuvante), indicando que o efeito positivo desse adjuvante foi baixo e não aditivo ao efeito de adjuvante(s) possivelmente presente(s) na formulação Actara 250 WG[®].

Além disso, quando comparadas as quantidades de tiametoxam na folha apical, não foi constatada diferença entre os tratamentos, mostrando efeito não significativo dos adjuvantes testados na penetração foliar do tiametoxam.

Com relação às quantidades de tiametoxam na solução de lavagem e nas folhas desenvolvidas (após a lavagem), a análise estatística indica diferença significativa entre os tratamentos, mas, as diferenças entre esses (com exceção à quantidade do inseticida na solução de lavagem no tratamento Testemunha 2) não foram tão expressivas. Assim, a significância estatística pode ter sido resultado de diferenças entre os tratamentos com relação ao tamanho médio das folhas.

Em todos os tratamentos, as quantidades encontradas no interior das folhas tratadas foram inferiores a 28% da quantidade aplicada sobre as mesmas, a qual foi estimada em 63 µg (2 folhas). Tal quantidade foi estimada pulverizando-se folhas destacadas de plantas com mesma idade daquelas utilizadas nos experimentos, pesando-se as folhas antes e imediatamente após a pulverização. Com base no volume de calda depositado por folha e na concentração do composto na calda, a quantidade média de tiametoxam por folha foi estimada em 31,5 µg.

A quantidade relativamente baixa de tiametoxam no interior das folhas, em relação à quantidade aplicada, é atribuída à sua degradação no interior da folha e, principalmente, à fotodegradação do composto não penetrado. Como

será visto adiante, a alta suscetibilidade do tiametoxam à fotodegradação foi confirmada no presente trabalho.

As concentrações do tiametoxam na seiva elaborada, em relação à quantidade do composto nas folhas tratadas, foram semelhantes aos valores encontrados nos experimentos onde o composto foi injetado no pecíolo das folhas (capítulo anterior). Isso indica que a lavagem das folhas com acetona foi eficiente na remoção do composto não penetrado e que a quantidade remanescente nas folhas após a lavagem reflete a quantidade efetivamente penetrada nas folhas.

Analisados como um todo, os resultados mostraram que nenhum dos adjuvantes testados contribuiu de forma significativa para a penetração foliar do tiametoxam e conseqüente transporte do mesmo dentro da planta, o que pode ser, em parte, devido à natureza polar do composto. De acordo com Stevens (1984) compostos polares têm maior dificuldade em penetrar nas folhas e, quando o fazem, é de forma mais lenta e através de rotas aquosas ao longo da cutícula, como poros e estômatos. Também para Chamberlain et al. (1987) compostos de lipofilicidade intermediária ($\log K_{ow}$ entre 1 e 3) penetram melhor nas folhas do que os mais polares ou muito lipofílicos.

Entretanto, particularmente em relação ao adjuvante NP8, os presentes resultados discordam daqueles observados por Chamberlain et al. (1987) em folhas de cevada, que observaram uma melhora expressiva na penetração de compostos não-ionizáveis com a adição de NP8, incluindo compostos com polaridade semelhante à do tiametoxam, como o aldoxicarbe (sulfona de aldicarbe), de $\log K_{ow} = -0,57$, e o 3-mesilfenilureia, de $\log K_{ow} = -0,12$. Em outro trabalho, a adição de NP8 melhorou a penetração de compostos polares como acefato ($\log K_{ow} = -0,9$) e 3-mesilfenilureia em folhas de milho, beterraba, morango e canola, sendo esse efeito mais pronunciado durante as primeiras 24 horas após aplicação (Baker et al., 1992).

Para Stevens & Bukovac (1987) os adjuvantes nem sempre melhoram a penetração de pesticidas nas folhas, pois seus efeitos na absorção foliar são conseqüências da interação entre os ingredientes ativos de ambos (pesticida e adjuvante) e a composição da superfície foliar. Logo a penetração pode variar com as espécies de plantas e também com os diferentes compostos. Para os autores, dentre as propriedades dos adjuvantes relacionadas a uma maior absorção por parte da planta, estão sua natureza higroscópica e capacidade de solubilização do ingrediente ativo do pesticida, especialmente no caso daqueles mais polares, além da capacidade de molhamento da superfície foliar e de penetração nas camadas cerosas da folha.

Convém salientar que nesse estudo a pulverização foi realizada na superfície adaxial (superior) da folha e que se essa aplicação tivesse sido direcionada para a superfície abaxial (inferior) poderia resultar em maior penetração do inseticida, uma vez que, de acordo com Pimenta (2004), em plantas dicotiledôneas, os estômatos encontram-se em maior quantidade na face inferior da folha.

Em se tratando da solução de lavagem, o tratamento com tiametoxam puro mostrou uma maior quantidade do composto em relação aos demais tratamentos. A explicação para isso não é clara, mas pode-se inferir que essa diferença seja devido à distribuição do composto na superfície foliar. Quando se usa um adjuvante, o composto fica mais espalhado na superfície, ou seja, há um melhor molhamento da folha em relação ao composto que foi aplicado sem adição de adjuvante. Após a secagem natural da folha, o composto cristaliza novamente, assemelhando-se a sua formulação original. No caso daquele adicionado de adjuvante, devido estar mais espalhado na superfície foliar, os cristais tendem a serem menores, ficando mais expostos à fotodegradação. Sem o adjuvante, o composto tende a ficar menos espalhado na superfície foliar e os cristais formados após a evaporação da água, tendem a serem maiores, ficando o

composto, portanto, menos exposto à radiação solar e conseqüente fotodegradação. No caso do tratamento com tiametoxam puro, como não houve adição de adjuvante, o produto teria degradado menos após sua secagem, logo, foi encontrado em maior quantidade na solução de lavagem em relação aos demais tratamentos, em que se tinha adição de adjuvante, ou mesmo em relação ao tratamento Testemunha 1 (Actara 250 WG® sem adição de adjuvante). Referente a este último, por se tratar do produto comercial, pode conter alguma substância adjuvante em sua formulação, tornando-se, neste caso, comparável aos tratamentos com adjuvantes.

Outro fator importante é que, uma vez pulverizado, o composto penetra na folha enquanto a mesma ainda está molhada, pois a água funciona como um veículo para a penetração. Depois da secagem, devido à formação de cristais, o produto não consegue mais penetrar na folha. Isso está de acordo com Stevens (1984) que afirmou que a penetração do composto na folha é cerca de 200 vezes mais rápida durante o período inicial de secagem das gotas do que quando estas já estão totalmente secas. E ainda, para Stevens & Baker (1987) quando se formam cristais do composto, há um menor contato deste com a superfície foliar em que foi aplicado, o que é um fator relevante para a absorção do pesticida pela planta.

3.2 Estabilidade do tiametoxam em lâminas de vidro

O teste de estabilidade do tiametoxam em lâminas de vidro mostrou que o composto tem uma degradação rápida quando exposto à luz solar (Figura 1).

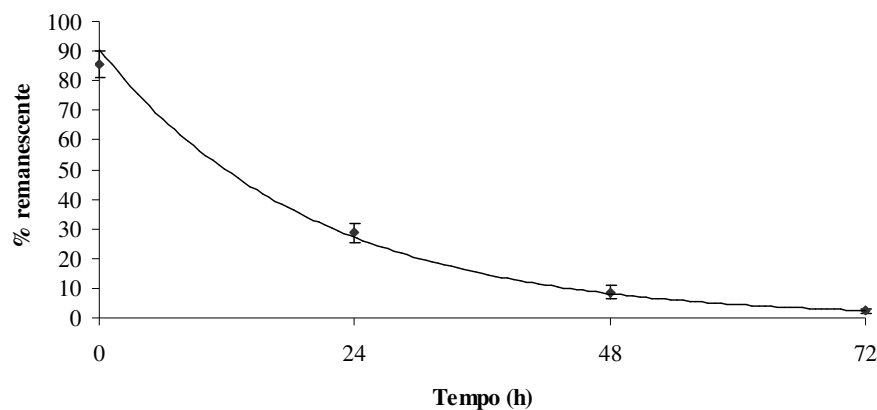


FIGURA 1 Quantidade (μg) de tiametoxam em solução obtida da lavagem de lâminas de vidro ao longo do tempo. Pontos representam média de duas repetições.

Às 24 horas após aplicação o composto havia degradado 66,3% em relação à quantidade aplicada (tempo 0). Às 48 horas após aplicação, a degradação já era de 89,5% e às 72 horas, 97,7% do composto já havia degradado. Tal cinética de degradação foi constatada seguir proximamente aquela de primeira ordem, com $k = -0,0502$ e $T_{1/2}$ (meia-vida) = 13,8 horas ($R^2 = 99,82\%$).

Esses resultados mostram que o tiametoxam é bastante foto instável, em concordância com relatos de Schwartz et al. (2000) e Antunes-Kenyon & Kennedy (2001).

A alta foto instabilidade do tiametoxam, conforme constatada no presente trabalho reforça a necessidade de se descobrirem adjuvantes que possam melhorar a penetração foliar desse inseticida de modo a aumentar seu efeito residual e permitir a translocação de maiores quantidades do composto no interior da planta. Em solos e no interior de plantas de cafeeiro, o tiametoxam

revelou-se bastante estável, conforme trabalhos de Castro (2005), Souza et al. (2006a, b) e Urzedo et al (2006).

4 CONCLUSÕES

Os adjuvantes testados não influenciam expressivamente a penetração do tiametoxam nas folhas de mamoneira.

A pulverização da solução aquosa de tiametoxam puro resulta em menor degradação do composto na superfície das folhas, em relação à pulverização de suspensão aquosa do composto formulado em grânulos dispersíveis em água, sem, contudo afetar a sua penetração nas folhas.

A alta suscetibilidade do tiametoxam à fotodegradação fica confirmada e, portanto, a busca por adjuvantes que aumentem a sua penetração foliar deve ser continuada.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J.E.M.; BATISTA FILHO, A.; COSTA, E.A.D. da. Efeito de adjuvantes em associação com thiamethoxam 250 WG e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin no controle de cigarrinha-da-raiz da cana-de-açúcar e *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854) (Hemiptera: Cercopidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.74, n.2, p.135-140, 2007.

ANTUNES-KENYON, S.E.; KENNEDY, G. **Thiamethoxam**: a new active ingredient review. Massachusetts: Massachusetts Pesticide Bureau, 2001. 37p.

BAKER, E.A.; HAYES, A.L.; BUTLER, R.C. Physicochemical properties of agrochemicals: their effects on foliar penetration. **Pesticide Science**, Oxford, v.34, n.2, p.167-182, 1992.

BROMILOW, R.H.; RIGITANO, R.L.O.; BRIGGS, G.G.; CHAMBERLAIN, K. Phloem translocation of non-ionised chemicals in *Ricinus communis*. **Pesticide Science**, Oxford, v.19, n.2, p.85-99, 1987.

CASTRO, N.R.A. **Sorção, degradação e lixiviação do inseticida thiamethoxam em latossolo e argissolo**. 2005. 161p. Tese (Doutorado em Entomologia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CHAMBERLAIN, K.; BRIGGS, G.G.; BROMILOW, R.H.; EVANS, A.A.; FANG, C.Q. The influence of physico-chemical properties of pesticides on uptake and translocation following foliar application. **Aspects of Applied Biology**, London, v.14, n.3, p.293-304, 1987.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p.255-258.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water culture method for growing plants without soil**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950. 32p. (Circular, 347).

NOVARTIS CROP PROTECTION. **Determination of CGA 293343 and CGA 322704 by HPLC**: residue method 179.03. Basel, 1998. 46p.

OLIVEIRA, P.C.; RIGITANO, R.L.O. Translocação e degradação do inseticida vamidotiom em plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Prática**, Lavras, v.15, n.4, p.331-428, 1991.

PETTERSON, C.A.; WILDT, P.Q.; EDGINGTON, L.V. A rationale for the ambimobile translocation of the nematocide oxamyl in plants. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v.8, n.1, p.1-9, 1978.

PIMENTA, J.A. Relações hídricas. In: KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. cap.1, p.1-39, 452p.

- SCHWARTZ, B.J.; SPARROW, F.K.; HEARD, N.E.; THEDE, B.M. Simultaneous derivatization and trapping of volatile products from aqueous photolysis of thiamethoxam insecticide. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.48, n.10, p.4671-4675, 2000.
- SCOTT, A.J.; KNOTT, M.A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Raleigh, v.30, n.3, p.507-512, 1974.
- SOUZA, J.C. de; REIS, P.R.; RIGITANO, R.L.O.; CIOCIOLA JÚNIOR, A.I. Eficiência de tiametoxam no controle do bicho-mineiro do cafeeiro: I., influência da modalidade de aplicação. **Coffee Science**, Lavras, v.1, n.2, p.143-149, 2006a.
- SOUZA, J.C. de; REIS, P.R.; RIGITANO, R.L.O.; CIOCIOLA JÚNIOR, A.I. Eficiência de tiametoxam no controle do bicho-mineiro do cafeeiro: II., influência da época de aplicação via irrigação por gotejamento. **Coffee Science**, Lavras, v.1, n.2, p.150-155, 2006b.
- STEVENS, P.J. **Molecular properties of the penetrant and other physico-chemical factors affecting foliar uptake and translocation of pesticides from spray droplets**. 1984. 274f. Thesis (Ph.D. in Agricultural Sciences)-University of Bristol, Bristol.
- STEVENS, P.J.; BAKER, E.A. Factors affecting the foliar absorption and redistribution of pesticides: I., properties of leaf surfaces and their interactions with spray droplets. **Pesticide Science**, Oxford, v.19, n.4, p.265-281, 1987.
- STEVENS, P.J.; BUKOVAC, M. Studies on octylphenoxy surfactants: part 1: effects of oxyethylene content on properties of potential relevance to foliar absorption. **Pesticide Science**, Oxford, v.20, n.1, p.19-35, 1987.
- TYREE, M.T.; PETTERSON, C.A.; EDGINGTON, L.V. A simple theory regarding ambimobility of xenobiotics with special reference to the nematocide, oxamyl. **Plant Physiology**, Washington, v.63, n.2, p.367-374, 1979.
- URZEDO, A.P.F.M.; RIGITANO, R.L.O.; GUERREIRO, M.C.; CASTRO, N.R.A. Dissipação do inseticida tiametoxam em solos da região de Lavras-MG. **Pesticidas**, Curitiba, v.16, p.31-38, 2006.

CAPÍTULO 4

RESUMO

Investigou-se o transporte do tiametoxam no floema de cafeeiro, após sua aplicação na forma de pulverização sobre as folhas ou na forma de esguicho no colo da planta. No ensaio de pulverização, realizado em casa-de-vegetação, aplicou-se Actara 250 WG[®] (0,5 g L⁻¹) + surfactante NP8 (0,1%) em mudas de cafeeiro, protegendo a folha apical da pulverização. Foram determinadas as quantidades de tiametoxam nas folhas desenvolvidas e na folha apical não tratada, aos 7, 14, 21 e 28 dias após pulverização. O experimento em que o tiametoxam foi aplicado na modalidade de esguicho na base do tronco foi realizado em campo, em um cafezal de cinco anos de idade, aplicando-se 0,6 g p.c. planta⁻¹. Amostras de frutos e folhas foram coletadas aos 30, 60 e 90 dias após aplicação. Foram quantificados também os resíduos de tiametoxam nos grãos e cascas de frutos coletados aos 120 dias da aplicação, após secagem e beneficiamento dos mesmos. As determinações do tiametoxam foram feitas por cromatografia líquida de alta eficiência. Realizou-se, em laboratório, um teste de eficiência do tiametoxam no controle da broca-do-café, colocando-se fêmeas adultas para se alimentar em frutos contaminados ou não com o composto. Os resultados mostraram uma baixa taxa de penetração do tiametoxam quando pulverizado sobre folhas de cafeeiro, ficando o composto bastante exposto à fotodegradação e pouco disponível para transporte no floema. Quando aplicado em esguicho no colo das plantas, concentrações do inseticida nas folhas e frutos foram mais altas aos 30 dias da aplicação, sendo que as razões entre as concentrações nas folhas e frutos foram bem inferiores à razão entre as respectivas taxas de transpiração, mostrando que o transporte do tiametoxam para os frutos do cafeeiro ocorre não apenas via xilema, mas também via floema. Os teores de tiametoxam nos frutos beneficiados foram toleráveis para grãos de café e para utilização das cascas em alimentação animal. O transporte do tiametoxam para os frutos proporcionou um controle apenas parcial da broca-do-café.

CHAPTER 4

ABSTRACT

The transport of thiamethoxam was investigated in the phloem of coffee plant, after its application on the leaves or on the trunk basis. In the foliar application experiment, carried out in a greenhouse, Actara 250 WG[®] (0.5 g L⁻¹) + surfactant NP8 (0.1%) was sprayed on coffee seedlings, with the apical leaf being protected from the spraying. They were determined the amounts of thiamethoxam in the developed leaves and in the apical non treated leaf, at 7, 14, 21 and 28 days after spraying. The trunk application experiment was carried out in the field, in a five year-old coffee plantation, being applied 0.6 g of Actara 250 WG[®], diluted in 50 mL of water, in the trunk basis of each plant. Samples of fruits and leaves were collected at 30, 60 and 90 days after application, and analysed for thiamethoxam content. Thiamethoxam residues in the grains and hulls of fruits collected at 120 days of the application were also determined after drying and processing of the fruits. The determinations of thiamethoxam were performed by high performance liquid chromatography. A bioassay to assess the efficiency of thiamethoxam in the control of the coffee berry borer was performed in the laboratory, by placing adult females to feed on contaminated or non contaminated fruits, collected from the field. The results showed a low rate of penetration of thiamethoxam when sprayed on coffee leaves, with the insecticide being exposed to photolysis and consequently little available for transport in the phloem. When applied on the basis of the plants, concentrations of the insecticide in the leaves and fruits were higher at 30 days of the application, with a subsequent decrease in the leaves more intense than in the fruits, and with the reasons between the concentrations in the leaves and fruits being much smaller than the reasons between the respective transpiration rates, showing that the transport of thiamethoxam to the fruits of coffee takes place not only in xylem, but also in the phloem. The thiamethoxam contents in the grains were in accordance with the tolerance for this insecticide and the residue levels in fruit hulls do not indicate problems for animal feeding. The transport of thiamethoxam to the fruits provided a partial control of the coffee berry borer.

1 INTRODUÇÃO

O cafeeiro tem sido cultivado em diversas regiões do mundo, sendo o Brasil o principal produtor e exportador, com 36% da produção mundial (45,85 milhões de sacas de 60 kg na safra 2007/08), possuindo mais de dois milhões de hectares plantados. Essa produção está dividida entre cafeeiro Conillon *Coffea canephora* (Pierre & Froehner) (10,58 milhões de sacas) e cafeeiro Arabica *Coffea arabica* L. (35,27 milhões de sacas) (Agrianual, 2009). O Estado de Minas Gerais é o maior produtor brasileiro, alcançando em 2007/08 uma produção de 23,39 milhões de sacas de 60 kg, em uma área de mais de um milhão de hectares (Agrianual, 2009).

No Sul de Minas Gerais o cafeeiro é responsável por 70% da renda das propriedades rurais (Cafezal, 2007), produzindo o café Arabica, principalmente as variedades Catuaí e Mundo Novo, que, segundo Matiello et al. (2005), ocupam quase 100% da área plantada no país.

Desde o início da cultura até a colheita, o cafeeiro é atacado por insetos, ácaros e nematóides que, quando não são combatidos, limitam em muitos casos, sua produção. O controle dos insetos tem sido feito, na maioria dos casos, com o uso de inseticidas, incluindo o tiametoxam.

O uso do tiametoxam na cafeicultura brasileira é relativamente recente e tem aumentado substancialmente nos últimos anos, visando principalmente o combate ao bicho-mineiro do cafeeiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-Ménéville) (Lepidoptera: Lyonetiidae), que é a principal praga dessa cultura. O produto é formulado em grânulos dispersíveis em água, sendo aplicado na forma de filete contínuo no solo ou esguicho no colo da planta, usando-se água como veículo (Souza et al., 2001; Andrei, 2005), sendo tais formas de aplicação decorrentes de

sua translocação, via xilema, para as folhas. Também tem sido aplicado na água de irrigação, em pivô e gotejo.

Estudos anteriores mostraram que o tiametoxam, diferentemente da maioria dos inseticidas, é transportado não apenas no xilema, mas também no floema de mamoneira, utilizada como planta-modelo (Rigitano et al., 2006; Torres & Rigitano, 2007). O transporte do tiametoxam no floema de cafeeiro seria potencialmente interessante, pois, uma vez no interior da planta, o produto poderia ser transportado em quantidades proporcionalmente maiores, em relação a compostos não translocáveis no floema, para folhas novas, frutos e raízes, contribuindo assim para maior eficiência de controle de pragas como a cochonilha-da-roseta *Planococcus minor* (Maskell), a cochonilha-da-raiz *Dysmicoccus texensis* (Tinsley) (= *bispinosus* Beardsley) (Hemiptera: Pseudococcidae), a broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), e a cigarra-do-cafeeiro *Quesada gigas* (Olivier) (Hemiptera: Cicadidae), que também são pragas importantes dessa cultura.

Assim, no presente estudo objetivou-se investigar o transporte do tiametoxam no floema de cafeeiro (*C. arabica*), após sua aplicação via pulverização sobre as folhas ou esguicho no colo da planta.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Translocação do tiametoxam em cafeeiro após aplicação foliar do inseticida

2.1.1 Obtenção das plantas

Mudas de cafeeiro (meio-ano), da cultivar Catucaí Amarelo 2SL, foram adquiridas junto à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – Centro Tecnológico do Sul de Minas (EPAMIG/CTSM) e plantadas individualmente em vasos de plástico (capacidade para 2 litros), contendo substrato composto por terra de barranco + esterco de curral, na proporção 3:1. As plantas foram mantidas em casa-de-vegetação e adubadas, cada uma, com 200 mL de solução nutritiva (Hoagland & Arnon, 1950), diluída na proporção 1:5, uma vez por semana.

As médias de temperatura e umidade relativa dentro da casa-de-vegetação, registradas em termohigrógrafo, durante a condução dos ensaios, foi de 22°C (máx. 32 ° e mín. 12 °C) e 73% (máx. 97% e mín. 49%), respectivamente.

2.1.2 Pulverização do tiametoxam

Após 45 dias, 30 plantas tiveram suas folhas apicais protegidas com um saco plástico pequeno, amarrado por um barbante, de modo que a calda de pulverização não as atingisse. Assim foram dispostas em uma fileira no chão e receberam, via pulverização, uma calda de tiametoxam (Actara 250 WG[®]) (0,5 g L⁻¹) + surfactante NP8 (0,1%).

A pulverização foi realizada por meio de um pulverizador de jato contínuo (marca Brudden) com capacidade para 1,5 L, caminhando-se de um

dos lados da fileira de plantas e voltando pelo outro lado, com o jato do pulverizador dirigido para as plantas, de uma forma que as abrangesse por completo.

Após a secagem das plantas, estas foram mantidas em casa-de-vegetação até o momento de avaliação.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco repetições (plantas), com as partes analisadas (folhas tratadas, solução de lavagem e folha apical) na parcela e os intervalos de tempo após aplicação do produto na subparcela.

2.1.3 Coleta da folha apical e das folhas desenvolvidas

As avaliações foram realizadas nos seguintes intervalos de tempo: logo após a pulverização, após 7, 14, 21 e 28 dias da pulverização.

As plantas foram levadas ao laboratório e tiveram seccionadas as lâminas da folha apical (ou folhas apicais, no caso de emissão de nova folha) e das duas folhas desenvolvidas logo abaixo desta. A folha apical foi pesada em balança de precisão, acondicionada em papel alumínio e mantida em freezer (-20°C) até sua análise. As folhas desenvolvidas foram pesadas conjuntamente e lavadas com acetona para remoção do tiametoxam que possa ter ficado na superfície das mesmas, não tendo penetrado nas folhas. Para tal, se segurou cada folha com uma pinça sobre um béquer de capacidade para um litro. Com auxílio de uma pisseta as folhas foram lavadas com acetona abundantemente. O volume gasto para a lavagem das folhas foi anotado e armazenado em vidro de cor âmbar, com tampa, em freezer (-20°C), até o momento da análise. As folhas desenvolvidas, posteriormente à remoção superficial do tiametoxam, foram acondicionadas em papel alumínio e mantidas em freezer (-20°C) até sua análise.

2.2 Translocação do tiametoxam em cafeeiro após sua aplicação no colo das plantas

2.2.1 Área experimental

Os testes foram conduzidos em uma área de cafeeiro da cultivar Topázio Amarelo, de cinco anos de idade, plantado de forma adensada, em espaçamento 2,0 x 0,80 m. As plantas haviam recebido duas aplicações do fungicida Opera[®] (1,5 L ha⁻¹) e adubação conforme recomendação para a cultura. As entrelinhas da lavoura foram mantidas livres de plantas daninhas utilizando-se de roçadeira motorizada.

Foram separadas seis linhas de 25 plantas cada uma, sendo utilizadas as quatro linhas centrais, ficando duas linhas como bordadura.

2.2.2 Aplicação do tiametoxam

O tratamento foi realizado em meados do mês de fevereiro, quando as plantas estavam com frutos na fase “chumbão”, aplicando-se na base do tronco das plantas 50 mL de calda contendo 0,6 g de Actara 250 WG[®] por planta. Para isso utilizou-se um béquero pequeno, simulando a modalidade de esguicho na base do tronco. Tal dose de aplicação foi baseada na dosagem máxima recomendada pelo fabricante, para o produto Actara 250 WG[®] em lavouras cafeeiras (2 kg ha⁻¹). Considerando o espaçamento de 2,0 x 0,8 m, a dose por planta seria equivalente a 0,32 g, porém, optou-se pela dose de 0,6 g por planta, em função de tal espaçamento proporcionar um número de plantas por hectare muito maior do que aqueles normalmente encontrados em lavouras cafeeiras, que variam entre 3000 e 3500 plantas ha⁻¹.

2.2.3 Coleta das folhas e frutos para análise

Foram realizadas coletas para dois bioensaios distintos: 1) distribuição de tiametoxam em folhas e frutos de cafeeiro ao longo do tempo; e 2) resíduos de tiametoxam em frutos de cafeeiro beneficiados.

No primeiro bioensaio foram realizadas coletas de folhas e frutos após 30, 60 e 90 dias da aplicação. Neste caso o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco repetições, sendo 20 plantas por repetição, com as partes analisadas (folhas e frutos) na parcela e os intervalos de tempo após aplicação do produto na subparcela.

As folhas foram retiradas do segundo e terceiro pares de ramos localizados no terço médio das plantas, selecionadas aleatoriamente dentro de cada conjunto de 20 plantas (repetição), tendo sido coletadas cerca de 100 folhas por parcela. Os frutos foram coletados dos mesmos ramos onde foram retiradas as folhas, sendo em torno de cinco por planta. As amostras de cada repetição foram armazenadas em sacos plásticos.

Em laboratório, as folhas de cada amostra foram cortadas em pedaços menores, dos quais se separou uma subamostra de 40 g. No caso de frutos, separou-se uma subamostra de 50 g para cada parcela experimental. Essas amostras foram armazenadas em sacos plásticos fechados, em freezer (-20°C), até o momento da análise.

No segundo biosensaio, aos 120 após a aplicação do tiametoxam nos cafeeiros da área experimental, foram coletados frutos de ramos localizados no terço médio de plantas tratadas, na quantidade de aproximadamente um quilo por repetição. Neste caso o delineamento foi inteiramente casualizado com cinco repetições, cada uma com 20 plantas, para comparar a concentração de tiametoxam em cascas e grãos de frutos de cafeeiro beneficiados.

Os frutos coletados foram levados a casa-de-vegetação, onde foram espalhados em cima de uma bancada forrada com lona preta. Dessa forma

permaneceram por duas semanas para secagem, sendo revolvidos diariamente. Após a secagem, as cascas foram separadas dos grãos utilizando um beneficiador de café de pequeno porte. Após a separação, cascas e grãos foram moídos em moinho tipo Willey, usando-se peneira com orifícios de 0,5 mm de diâmetro. Amostras de 40 g foram acondicionadas em freezer (-20°C) até o momento da análise.

2.3 Determinação quantitativa do tiametoxam

Os procedimentos analíticos utilizados para a quantificação do tiametoxam nas amostras de folhas e frutos de cafeeiro foram adaptados daqueles desenvolvidos por Bromilow et al. (1987), Rigitano et al. (1989) e Novartis Crop Protection (1998).

2.3.1 Extração do tiametoxam

No caso do experimento em casa-de-vegetação, devido ao pequeno peso das amostras de folhas, a extração do tiametoxam das mesmas foi feita com auxílio de almofariz, utilizando-se acetona como solvente extrator, até completa remoção da coloração verde das amostras, considerada indicativo de uma boa extração. O extrato obtido foi transferido utilizando-se pipeta de Pasteur para um balão volumétrico (capacidade para 100 mL), passando por algodão colocado em funil de vidro suspenso sobre o balão. Completou-se o volume até a marca dos 100 mL, no caso de folhas desenvolvidas, e até 50 mL para as folhas apicais. O balão foi mantido em freezer (-20°C) até o momento da purificação do extrato.

No caso das amostras de folhas e frutos do experimento em campo, essas foram submetidas à extração do tiametoxam em um homogeneizador, marca Equilabor, modelo EDF01, adicionando-se 200 mL de acetona e 100 mL de água ao copo do homogeneizador contendo a amostra. O tempo de trituração foi de cinco minutos, tanto para folhas como para frutos. O extrato foi filtrado em

papel-filtro colocado em funil de Büchner suspenso a um kitasato acoplado a uma bomba de sucção. Após medições do volume total do extrato, foram separados 100 mL do mesmo, que foram transferidos para frascos de vidro e armazenados em freezer (-20°C), para posterior purificação e análise.

2.3.2 Purificação dos extratos

A purificação dos extratos foi realizada por meio do sistema de cromatografia de camada delgada (CCD).

Em se tratando de extratos do experimento em casa-de-vegetação, inicialmente retirou-se uma alíquota de 2,5 e 5 mL dos mesmos, respectivamente nos casos de folhas desenvolvidas e folha apical. Cada alíquota foi transferida para um balão de fundo redondo (capacidade para 50 mL) e submetida à remoção da acetona e da água, presentes nos tecidos vegetais, com auxílio de um rotavapor, com banho a 50°C.

No caso das amostras de folhas e frutos do experimento em campo, uma alíquota do extrato correspondente a 10% do total foi submetida à evaporação da acetona em um rotavapor. Em seguida, transferiu-se a fase aquosa remanescente a um funil de separação, procedendo-se três partições sucessivas com 20 mL de diclorometano. As fases orgânicas foram passadas em sulfato de sódio anidro e conjuntamente coletadas em um balão de fundo redondo. Em seguida, o diclorometano foi removido com auxílio de um rotavapor, com banho a 50°C, e os resíduos transferidos, em 5 mL de acetona, para um tubo de centrífuga, que foi mantido em freezer (-20°C) até a fase seguinte do processo de purificação. Para tal, separou-se uma alíquota de 0,5 mL para extrato de folhas ou de 1 mL para extrato de frutos, a qual foi transferida para um balão de fundo redondo (capacidade para 50 mL). Em seguida eliminou-se a acetona em rotavapor, com banho a 50°C.

Os resíduos no balão foram transferidos, com auxílio de pipeta de Pasteur e quatro lavagens sucessivas com 0,25 mL de acetona, para uma cromatoplaça de vidro, de 20 x 10 cm, contendo camada de 0,5 mm de sílica-gel 60 GF₂₅₄, utilizada como fase estacionária. A amostra foi distribuída ao longo de uma linha a 3 cm da base da cromatoplaça, a qual recebeu a aplicação de uma solução padrão de tiametoxam nas margens, na mesma linha de aplicação da amostra, sendo as margens isoladas por meio de remoção da sílica ao longo de linhas verticais, feitas com lápis.

Colocou-se a cromatoplaça dentro de uma cuba de vidro contendo uma mistura de acetonitrila + diclorometano, na proporção 80:170 (sistema de solventes pré-determinado, utilizado como fase móvel), ficando apenas a base da placa submersa.

Após a mistura de solventes atingir uma altura de cerca de 2 cm abaixo da borda superior da cromatoplaça, a mesma foi retirada da cuba e colocada para secar, dentro de capela com exaustor ligado.

Sob luz ultravioleta, identificou-se a faixa correspondente à banda do tiametoxam (FR = 0,55), e transferiu-se a sílica dessa faixa para um funil de vidro contendo algodão. O funil de vidro estava suspenso sobre um balão de fundo redondo (capacidade para 50 mL). Foram realizadas três lavagens com 10 mL de acetona para remoção do tiametoxam adsorvido na sílica-gel.

A acetona foi eliminada em rotavapor, com banho a 50°C. O resíduo dentro do balão foi dissolvido em uma solução de água purificada (Milli-Q) + acetonitrila, na proporção 75:25, totalizando um volume final de 2 mL no caso de folhas desenvolvidas e de 1 mL no caso de folha apical. Após agitação do balão, a amostra foi filtrada em filtro 0,45 µm, acoplado a uma seringa de vidro, e armazenada em frascos de vidro com tampa, em freezer (-20°C), para posterior determinação quantitativa do composto.

2.3.3 Cromatografia líquida de alta eficiência

Após a extração do tiametoxam e purificação dos extratos, procedeu-se a quantificação do composto nos extratos purificados, que foi feita em sistema CLAE (modelo Agilent 100 Séries, com detector de UV). O aparelho estava equipado com uma coluna LiChroCART (25 cm de comprimento e 3 mm de diâmetro interno), preenchida com LiChrospher RP-18, 5 μ m. Utilizou-se como fase móvel uma solução de acetonitrila e água purificada (Milli-Q), na proporção 90:410, com um fluxo de 0,3 mL por minuto, operando com 254 nm. O tempo de retenção do tiametoxam foi de aproximadamente 18 minutos.

Quantificou-se o tiametoxam comparando-se as áreas dos picos das amostras com a curva de calibração obtida injetando-se soluções de padrão analítico do composto, o qual foi obtido junto a Syngenta Proteção de Culturas Ltda. e apresentava especificações de pureza acima de 99%.

2.3.4 Eficiência dos procedimentos analíticos

Para determinação da eficiência dos procedimentos analíticos utilizados, procedeu-se a fortificação de amostras de folhas e frutos provenientes de plantas não tratadas com tiametoxam. As amostras foram colocadas no copo do homogeneizador, tendo sido adicionado às amostras 1 mL de solução de tiametoxam, em acetona, em concentrações equivalentes a 0,02, 0,2, e 2 μ g g⁻¹ nas amostras. Em seguida, as amostras foram submetidas ao método analítico conforme descrito anteriormente para as amostras do experimento em campo. Para cada nível de fortificação foram conduzidas três repetições.

2.4 Avaliação da perda de água de folhas e frutos de cafeeiro

Esse experimento foi realizado com o intuito de auxiliar a interpretação dos resultados obtidos nos experimentos de translocação do tiametoxam nas

plantas. Para isso avaliou-se a perda de água de folhas e frutos, coletados na mesma área experimental do bioensaio anterior.

Para tal, foram coletados ramos de folhas e de frutos, localizados no terço médio das plantas e imediatamente colocados em um recipiente contendo água para manutenção da turgescência dos tecidos. Os ramos foram levados ao laboratório, onde se procedeu a limpeza dos mesmos com água corrente.

Para avaliação da perda de água das folhas, os ramos foram limpos, deixando-se apenas as duas folhas referentes ao 2º par, a partir do ápice, de cada ramo. No caso de frutos, as folhas foram retiradas, deixando-se cerca de 20 frutos em cada ramo. Para avaliar a perda de água do ramo sem folhas e sem frutos, esses foram removidos por completo. Todos os ramos avaliados foram cortados, ficando com aproximadamente 20 cm cada um.

Após a secagem das folhas ou frutos remanescentes com papel-toalha, os ramos foram transferidos para tubos de vidro de 8,5 cm de comprimento x 2,5 cm de diâmetro contendo água. Os ramos foram fixados nos tubos com um disco de isopor, o qual foi coberto com filme plástico de cloreto de polivinila (PVC), para garantir a vedação. Depois de montado, o sistema (ramo + tubo) foi pesado e numerado.

Os ramos foram mantidos à luz solar por oito horas consecutivas, sendo pesados no início e no final do período. Foram avaliados 12 ramos, sendo quatro repetições para folhas, quatro para frutos e quatro para ramos sem folhas ou frutos.

Foi calculada a diferença entre o peso inicial e o final de cada ramo (Δp). Dos valores obtidos para os ramos sem folhas ou frutos, foi calculada a média das quatro repetições e o valor obtido foi descontado do Δp de cada ramo de folha ou fruto.

Finalmente, as folhas e frutos foram removidos de seus respectivos ramos e foram pesadas separadamente. Assim, dividindo-se o Δp obtido pelo

peso das folhas ou frutos de cada repetição, obteve-se a taxa de perda de água, em mL g⁻¹.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, para comparar a perda de água de folhas e frutos de cafeeiro.

2.5 Avaliação da eficiência do tiametoxam no controle da broca-do-café

Foi realizado também um experimento para avaliar a eficiência do tiametoxam no controle da broca-do-café. Para isso, foram coletados frutos de cafeeiro não-broqueados, localizados no terço médio superior de plantas tratadas e não tratadas com tiametoxam, na mesma área experimental do experimento em campo. Da mesma forma foram coletados frutos broqueados, em plantas não tratadas, para retirada dos insetos a serem utilizados no experimento.

Fêmeas adultas foram retiradas de dentro dos frutos, com auxílio de um bisturi, e colocadas em contato com frutos não-broqueados, retirados de plantas tratadas com tiametoxam e de plantas testemunha. Os frutos infestados foram dispostos dentro de tubos de vidro de 8,5 cm de comprimento x 2,5 cm de diâmetro. Cada tubo foi fechado com filme plástico de PVC e mantido em temperatura ambiente por 4 ou 10 dias.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 30 repetições, sendo cada uma composta por um fruto e um inseto adulto. Foi avaliado o número de frutos broqueados e o número de insetos vivos nos dois tratamentos (testemunha e tiametoxam).

A eficiência do tiametoxam no controle da broca foi calculada pela fórmula de Abbott (Abbott, 1925), onde:

$$\% \text{ Ef} = \frac{\% \text{ mort trat} - \% \text{ mort test}}{100 - \% \text{ mort test}} \times 100$$

2.6 Análises estatísticas

Os dados referentes à quantidade/concentração do tiametoxam em folhas e frutos de cafeeiro, os relativos à perda de água de folhas e frutos de cafeeiro e aqueles de eficiência do tiametoxam no controle da broca-do-café foram submetidos à análise de variância, utilizando-se para tal o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000). Nos casos em que o teste F da ANAVA foi significativo, a comparação das médias foi feita pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância (Scott & Knott, 1974).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Eficiência dos procedimentos analíticos

Os resultados obtidos nos testes de eficiência dos procedimentos analíticos do tiametoxam em amostras de folhas de cafeeiro, fortificadas com o composto nas concentrações 0,02; 0,2 e 2 $\mu\text{g g}^{-1}$, revelaram percentuais de recuperação (média \pm erro padrão) de 98 ± 4 ; 94 ± 3 e 96 ± 4 , respectivamente. Nos casos de amostras de frutos, os percentuais foram 101 ± 3 ; 90 ± 4 e 90 ± 3 , respectivamente. Uma vez que tais valores foram próximos a 100%, as concentrações do tiametoxam nas amostras provenientes dos experimentos não foram corrigidas de acordo com os percentuais de recuperação.

Com base nos cromatogramas obtidos nas análises de amostras de folhas e frutos não fortificados (testemunha) e nos cromatogramas obtidos nas injeções das soluções padrão do composto, foram estabelecidos os limites mínimos de quantificação de 0,02 e 0,01 $\mu\text{g g}^{-1}$, para folhas e frutos, respectivamente.

3.2 Translocação do tiametoxam em cafeeiro após aplicação foliar do inseticida

As concentrações de tiametoxam nas folhas tratadas com o composto, na solução de lavagem (com acetona) dessas folhas e nas folhas apicais (não tratadas) são apresentadas na Tabela 1. Os resultados mostraram que a translocação do composto das folhas tratadas para as folhas apicais não tratadas foi muito baixa, uma vez que as concentrações nessas últimas estiveram abaixo do limite mínimo de quantificação ($0,02 \mu\text{g g}^{-1}$).

TABELA 1. Distribuição de tiametoxam em plantas de cafeeiro após sua pulverização sobre as folhas (média \pm erro padrão).

Tempo após pulverização	Quantidade (μg) [*]		
	Folhas tratadas	Solução de lavagem ^{**}	Folha apical (não tratada)
7 dias	4,37 \pm 1,16 bA	4,22 \pm 0,86 bA	n.d.
14 dias	3,30 \pm 0,41 bB	0,83 \pm 0,15 aA	n.d.
21 dias	1,85 \pm 0,19 aA	0,30 \pm 0,11 aA	n.d.
28 dias	1,61 \pm 0,18 aA	0,43 \pm 0,07 aA	n.d.
CV(%) _{parcela} : 27,40		CV(%) _{subparcela} : 60,70	

^{*}Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$). ^{**}Quantidade que não penetrou nas folhas. n.d. = não detectável ($< 0,02 \mu\text{g g}^{-1}$ de folha).

Conforme visto nos capítulos anteriores, o tiametoxam foi transportado, via floema, de folhas de mamoneira tratada com o composto para a folha apical não tratada. A não evidência de tal transporte em cafeeiro, conforme o presente trabalho, é atribuída, ao menos em parte, à penetração mais baixa do tiametoxam nas folhas de cafeeiro em relação às folhas de mamoneira. Nos casos de folhas de mamoneira, a quantidade penetrada do composto, aos 3 dias após a aplicação, foi em torno de duas vezes a quantidade não penetrada; no caso de folhas de

cafeeiro, a quantidade penetrada aos 7 dias após a aplicação foi próxima à quantidade não penetrada. Diferenças na composição da cutícula das folhas de mamoneira e cafeeiro podem ser uma das causas da diferença na quantidade penetrada nessas folhas, já que se trata de espécies de plantas pertencentes a famílias diferentes.

A menor translocação do tiametoxam para a folha apical em cafeeiro, em comparação com a mamoneira, pode ter sido decorrente também do crescimento mais lento da folha apical no caso do cafeeiro e, conseqüentemente, demanda mais lenta de seiva elaborada, em relação à mamoneira. Embora os experimentos com cafeeiro tenham tido duração mais longa, a fotodegradação do tiametoxam na superfície das folhas pode ter sido outro fator a contribuir para a baixa transferência do composto das folhas tratadas para a folha apical. A foto instabilidade do tiametoxam já foi relatada por Schwartz et al. (2000) e Antunes-Kenyon & Kennedy (2001) e confirmada no presente trabalho, conforme visto no capítulo anterior.

Com base na concentração do composto na calda de pulverização e em estimativas do volume de calda retido por folha de cafeeiro (feitas por diferença de peso de folhas destacadas, antes e imediatamente após a pulverização), estimou-se que a quantidade do composto nas duas folhas tratadas e amostradas das plantas experimentais seria em torno de 20 µg logo após a aplicação. Contudo aos 14 dias após a aplicação, a quantidade total do tiametoxam nessas folhas (penetrado mais não penetrado) foi em torno de 4 µg, confirmando a rápida degradação do composto nas folhas de cafeeiro.

3.3 Translocação do tiametoxam em cafeeiro após sua aplicação no colo das plantas

No experimento em campo, com aplicação do tiametoxam no colo das plantas, constatou-se uma concentração do composto nas folhas em torno de 0,8

$\mu\text{g g}^{-1}$ na primeira amostragem, aos 30 dias após a aplicação (Figura 1). Esse valor é próximo ao encontrado por Souza et al. (2006b) ($1,0 \mu\text{g g}^{-1}$) após 30 dias da aplicação via esguicho no colo da planta. De acordo com o trabalho, aos 30 dias após aplicação, o composto é encontrado em maior concentração, decrescendo com o passar do tempo. Diez-Rodriguez et al. (2006) também encontraram níveis máximos de tiametoxam em folhas de cafeeiro aos 30 dias após aplicação do produto comercial Actara 10 GR[®] no solo.

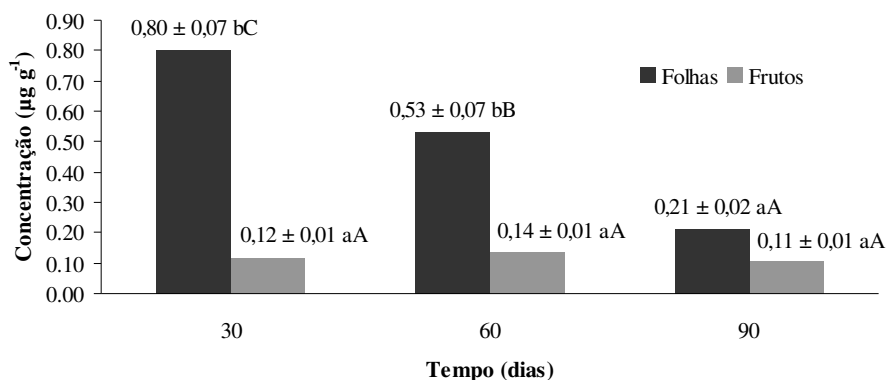


FIGURA 1 Distribuição de tiametoxam em folhas e frutos de cafeeiro após sua aplicação no colo das plantas (médias \pm erro padrão). Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$). $CV(\%)_{\text{parcela}}: 44,06$; $subparcela: 25,52$.

Observa-se na Figura 1 que, aos 30 dias após aplicação, o composto foi encontrado também nos frutos ($0,12 \mu\text{g g}^{-1}$), o que pode ser decorrente do transporte via xilema, em função da perda de água nos frutos, ou ainda, via floema, com uma transferência das folhas para os frutos.

Comparando-se as concentrações encontradas aos 30 dias nas folhas e nos frutos, nota-se que nas folhas o valor é 6,7 vezes maior do que nos frutos.

Isso reforça a possibilidade de transporte via floema, se compararmos com a perda de água de folhas e frutos, obtida no presente trabalho (Tabela 2), que foi cerca de 10 vezes menor no fruto em relação à folha. De acordo com Peres (2003) frutos e brotações, de uma maneira geral, perdem menos água que folhas maduras, implicando em menor absorção de solutos inorgânicos provenientes do solo, uma vez que a força motriz para tal absorção é a transpiração. Em função disso, a planta redistribui os nutrientes de um órgão para o outro através do floema.

TABELA 2. Perda de água em folhas e frutos de cafeeiro (média \pm erro padrão).

Parte da planta	Perda de água (mL g ⁻¹)*
Folhas	1,05 \pm 0,13
Frutos	0,10 \pm 0,01
CV (%)	33,00

*Médias com diferenças significativas pelo teste F (P<0,05).

Com o decorrer dos dias observou-se que o decréscimo da concentração nas folhas não foi acompanhado por um decréscimo nos frutos (Figura 1), sendo que ao final do período de avaliações (90 dias), a concentração nos frutos correspondia à metade daquela encontrada nas folhas, indicando um contínuo transporte do composto das folhas para os frutos.

É possível que a degradação do tiametoxam nas folhas seja mais rápida do que nos frutos, o que também resultaria em diminuição na diferença de concentrações entre folhas e frutos com o decorrer do tempo. Entretanto, alguma degradação nos frutos é esperada e, como mostra a Figura 1, a concentração nos frutos não decresceu apreciavelmente ao longo do tempo, sendo observado até mesmo um ligeiro aumento dos 30 para os 60 dias, indicando que, se houve

degradação nos frutos, essa fora compensada pela transferência do composto das folhas para os frutos, via floema.

3.3.1 Resíduos de tiametoxam em frutos de cafeeiro beneficiados

Os resultados mostraram que o tiametoxam ocorre predominantemente na casca do café (Figura 2), tal assim observado por Rigitano et al. (1989), para o composto aldicarbe e seus metabólitos, sulfóxido e sulfona de aldicarbe, também em frutos de cafeeiro beneficiados (café em coco). Para os autores a maior concentração desses compostos na casca se deve em parte à translocação dos mesmos para as camadas externas dos frutos, junto com a água que evapora destes. É possível que a explicação para o caso do tiametoxam, no presente trabalho também seja esta, considerando ainda que se trate de um composto polar, com maior afinidade à água em relação aos constituintes sólidos dos frutos, sendo que o teor de água é maior na polpa em relação às sementes.

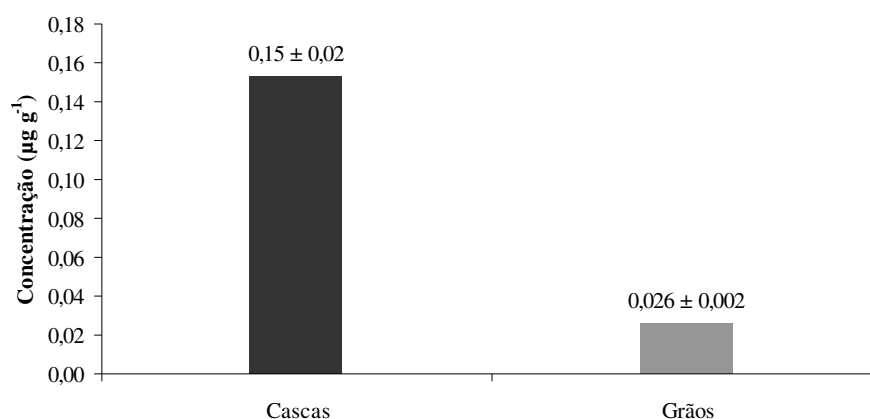


FIGURA 2 Resíduos de tiametoxam em frutos de cafeeiro beneficiados, após aplicação via esguicho no colo das plantas (média ± erro padrão). Médias com diferenças significativas pelo teste F ($P < 0,05$). CV 33,5%.

Admitindo-se para o café em coco uma proporção em peso de 2:1 entre grão e casca (Reis, 2008, informação verbal)¹, calculou-se a média ponderada da concentração do tiametoxam no fruto seco como um todo, que foi de 0,07 $\mu\text{g g}^{-1}$. Comparando esse valor com o da concentração em frutos verdes, que foi de 0,11 $\mu\text{g g}^{-1}$ aos 90 dias (Figura 1), tem-se uma redução de 30% durante o processo de secagem dos frutos em casa-de-vegetação. Contudo, devido à diferença de umidade dos grãos verdes para os secos, os resultados mostram que a degradação foi ainda maior que 30%.

O nível de resíduos encontrado nos grãos (0,026 $\mu\text{g g}^{-1}$ ou mg kg^{-1}) está um pouco acima do limite máximo de resíduos (LMR) estabelecido para café em grãos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2008), que é de 0,02 mg kg^{-1} . Porém, conforme descrito anteriormente utilizou-se a dosagem máxima recomendada do produto Actara 250 WG[®] por hectare. Assim, os resultados obtidos no presente trabalho confirmam que a utilização adequada desse produto não é esperada deixar resíduos de tiametoxam em grãos de café acima do nível máximo permitido.

Observa-se na Figura 2 que os resíduos de tiametoxam ficaram mais concentrados na casca (0,15 $\mu\text{g g}^{-1}$), e sabe-se que cascas de frutos de cafeeiro podem ser usadas na alimentação de animais, como bovinos de corte e de leite (Barcelos et al., 2000). De acordo com esses autores, recomenda-se empregar a casca de café na proporção de 600 g de casca para 100 kg de peso vivo do animal, por dia. Assim, admitindo-se a utilização da casca de café contendo 0,15 mg de tiametoxam por kg, conforme verificado no presente trabalho, a ingestão diária de um boi seria de 0,0009 mg de tiametoxam por kg de peso vivo. Como não existe um valor de Ingestão Diária Aceitável (IDA) para bovinos, pode-se comparar o valor encontrado com a IDA para seres humanos, que, no Brasil, de acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2008), é de

¹ Dr. Paulo Rebelles Reis, pesquisador da EPAMIG/CTSM, Lavras, Minas Gerais.

0,02 mg de tiametoxam por kg de peso corpóreo. Logo, a quantidade de inseticida ingerido pelo animal não seria prejudicial à sua saúde.

Em relação ao consumo do café como bebida, mesmo que o café em pó possa conter um pouco de cascas, na torrefação é esperado reduzir ou mesmo eliminar os resíduos de tiametoxam, devido às altas temperaturas utilizadas em tal processo. No trabalho de Rigitano et al. (1989) observou-se que o processo de torrefação dos grãos e cascas de café reduziu de forma significativa os resíduos de aldicarbe e seus metabólitos.

3.3.2 Avaliação da eficiência do tiametoxam no controle da broca-do-café

O tratamento com tiametoxam diminuiu a sobrevivência dos insetos somente após 10 dias do contato dos mesmos com frutos contaminados com o produto (Tabela 3).

TABELA 3. Número de insetos vivos e porcentagem de eficiência do tiametoxam no controle da broca-do-café. (n = 30).

Tratamento	Tempo após contato com o fruto contaminado					
	4 dias			10 dias		
	Frutos broqueados	Insetos vivos *	Eficiência (%)**	Frutos broqueados	Insetos vivos *	Eficiência (%)**
Testemunha	26 a	29 a	--	25 a	30 b	--
Tiametoxam	22 a	27 a	6,90	25 a	20 a	33,33
CV (%)	50,14	26,94	--	45,49	29,81	--

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F (P>0,05). ** Calculada pela fórmula de Abbott (1925).

Conforme Souza & Reis (1997) para um bom controle da broca é necessário uma eficiência de 90%, que normalmente é alcançada por meio de uma ou duas pulverizações de endossulfan. Porém, esse composto é altamente

tóxico e, segundo Agro-Chemicals (2003) proibido em muitos países devido sua persistência e efeito cumulativo. No Brasil, o endosulfan é liberado para uso em lavouras cafeeiras, para o controle da broca-do-café (Souza & Reis, 1997). No presente trabalho, a eficiência de controle de 33,33%, alcançada pelo tiametoxam aos 10 dias é considerada baixa se comparada aos 90% mencionados acima, contudo, como a eficiência de controle aumentou de 4 para 10 dias, é possível que esta seja ainda maior nos casos de infestações no campo, com tempos maiores de alimentação, pelos adultos da broca, de frutos contendo o tiametoxam.

Além disso, é possível que as larvas da broca sejam mais sensíveis ao tiametoxam do que os adultos, o que poderia aumentar a eficiência do composto no controle da broca-do-café.

Aplicando Verdadero 600 WG[®], na dosagem de 1 kg ha⁻¹ em novembro e Actara 250 WG[®] (1,25 kg ha⁻¹) em março, via esguicho no solo, Gitirana Neto (2005) obteve eficiências de controle de 71% dos adultos e 70% de larvas e ovos. Com os mesmos produtos, diferenciando-se apenas na dosagem de Actara 250 WG[®] (1 kg ha⁻¹), Toledo (2007) observou eficiências de controle de 45% para adultos da broca-do-café, 24% para ovos e larvas e 20% para frutos broqueados.

Assim, os resultados do presente trabalho confirmaram uma eficiência, ainda que parcial, do tiametoxam no controle da broca-do-café, após aplicação do composto no colo da planta. Os resultados obtidos mostraram também que tal eficiência de controle decorre, ao menos em parte, do transporte do composto no floema de cafeeiro.

3.4 Considerações finais

A evidência direta do transporte floemático do tiametoxam em mamoneira (capítulos 2 e 3) e a evidência indireta desse transporte em cafeeiro,

sugerem que a aplicação desse inseticida, na modalidade de esguicho na base do tronco de plantas de cafeeiro, resulte não apenas em transporte do mesmo, via xilema, para as folhas e frutos, mas também no seu transporte, via floema, das folhas para os frutos, e da região proximal para regiões mais distais do sistema radicular.

O transporte floemático do tiametoxam em cafeeiro é coerente com a observação prática de alta eficiência desse inseticida no controle da cochonilha-da-raiz-e-da-roseta, atacando as raízes, quando aplicado na forma de esguicho no colo da planta (Souza et al., 2006a). Na parte aérea das plantas, essa cochonilha ataca preferencialmente a base dos frutos, sugando seiva elaborada proveniente das folhas.

Também no caso de ninfas de cigarras, a alta eficiência do tiametoxam no controle das mesmas, após aplicação do composto na forma de esguicho no colo da planta (Souza & Reis, 2004; Souza et al., 2007b), parece estar relacionada ao seu transporte floemático no sistema radicular. Caso o controle dessas ninfas dependesse apenas do contato das mesmas com o tiametoxam, direta e exclusivamente a partir da solução do solo, então, a aplicação do composto no colo da planta resultaria em controle apenas parcial das ninfas, aquelas sugando a raiz principal ou raízes próximas a essa.

Segundo Souza et al. (2007a) a cochonilha-da-raiz do cafeeiro ataca não apenas a raiz principal, mas também as raízes secundárias da plantas, sendo encontrada em partes do sistema radicular lateralmente distantes dezenas de centímetros da raiz principal. Assim, o tiametoxam aplicado na forma de esguicho no colo das plantas controla a cochonilha-da-raiz também nas raízes laterais, indicando o transporte floemático desse inseticida no sistema radicular.

Embora tal inferência pudesse ser feita anteriormente ao presente trabalho, a evidência direta do transporte floemático do tiametoxam em mamoneira e a evidência indireta desse transporte em cafeeiro, descrita neste

capítulo, substanciam a assertiva de que o transporte floemático do tiametoxam em cafeeiro contribui, ao menos em parte, para a observada eficiência desse inseticida no controle de pragas dessa cultura, como a cochonilha-da-raiz, a cochonilha-da-raiz-e-da-roseta atacando a raiz do cafeeiro, as cigarras do cafeeiro e a broca-do-café.

4 CONCLUSÕES

Aplicado sobre as folhas de cafeeiro, o tiametoxam apresenta baixa taxa de penetração, alta degradação na superfície das folhas e conseqüente baixa disponibilidade para o transporte via floema.

Quando aplicado na forma de esguicho no colo das plantas, o tiametoxam é eficientemente transportado, via xilema, para as folhas.

Nessa forma de aplicação, o tiametoxam é translocado também para os frutos, via xilema e via floema.

Os teores de tiametoxam encontrados no café em coco não representam riscos à saúde de consumidores da bebida de café ou de animais alimentando-se de cascas desses frutos.

O transporte de tiametoxam para os frutos de cafeeiro proporciona um controle apenas parcial de adultos da broca-do-café.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.18, n.2, p.265-267, 1925.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Monografia T-48 Tiametoxam**. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/toxicologia/monografias/t048.pdf>>. Acesso em: 1 dez. 2008.

AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP, 2009. 497p.

AGRO-CHEMICALS. Endosulfan. **Agro-Chemicals Report**, v.3, n.1, p.23-27, 2003.

ANDREI, E. (Coord.). **Compêndio de defensivos agrícolas**. 7.ed. São Paulo: Organização Andrei, 2005. 1141p.

ANTUNES-KENYON, S.E.; KENNEDY, G. **Tiametoxam**: a new active ingredient review. Massachusetts: Massachusetts Pesticide Bureau, 2001. 37p.

BARCELOS, A.F.; ANDRADE, I.F.; TIESENHAUSEN, I.M.E.V. von; SETTE, R.S.; BUENO, C.F.H.; FERREIRA, J.J.; AMARAL, R.; PAIVA, P.C.A. **Aproveitamento da casca de café na alimentação de novilhos confinados**. Belo Horizonte: Epamig, 2000. 3p. (Circular técnica, 34).

BROMILOW, R.H.; RIGITANO, R.L.O.; BRIGGS, G.G.; CHAMBERLAIN, K. Phloem translocation of non-ionised chemicals in *Ricinus communis*. **Pesticide Science**, Oxford, v.19, n.2, p.85-99, 1987.

CAFEZAL. **Sul de Minas**: café representa 70% da renda agrícola. Disponível em: <<http://www.cofeebreak.com.br/ocafezal.asp?SE=6&ID=38>>. Acesso em: 16 abr. 2007.

DIEZ-RODRIGUEZ, G.I.; BAPTISTA, G.C.; TREVISAN, L.R.P.; HADDAD, M.L.; NAVA, D.E. Resíduos de tiametoxam, aldicarbe e de seus metabólitos em folhas de cafeeiro e efeito no controle de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.35, n.2, p.257-263, 2006.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p.255-258.

GITIRANA NETO, J.; RODRIGUES, J.; ARAMAKI, P. Estudos de eficiência dos produtos Verdadero 600 WG (thiamethoxan + cyproconazole) e Actara 250 WG (thiamethoxan) no controle da broca (*Hypothenemus hampei*) (Coleoptera: Scolytidae), na cultura do café (*Coffea arabica* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 31., 2005, Guarapari, ES. **Anais...** Guarapari: IBC, 2005. CD-ROM.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water culture method for growing plants without soil**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950. 32p. (Circular, 347).

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R.; FERNANDES, D.R. **Cultura do café no Brasil: novo manual de recomendações**. Varginha: MAPA/Fundação PROCAFÉ, 2005. 438p.

NOVARTIS CROP PROTECTION. **Determination of CGA 293343 and CGA 322704 by HPLC: residue method 179.03**. Basel, 1998. 46p.

PERES, L.E.P. **Transporte no floema**. Piracicaba: ESALQ, 2003. 30p. Apostila.

RIGITANO, R.L.O.; SOUZA, J.C.; MORAES, M.L. Resíduos de aldicarbe e seus metabólitos tóxicos em café após a aplicação de aldicarbe 15G no solo em diferentes intervalos antes da colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.24, n.8, p.955-959, 1989.

RIGITANO, R.L.O.; TORRES, F.Z.V.; BASTOS, A.R.R. Translocação do inseticida thiamethoxam em plantas de mamona (*Ricinus communis* L.), utilizadas como plantas-modelo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 21., 2006, Recife, PR. **Resumos...** Recife: Sociedade Entomológica do Brasil, 2006. CD-ROM.

SCHWARTZ, B.J.; SPARROW, F.K.; HEARD, N.E.; THEDE, B.M. Simultaneous derivatization and trapping of volatile products from aqueous photolysis of thiamethoxam insecticide. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.48, n.10, p.4671-4675, 2000.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M.A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Raleigh, v.30, n.3, p.507-512, 1974.

SOUZA, J.C. de; OLIVEIRA, B.M.; SANTA-CECÍLIA, L.V.C.; SILVA, R.A.; REIS, P.R. Controle de cochonilhas-farinhas na raiz e rosetas de cafeeiro em esguicho (“drench”) no colo da planta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CONILON, 32., 2006, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2006a. p.130-131.

SOUZA, J.C. de; REIS, P.R. **Broca-do-café: histórico, reconhecimento, biologia, prejuízos, monitoramento e controle**. 2.ed. Belo Horizonte: Epamig, 1997. 40p. (Boletim técnico, 50).

SOUZA, J.C. de; REIS, P.R. Eficiência de modos de aplicação da mistura de thiamethoxam e cyproconazole, complementada ou não pelo thiamethoxam, formulação WG, no controle das cigarras, ferrugem e bicho-mineiro do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 30., 2004, São Lourenço, MG. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2004. p.281-283.

SOUZA, J.C. de; REIS, P.R.; RIBEIRO, J.A.; SANTA-CECÍLIA, L.V.C.; SILVA, R.A. Controle químico da cochonilha-da-raiz, *Dysmicoccus texensis* (TINSLEY, 1900) em cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v.2, n.1, p.29-37, 2007a.

SOUZA, J.C. de; REIS, P.R.; RIGITANO, R.L.O.; CIOCIOLA JÚNIOR, A.I. Eficiência de tiametoxam no controle do bicho-mineiro do cafeeiro: I, influência da modalidade de aplicação. **Coffee Science**, Lavras, v.1, n.2, p.143-149, 2006b.

SOUZA, J.C. de; REIS, P.R.; SANTA-CECÍLIA, L.V.C.; DAUM, S.; SOUZA, M. de A. **Cochonilha-da-raiz do cafeeiro: aspectos biológicos, dano e controle**. Lavras: Epamig/CTSM, 2001. 4p. (Circular técnica, 136).

SOUZA, J.C. de; REIS, P.R.; SILVA, R.A. **Cigarras do cafeeiro em Minas Gerais**: histórico, reconhecimento, biologia, prejuízos e controle. 2.ed. Belo Horizonte: Epamig, 2007b. 48p. (Epamig. Boletim técnico, 80).

TOLEDO, M.A. **Aplicação de inseticidas em grandes parcelas experimentais para o controle de pragas na cultura do café**. 2007. 44p. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

TORRES, F.Z.V.; RIGITANO, R.L.O. Traslocación del insecticida thiamethoxam en plantas de ricino (*Ricinus communis* L.), utilizadas como plantas-modelo. In: CONGRESO NACIONAL DE ENTOMOLOGÍA, 29., 2007, Santiago. **Resumen...** Santiago: Sociedad Chilena de Entomología, 2007. CD-ROM.