

THIAMETOXAM EM TRATAMENTO DE SEMENTES *Thiamethoxam Seed Treatment*

Nathália Leal Carvalho, Rômulo Souza Perlin, Ervandil Corrêa Costa

nathaliiinha@gmail.com

RESUMO

O uso de inseticidas em tratamentos de sementes tem por objetivo, evitar possíveis perdas de produtividade, por ataques de insetos-praga a sementes e plântulas. A molécula de thiamethoxam foi sintetizada pela primeira vez em 1991 e começou a ser comercializada a partir de 1998, sendo considerado o primeiro representante dos neonicotinóides de segunda geração. O thiametoxam é um inseticida neonicotinóide utilizado no tratamento de sementes de diversas culturas para o controle de diferentes insetos-praga. Esta revisão de literatura tem por objetivos descrever e discutir as vantagens e desvantagens do tratamento de sementes com thiametoxam. O inseticida possui um amplo espectro de ação sobre insetos-praga, baixa taxa de aplicação no campo, excelente translocação na planta, é altamente móvel em vários tipos de solo, possui alta seletividade a vários inimigos naturais de pragas e possui efeito bioativador, aumentando o vigor inicial de algumas culturas, além de proporcionar um aumento no metabolismo do nitrogênio na soja.

Palavras-chave: neonicotinóide, efeito bioativador, insetos-praga, impacto ambiental.

ABSTRACT

The use of insecticide seed treatments is intended to avoid possible loss of productivity, by attacks of pest insects to seeds and seedlings. The thiamethoxam is a neonicotinoid insecticide used to treat seeds of various crops to control different insect pests. This literature review aims to describe and discuss the advantages and disadvantages of seed treatment with thiamethoxam. The molecule of thiamethoxam was first synthesized in 1991 and began to be marketed from 1998 and is considered the first representative of the second generation neonicotinoid. It has a broad spectrum of insect pests, low rate of application in the field, excellent translocation in the plant, is highly mobile in various soil types have high selectivity to various natural enemies of pests and has bioactive effect, increasing the initial force some crops, and provide an increase in nitrogen metabolism in soy.

Key words: neonicotinoid, effect bioactivator, insect pests.

1. INTRODUÇÃO

O constante desafio da agricultura é a obtenção de altos níveis de produtividade das lavouras em atendimento à crescente demanda por produtos agrícolas, determinada pela necessidade de abastecimento interno e geração de divisas por meio da exportação desses produtos. Entre os entraves da atividade agrícola destaca-se a perda de produtividade das culturas causada pelos insetos-praga que, nos agroecossistemas, encontram as condições favoráveis para o desenvolvimento devido à prática da monocultura em extensas áreas.

Neste contexto, os inseticidas contribuem de maneira significativa para a elevação da produtividade, exercendo o controle destes organismos (pragas ou patógenos). Embora existam outros métodos ou estratégias de controle, a aplicação de inseticidas tem sido o método mais empregado devido à facilidade de aplicação, à rápida obtenção de resultados e à falta de outros métodos igualmente eficientes. Esses inseticidas constituem uma ferramenta indispensável para a atividade agrícola atual (CASTRO, 2005).

Para evitar possíveis perdas decorrentes das ações de insetos, pragas do solo e da parte aérea, que podem atacar as sementes e as plantas jovens, tem-se como alternativa, o uso preventivo de inseticidas no tratamento de sementes (SILVA, 1998). Essa prática, quando realizada adequadamente, possibilita reduzir o número de aplicações foliares, que muitas vezes precisam ser iniciadas logo após a emergência das plântulas (MENTEN, 1991).

Os inseticidas usados em tratamento de sementes diferenciam-se de outros aplicados em pulverização tradicional, pela ação sistêmica na planta. No solo desprendem-se das sementes e, devido sua baixa pressão de vapor e solubilidade em água, são lentamente absorvidos pelas raízes, conferindo à planta um adequado período de proteção contra insetos do solo e da parte aérea (SILVA, 1998).

O setor de defensivos agrícolas no Brasil, impulsionado pelo excelente desempenho da agricultura, triplicou seu faturamento na última década. O mercado brasileiro, que era de US\$ 947 milhões em 1992, chegou a US\$ 3,1 bilhões em 2003, e em 2008 fechou com US\$ 5,15 bilhões. O mercado brasileiro, em 2003 colocava-se em terceiro lugar no ranking mundial, segundo Cristiano Walter Simon, presidente da Associação Nacional de Defesa Vegetal, sendo que em 2008, o mercado brasileiro de defensivos agrícolas tornou-se o maior do mundo em receita de vendas, superando o dos Estados Unidos. Os inseticidas compõem 27,5% desse mercado, mostrando sua real importância (MAPA, 2009).

No final dos anos 80, intensificaram-se as preocupações com os danos provocados à saúde do trabalhador rural e ao meio ambiente devido o uso indiscriminado de agrotóxicos. A descoberta de novos grupos de inseticidas, menos tóxicos e agressivos ao meio ambiente, veio amenizar o problema (EMPBRAPA, 2002).

Em 1998, a Novartis® lançou o thiametoxam, um neonicotinóide com uma estrutura diferente e original e com grande atividade inseticida. O thiametoxam foi o primeiro neonicotinóide de segunda geração e possui o grupo tianicotinil característico desta classe.

A descoberta da propriedade bioativadora da molécula thiametoxam sem dúvida, trouxe novas perspectivas a agricultura brasileira, principalmente no que diz respeito ao tratamento das sementes de soja. A molécula foi objeto de estudos recentes, realizado por renomados pesquisadores de órgãos oficiais e universidades, com o objetivo de pesquisar profundamente seus mecanismos de ação (GAZZONI et al. 2008).

Em investigações feitas para estabelecer a atividade do thiamethoxam sobre a fisiologia das plantas, quando aplicado através do tratamento de sementes de soja foi observado que os índices de germinação das sementes e vigor das plântulas tratadas com thiamethoxam eram superiores ao das não tratadas. Igualmente foi verificado que, sobre condições de estresse hídrico, as plantas de soja provenientes de sementes tratadas com thiamethoxam apresentavam melhores condições de desenvolvimento como, por exemplo: maior comprimento e volume do sistema radicular, desenvolvimento inicial mais rápido, maior área foliar, maior altura, maior número de vagens e coloração verde mais intensa.

Finalmente, foi verificado que, de forma muito consistente, as plantas tratadas apresentavam maior rendimento quando comparadas com as não tratadas.

Deste modo, levando em consideração a alta eficiência inseticida do thiametoxam, associado ao seu efeito bioativador no tratamento de sementes, principalmente na cultura da soja, esta revisão de literatura tem por objetivo descrever e discutir as vantagens e desvantagens do tratamento de sementes com thiametoxam.

2. DESENVOLVIMENTO

A produtividade das culturas depende diretamente da qualidade das sementes utilizadas na semeadura e o desempenho da semente está relacionado com o histórico de sua produção, processamento e as condições de ambiente que encontra no solo. No processo produtivo, nem sempre a semeadura, a colheita e o armazenamento podem ser conduzidos na época adequada tornando a incidência de insetos problema de difícil solução. Nessa situação, a obtenção de sementes com rachaduras ou lesões no tegumento é normalmente encontrada, pois durante a colheita passam por uma série de impactos que podem afetar a qualidade fisiológica das mesmas. Após a semeadura, o percentual de germinação pode ser afetado negativamente caso essas sementes possuam baixa qualidade, conforme salientam Moraes (1980), Soave; Wetzel (1987), Carbonell; Krzyzanowski (1993) e Brito *et al.* (1996).

Visando controle de pragas, medidas como o tratamento de sementes, têm ganhado destaque pelas vantagens de sua utilização, como por exemplo, aproveitamento dos equipamentos de plantio, fácil manuseio e economia de custos adicionais e por não afetar certos inimigos naturais (TILLMAN; SCOTT, 1997; RAO *et al.*, 2003).

Como na maioria das culturas a homogeneidade de distribuição de plantas é muito importante, a produção destas pode ser comprometida quando sofre ataques de pragas durante a germinação e emergência das plântulas (CASTRO, 2005).

O tratamento fitossanitário a partir da semente é uma ferramenta estratégica para que o produtor controle as pragas iniciais, que limitam a produtividade da lavoura e reduzem de forma significativa a população inicial de plantas.

2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO THIAMETOXAM

A molécula de thiametoxam foi sintetizada pela primeira vez em 1991; entretanto, começou a ser comercializada somente a partir de 1998, sob os nomes comerciais de Actara® para aplicação no solo e pulverização foliar e Cruiser® para o tratamento de sementes. O thiametoxam apresenta uma estrutura única (Figura 1) e destacável atividade inseticida, sendo considerado o primeiro representante dos neonicotinóides de segunda geração e pertencente à subclasse dos compostos thianicotinilas (MAIENFISCH *et al.*, 2001b).

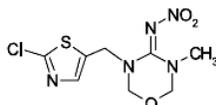
O nome químico do thiametoxam, de acordo com a IUPAC, é 3-(2-cloro-tiazol-5-il-metil)-5-metil [1,3,5]oxadiazinan-4-ilideno-N-nitroamina.

O thiametoxam é um inseticida versátil, que pode ser utilizado em pulverização sobre as folhas das plantas ou na forma de tratamento de sementes, com registro no MAPA número 09998 pertence à classe dos inseticidas sistêmico, formulado em pó para preparação de pasta em água, e pertencente à classe toxicológica III (medianamente tóxico).

Esse inseticida é utilizado em doses relativamente baixas, sendo altamente sistêmico, devido a sua alta solubilidade em água (4,1 g/L a 25° C) e ao seu baixo coeficiente de partição (log Pow de 0.13 em pH de 6,8). Por este motivo, tem se mostrado muito eficiente no controle de insetos (GAZZONI, *et al.* 2008).

O Thiametoxam interfere como um receptor específico localizado no sistema nervoso dos insetos, denominado receptor nicotínico da acetilcolina, não havendo registros de resistência cruzada com outras classes de inseticidas (CASTRO, 2005).

Fórmula molecular: C₈H₁₀ClN₅O₃S



Solubilidade em água: 4,1 g L⁻¹ (20 °C)

Partição octanol-água (logP): -0,13

Pressão de vapor: 6,60 × 10⁻⁶ mPa

Constante de Henry (25°C): 4,7×10⁻¹⁰ Pa m³ mol⁻¹

Constante de dissociação (pK_a): dissociação não significativa na faixa de pH de 2 a 12

Figura 1. Estrutura e principais propriedades físico-químicas do thiametoxam associadas à mobilidade no ambiente. Fonte: Weber, *et al.*, 2009

Nas plantas, após aplicação de thiametoxam, o produto é translocado através das raízes para o restante da planta. A taxa de absorção se incrementa até atingir um pico de 72 horas após a aplicação, porém a absorção pode se estender pelo dobro deste tempo. O fator de absorção de thiametoxam é maior em solos com alto teor de silte e de argila e menor em solos arenosos. Ocorre um acúmulo do produto na borda das folhas, porém os resíduos encontrados são muito baixos, incluindo metabólitos presentes em frutos e grãos, em virtude da rápida degradação do produto após a aplicação, especialmente por fotólise. A hidrólise não é muito importante para a degradação do thiametoxam, em condições de campo (GAZZONI *et al.*, 2008).

O sucesso dos inseticidas neonicotinóides pode ser explicado através de algumas de suas características, entre elas o amplo espectro de ação sobre insetos-praga, a baixa taxa de aplicação no campo, a excelente translocação na planta e, principalmente, uma segurança ambiental favorável, em função de doses de aplicação relativamente baixas. Além disso, estes produtos têm demonstrado uma grande flexibilidade quanto ao método de aplicação e bom efeito residual sobre as culturas. Estes compostos podem atuar por ingestão ou contato, sendo que sua ação sistêmica demonstra resultados excelentes sobre insetos sugadores e mastigadores. De modo geral, a eficiência de controle pela utilização destes produtos tem se mostrado superior ou equivalente à dos inseticidas organofosforados registrados atualmente (SALLES, 2000; MAIENFISCH *et al.*, 2001a; MAIENFISCH *et al.*, 2001b).

Para Maienfisch *et al.*, (2001b), o thiametoxam apresenta características excepcional como baixa taxa de aplicação, flexibilidade dos métodos de aplicação e excelente eficácia, combinado com um considerável efeito residual, sendo que o seu desempenho supera todos os outros produtos, incluindo aqueles pertencentes à classe dos neo-nicotinóides correntemente utilizados no mercado. Isto é resultado de sua molécula única, que difere da dos outros neonicotinóides pela substituição do anel 1,3,5-oxadiazinano na posição 5 por um grupo metil, o que aumentou sua atividade sobre insetos sugadores, além de ser o primeiro neonicotinóide disponível comercialmente a possuir um 2-cloro-5-thiazolil heterocíclico, o que melhorou sua eficácia contra insetos mastigadores.

O composto também difere em relação ao mecanismo de ação dos produtos organofosforados, carbamatos e piretróides convencionalmente utilizados, permitindo, portanto, o controle efetivo de insetos que desenvolveram resistência a estes inseticidas. Além destas vantagens, o thiametoxam constitui uma excelente ferramenta para operações de manejo integrado de pragas em diversos sistemas agrícolas (Novartis, [1998] a).

Embora existam poucos ingredientes ativos químicos nesta família que estão comercialmente disponíveis, o seu potencial para uso em larga escala nos tratamentos de sementes, aplicações em solo, pulverizações foliares já deu origem a preocupações de seleção dos insetos-pragas resistentes, o que poderia ameaçar a eficácia do indivíduo e produtos químicos potencialmente toda a classe (CASTRO, 2005).

2.2 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO THIAMETOXAM

O thiametoxam é um composto cristalino e inodoro, com ponto de fusão de 139,1°C, o composto apresenta baixa massa molar (291,72 g mol⁻¹), solubilidade em água relativamente alta (4,1 g L⁻¹ a 25°C) e baixo coeficiente de partição entre octanol e água (log Kow = - 0,13 a pH 6,8). Nenhuma dissociação é observada na faixa de pH de 2,0 a 12,0.

O thiametoxam é muito estável à hidrólise a pH 5,0, meia-vida maior que um ano e estável a pH 7,0, meia-vida estimada de 200 a 300 dias, sendo mais instável a pH 9,0, meia-vida de poucos dias.

O composto é degradado rapidamente por fotólise (meia-vida de aproximadamente uma hora quando aplicado sobre lâmina de Teflon) (MAIENFISCH *et al.*, 2001a).

2.3 MODO DE AÇÃO DO THIAMETOXAM

O composto age no organismo dos insetos como transmissor químico lentamente desdobrável pela acetilcolinesterase, afetando a transmissão de estímulos nervosos, pois se fixa de forma permanente na proteína receptora da membrana da célula nervosa, denominada receptor de acetilcolina tipo B. Como esta união é desdobrada de forma muito lenta, ocorre à transmissão contínua de estímulos nervosos, levando o sistema nervoso ao colapso e, conseqüentemente, o inseto à morte (CASTRO, 2005).

Outros inseticidas da mesma classe química, embora se fixem nas mesmas proteínas receptoras, o fazem em sítios distintos do thiametoxam, o que o difere dos demais na atividade biológica e espectro de ação. O primeiro ensaio de laboratório realizado em mosca branca mostrou não haver resistência cruzada entre o thiametoxam e outro produto padrão também da classe dos neo-nicotinóides (Novartis, [1998] a).

De acordo com informações do manual técnico do produto fornecidas pela empresa Novartis Agro (hoje Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.), o thiametoxam possui uma potente ação sistêmica, sendo lentamente metabolizado pelas plantas, permanecendo, portanto, ativo contra pragas sugadoras e mastigadoras por várias semanas após a aplicação (CASTRO, 2005).

Na formulação para aplicação no solo ou pulverização foliar o transporte do ingrediente ativo é acropetal (via xilema) e ocorre rapidamente após a aplicação, distribuindo-se por toda a planta a partir do local de aplicação e acumulando-se nas pontas das folhas, além de uma pequena quantidade do produto ser transportada via floema (basipetal)

Estudos de translocação mostram que o produto formulado degrada-se rapidamente nas superfícies tratadas e que a ação do composto pode ocorrer por contato e ingestão. Aplicado ao solo em esguicho dirigido ao colo da planta ou em superfície total, o composto é rapidamente absorvido pelas raízes, translocando-se para as diversas partes da planta, sendo que o produto exibe atividade sistêmica também quando aplicado sobre o caule ou tronco de plantas (Novartis, [1998] a).

Já na formulação para o tratamento de sementes, o transporte do ingrediente ativo ocorre na direção acropetal (via xilema), logo após o plantio e a emergência das plântulas, distribuindo-se por toda a planta e acumulando-se nas pontas das folhas, sendo que o composto, neste caso, age nos insetos por ação de ingestão (Novartis, [1998]b).

2.4 TOXICIDADE DO THIAMETOXAM A ORGANISMOS NÃO-ALVO

Thiametoxam é ligeiramente tóxico pela via oral e de baixa toxicidade dérmica, através de vias de exposição e de inalação. É classificado como categoria aguda oral e dérmica toxicidade III e na Categoria IV toxicidade aguda por inalação. Não é irritante para a pele e minimamente irritante para os olhos. Não é um sensibilizador dérmico. Resultados negativos foram obtidos a partir de todos os ensaios de mutagenicidade realizados.

Thiametoxam induz adenomas e carcinomas hepatocelulares em ratos de ambos os sexos. Não há qualquer informações sobre a reversibilidade das constatações observadas. Sob a condição dos ensaios, thiametoxam não induz mutações genéticas *ou in vivo* ou *in vitro* nem aberrações cromossômicas, e não induziu a síntese de DNA não programadas (CASTRO, 2005).

Embora seja altamente tóxico para invertebrados aquáticos (larvas mosquito) e de abelhas, é praticamente não-tóxicos para as pulgas e espécies de peixes. Ele é classificado como praticamente não tóxico para peixes marinhos e moluscos, e moderadamente tóxico para invertebrados marinhos (camarão) (CASTRO, 2005).

O thiametoxam é considerado um composto de baixa toxicidade aguda a mamíferos, apresentando uma DL50 oral (24 h) para ratos de 1563 mg kg⁻¹ de peso corpóreo (GAZZONI, et. al. 2008). Por outro lado, estudos sobre sua toxicidade crônica a ratos revelaram efeitos tóxicos quando doses diárias muito inferiores a essa foram administradas aos animais teste. Em vista disso, a ingestão diária aceitável (IDA) do thiametoxam, ou seja, a quantidade que, de acordo com o conjunto de dados toxicológicos conhecidos, pode ser ingerida diariamente por seres humanos, sem riscos apreciáveis à saúde, foi estabelecida em 0,02 mg kg⁻¹ de peso corpóreo/dia (ANTUNES-KENYON; KENNEDY, 2001).

Thiametoxam é classificado como um provável agente cancerígeno para os seres humanos baseados no aumento da incidência de adenomas e carcinomas hepatocelulares em ratos tanto do sexo masculino quanto feminino. A quantificação dos riscos foi baseada em mais potente unidade de risco: sexo masculino adenoma fígado do rato e / ou carcinoma tumor taxa combinada (CASTRO, 2005).

Com relação a outros organismos, o thiametoxam é pouco tóxico para aves (DL50 oral aguda para codorna = 1552 mg kg⁻¹ e para pato selvagem = 576 mg kg⁻¹), para peixes (CL50 (96 h) para truta arco-íris > 125 mg L⁻¹), *Daphnia* sp. (CE50 (48 h) > 100 mg L⁻¹), ostras (CE50 (96 h) > 119 mg L⁻¹), algas verdes (CE50 (72 h) > 81,8 mg L⁻¹) e minhocas (*Eisenia foetida*) (CE50 (14 dias) > 1000 mg kg⁻¹ de solo) (Novartis, [1998] a). Esse inseticida apresenta, entretanto, alta toxicidade para larvas de insetos aquáticos, como é o caso de dípteros da espécie *Chironomus riparius*, para a qual o composto mostrou-se tóxico a concentrações na água acima de 0,013 mg L⁻¹ (CASTRO, 2005).

2.5 COMPORTAMENTO DO THIAMETOXAM EM SOLOS

A maioria das informações sobre o comportamento do thiamethoxam em solos encontra-se disponibilizada apenas em relatórios técnicos publicados por órgãos não oficiais, preparados com base em informações fornecidas pela empresa fabricante, por ocasião da solicitação de registro do mesmo. Informações sobre a degradação e lixiviação do thiamethoxam em solos, publicadas em revistas especializadas, até então são extremamente escassas e pouco detalhadas.

De acordo com os relatórios preparados por Robinson (2001) e Antunes-Kenyon; Kennedy (2001), respectivamente, para órgãos da Austrália e Estados Unidos, o thiametoxam apresenta baixa sorção em solos, tendo sido relatados valores de K_d (coeficiente de distribuição entre as fases sólidas e aquosas do solo) baixos, na faixa de 0,93. Os valores calculados do coeficiente de sorção do composto na fração orgânica do solo (K_{oc}) nos solos estudados variaram de 32 a 70, admitindo-se que a sorção do composto ocorreu exclusivamente na matéria orgânica dos solos. A baixa sorção do thiamethoxam em solos era de fato esperada, uma vez que se trata de um composto não-ionizável e bastante polar, com coeficiente de partição entre octanol e água (log K_{ow}) igual a - 0,13 (ANTUNES-KENYON; KENNEDY, 2001).

Vários estudos mostraram que a sorção de compostos não-iônicos em solos ocorre principalmente na matéria orgânica dos mesmos, e que tal sorção é diretamente relacionada ao valor de log Kow do composto. Com relação à degradação do thiamethoxam em solos, Antunes-Kenyon; Kennedy (2001) descreveram que, em condições de laboratório, a degradação do composto segue uma cinética de primeira ordem. Valores de meia-vida de 47 a 385 dias foram relatados, com o composto sendo mais estável quando as amostras de solo não foram expostas à luz. Vários produtos de transformação do thiamethoxam foram observados nos solos estudados, mas, conforme apontado pelos autores, apenas o composto N-(2-cloro-tiazol-5-il-metil)-N'-metil-N''-nitroguanidina, referido como CGA 322704, apresenta propriedades tóxicas comparáveis àquelas do thiametoxam.

Em um artigo científico de autoria de pesquisadores da empresa produtora do thiametoxam é feito um breve e vago relato sobre o comportamento desse inseticida em solos (MAIENFISCH *et al.*, 2001a). De acordo com esses autores, "Em condições de laboratório, o thiamethoxam degrada em solos a taxas moderadas a baixas. Os valores de meia-vida variam de 34 a 75 dias em condições favoráveis, mas podem aumentar três vezes em condições desfavoráveis. Em condições de campo, a degradação é geralmente mais rápida, porque nessas condições os solos têm maior atividade biológica e a exposição à luz é outro importante mecanismo de degradação".

A fotodegradação em água é o principal caminho para a degradação do thiamethoxam, determinando uma meia vida de 2,29 a 3,08 dias em soluções tampão em pH 5, essa degradação leva a formação de 22 metabólitos, sendo o principal CGA-353042. É moderadamente persistente em solos sob condições de fotodegradação com uma meia vida de 47 dias e a formação de 14 metabólitos (CASTRO, 2005).

De acordo com Castro, (2005), em solos com condições aeróbicas tanto o thiametoxam como o seu principal metabólito, são altamente persistentes, podendo atingir uma meia vida de até 385 dias, e em condições anaeróbicas é moderadamente persistente, com uma meia vida de 35,5 dias e a degradação leva a formação de vários metabólitos, essa degradação implica na perda do grupo Nítrico, a hidrólise representa papel menor na degradação destes metabólitos, sendo a principal via de degradação microbiana.

Em um estudo pioneiro sobre a sorção e degradação do thiametoxam em solos brasileiros, Urzedo (2004) observou que o composto foi fracamente adsorvido nos solos, que houve uma elevada correlação entre o coeficiente de sorção (Kd) do inseticida e o teor de matéria orgânica do solo e que a sua sorção em componentes da fração mineral de solos foi negligível. Com relação à degradação do thiamethoxam, a autora observou que esta seguiu uma cinética de primeira ordem, com valores de meia-vida de 117 a 301 dias nos solos estudados, em condições de laboratório, e que a atividade microbiana foi um importante fator a determinar a taxa de degradação do composto nesses

Estudos em campo terrestre sobre a dissipação foram realizados na Flórida, Nova Jersey, Michigan e na Califórnia. A dissipação e meia vida de difusão do thiametoxam variaram de 5 a 35 dias para os estudos iniciados em 1997 e 1998. Em 1997 os resultados quantificados de thiametoxam e resíduos (limite de = 5ppb) foram observados em uma profundidade máxima do solo de 6-12cm. Em 1998 foi encontrada na Califórnia a profundidade máxima de 12-18cm na relva parcela e 18-24 em solo descoberto parcela (CASTRO, 2005).

Em um estudo sobre adsorção/dessorção de thiametoxam no solo foi aplicado em quatro concentrações, não houve adsorção em seis tipos de solos. Em curto prazo estudos de laboratório

(19 horas) determinaram um valor médio de 70 Koc implicando baixo potencial de adsorção de Thiametoxam e tem probabilidade de elevada mobilidade em vários tipos de solo. A dessorção e Koc foram mais elevados do que os valores de adsorção Koc, sugerindo que uma vez adsorvidos no solo, é menos provável de ser removido na fase aquosa, onde a degradação ocorre de forma relativamente rápida e há também lixiviação para as águas subterrâneas. O Kd e Koc para a areia aumentou com o tempo de permanência no solo. Como thiametoxam fica vinculada a matriz do solo ao longo do tempo, ele irá apresentar um potencial inferior de perdas. Thiametoxam é altamente móvel (CASTRO, 2005).

Com relação à lixiviação do thiametoxam em solos, Robinson (2001) relatou os resultados de um estudo conduzido em colunas de 30 cm de quatro solos diferentes, com aplicação do composto na superfície das colunas e subsequente aplicação de água em quantidade equivalente a 200 mm de precipitação pluviométrica. As quantidades totais do thiametoxam lixiviadas nas colunas variaram de 0 a 23% da quantidade aplicada, com valores maiores para os solos mais arenosos. De acordo com Antunes-Kenyon; Kennedy (2001), o thiametoxam apresenta propriedades e características associadas com pesticidas detectados na água do lençol freático em várias partes dos Estados Unidos. Tal assertiva foi baseada no valor de log Kow do composto, no seu baixo coeficiente de sorção e na sua estabilidade moderada a alta em solos. Conforme apontado por esses autores, o potencial de lixiviação do composto está reconhecido no rótulo do produto comercial Actara 250 WG®, no qual está escrito que “O uso desse composto em áreas onde os solos são permeáveis, particularmente onde o lençol freático é próximo à superfície, pode resultar na contaminação da água do mesmo”.

2.6 SELETIVIDADE DO THIAMETOXAM À INIMIGOS NATURAIS DE PRAGAS

Um dos preceitos básicos do Manejo Integrado de Pragas - MIP é a preservação de inimigos naturais que parasitam ou predam insetos-praga (GALLO *et al.*, 2002). Os inimigos naturais minimizam a necessidade da intervenção do homem no controle de pragas (DEGRANDE *et al.* 2002).

Pesquisas sobre os efeitos colaterais de agroquímicos em organismos benéficos têm se tornado obrigatórias em diversos países, fazendo com que se estabeleçam linhas de ação internacionalmente aprovadas e em regime de urgência, oferecendo aos usuários desses insumos mais informações para emprego em programas de manejo de pragas (HASSANN *et al.*, 1994).

A classe dos inseticidas neonicotínicos é conhecida por sua alta seletividade a inimigos naturais de pragas, devido a suas seletividades a diferentes receptores nicotínicos de diferentes insetos.

Várias pesquisas estão sendo feitas sobre a seletividade destes produtos, inclusive o thiametoxam.

Em soja, Farias, *et al.*, 2006, observaram seletividade (nota um) na aplicação de thiametoxam + lambda-cialotrina, nas dosagens de 21,15 + 15,90g de i.a. Ha-1, aos predadores de *Piezodorus guildinii*, *Tropicánabis capsiformis*, *Geocoris sobrinus*, *Coleomegilla maculata*, *Lebia concinna concinna*, *Callida sp.*, *Doru lineare*, *Chrysoperla sp.*, *Eriopsis conexa conexa*, *Podisus sp.*, outros insetos e aranhas.

Em algodão, Scarpellini, (2008), observou maior seletividade de thiametoxam a *Cycloneda sanguinea*, que os inseticidas carbosulfano e imidacloprido, nas doses recomendadas para controle de *Aphis gossypii*.

Em aveia preta. Garcia, et. al., 2008, observaram que thiametoxam não foi seletivo a inimigos naturais de *Schizaphis graminum* nas doses recomendadas para o controle dessa praga.

Em feijão, Periotto, et. al., 2002, observaram seletividade de thiametoxam a himenópteros parasitóides na dose de 105 g i. a. por 100 kg de sementes.

2.7 PROPRIEDADE BIOATIVADORA

Bioativadores são substâncias orgânicas complexas modificadoras do crescimento capazes de atuar em fatores de transição da planta e na expressão gênica, em proteínas da membrana alterando o transporte iônico e em enzimas metabólicas capazes de afetar o metabolismo secundário, de modo a melhorar a nutrição mineral, produzir precursores de hormônios vegetais, elevando a síntese hormonal e a resposta da planta a nutrientes e hormônios.

Com referência ao mecanismo de ação do thiametoxam, consideramos que a molécula tem capacidade de induzir alterações fisiológicas nas plantas conforme mostra, de forma resumida, a seqüência de eventos na figura 2.

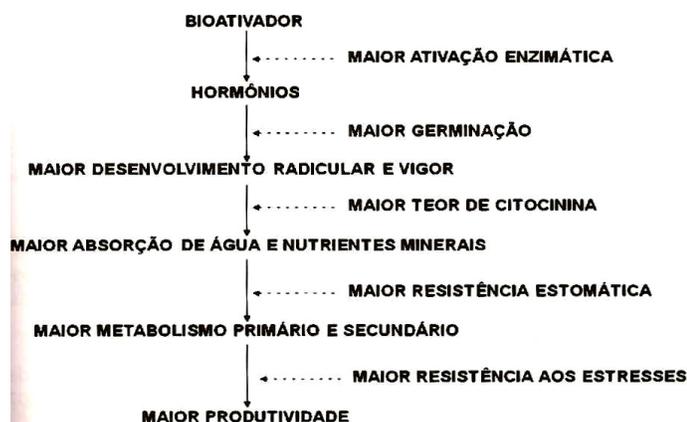


Figura 2. Resumo da seqüência de efeitos do bioativador thiametoxam sobre o cultivo.

Fonte: Gazzoni et al., 2008.

O bioativador pode atuar de duas maneiras: a primeira seria no sentido de ativar proteínas transportadoras das membranas celulares possibilitando um maior transporte iônico, incrementando a nutrição mineral da planta. Esse aumento promove respostas positivas no desenvolvimento e na produtividade vegetal. A segunda estaria relacionada a maior ativação enzimática causada pelo thiametoxam, tanto ao nível de sementes como da planta. A maior atividade enzimática incrementaria tanto o metabolismo primário como o secundário. Aumentaria a síntese de aminoácidos precursores de novas proteínas e a síntese endógena de hormônios

vegetais. As respostas das plantas a essas proteínas e a biosíntese hormonal estariam relacionadas com aumentos significativos na produção (Figura 3).

Gasparin; Cruz-Silva, 2007, observaram que o thiametoxam estimula um rápido crescimento da planta, apresentando um potencial maior de vigor inicial, germinação e desenvolvimento das raízes.

Cataneo, 2008, observou em soja que thiametoxam acelera a germinação durante o processo de embebição, induzindo maior desenvolvimento do eixo embrionário, e que sua resposta é maior em condições de estresse (deficiência hídrica, salinidade e presença de alumínio).

Tavares et. al., 2008 observaram, também em soja, que o tratamento com thiametoxam promoveu aumento da área foliar e radicular, da massa de parte aérea e do sistema radicular e maior altura de planta.

Pereira et. al., 2008, observaram aumento na área foliar, no número de folhas e área foliar por folha em mudas de laranjeira “Valência” e aumento de raízes em cafeeiro em aplicações na superfície do solo com thiametoxam.

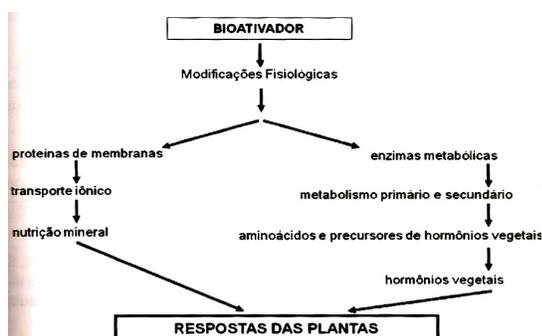


Figura 3. Representação dos mecanismos do bioativador sobre o cultivo. Fonte: Gazzoni et al., 2008.

Na soja, postula-se que o thiametoxam possa constituir como um mediador entre a planta e *Rhizobium* sp. (bactéria fixadora de nitrogênio). Nessa condição, o thiametoxam atuaria estimulando a planta a produzir substâncias capaz de desencadear rotas metabólicas que interfiram no crescimento e desenvolvimento e por outro lado estimulando as enzimas bacterianas pela infectividade e fixação de nitrogênio (GAZZONI, et. al., 2008). Pode-se inferir que o thiametoxam é um potencializador da infecção da bactéria na planta, diminuindo as reações de possíveis substâncias antagônicas, responsáveis pelos eventos de infecção aumentando sensivelmente a atividade de genes responsáveis pelas respostas de mutualismos, modificando a capacidade do aproveitamento do nitrogênio fixado pela bactéria. Por outro lado, pode-se inferir que o thiametoxam tem efeito sinérgico junto as enzimas responsáveis pela fixação e/ou estimulando a bactéria a induzir a planta a produzir substâncias que atraem as bactérias fixadoras de nitrogênio. É possível que o produto induza as bactérias a secretarem substâncias solúveis como oligossacarídeos lipoquitínicos, elevando o reconhecimento da planta pelo rizóbio (DENARDIN, 2008).

Castro, 2005, observou a capacidade de thiametoxam como agente modulador, induzindo e/ou estimulando a produção de proteínas responsáveis pela fixação de nitrogênio na cultura da soja.

Por outro lado, Campos, Silva, 2008, observaram que o tratamento de sementes com thiametoxam reduziu o número de nódulos e a massa nodular por planta em soja.

2.8 PRODUTOS FORMULADOS REGISTRADOS NO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA)

Vários são os produtos registrados no MAPA que possuem thiametoxam em suas formulações. A Syngenta Proteção de Cultivos Ltda. é titular de registro do princípio ativo e possui os produtos formulados presentes no quadro 1.

Produto	Ingrediente Ativo (Grupo Químico)	Titular de Registro	Formulação	Classe	
				Tóx.	Amb
Actara Plus	cipermetrina (piretróide) + thiametoxam	SYNGENTA	WP - Pó Molhável	III	I
Actara 10GR	thiametoxam	SYNGENTA	GR – Granulado	III	III
Actara 250 WG	thiametoxam	SYNGENTA	WG - Granulado Dispersível	III	III
Adante	ciproconazol (triazol) + thiametoxam	SYNGENTA	WG - Granulado Dispersível	III	II
Alika	cipermetrina (piretróide) + thiametoxam	SYNGENTA	EC - Concentrado Emulsionável	III	I
Cruiser 350 FS	thiametoxam	SYNGENTA	SC - Suspensão Concentrada	III	III
Cruiser 700 WS	thiametoxam	SYNGENTA	WS - Pó Dispersível p/ Tratamento de Sementes	III	III
Engeo Pleno	cipermetrina (piretróide) + thiametoxam	SYNGENTA	EC - Concentrado Emulsionável	III	I
Engeo Pleno	lambda-cialotrina (piretróide) + thiametoxam	SYNGENTA	SC - Suspensão Concentrada	III	I
Verdadero 20 GR	ciproconazol (triazol) + thiametoxam	SYNGENTA	GR – Granulado	IV	II
Verdadero 600 WG	ciproconazol (triazol) + thiametoxam	SYNGENTA	WG - Granulado Dispersível	III	II

Quadro 1. Relação dos produtos formulados que possuem como ingrediente ativo thiametoxam. Fonte: Agrofit, 2009.

2.8.1 PRODUTOS REGISTRADOS E UTILIZADOS NO TRATAMENTO DE SEMENTES

Apenas as formulações Cruiser 350 FS® e Cruiser 750 WS® são registrados para tratamento de sementes.

2.8.1.1 CRUISER 350 FS®

Cruiser 350 FS deve ser usado uma única vez na forma de tratamento de sementes. Na operação de semeadura mecanizada com sementes tratadas, estas apresentam uma redução no fluxo, comparativamente a sementes não tratadas. Para evitar utilizar uma quantidade menor de sementes que a usual e recomendada, deve-se regular a semeadura com as sementes já tratadas. As semeadoras e seus mecanismos de distribuição de sementes, devem ser limpos diariamente para evitar o acúmulo de resíduos nas paredes e engrenagens das mesmas. A falta deste tipo de manutenção pode alterar o fluxo de semeadura ou até mesmo provocar o bloqueio do equipamento. A não observância destas indicações pode resultar em baixa população de plantas, falha no plantio, excesso de sementes por metro ou outras irregularidades no plantio (AGROFIT, 2009).

Em função da baixa quantidade do produto, a ser uniformemente distribuída em 100 kg de sementes, recomenda-se cuidados especiais nessa operação. Aferir periodicamente o fluxo de sementes e de calda a fim de evitar erros na aplicação. Não tratar as sementes diretamente sobre lonas, sacos ou mesmo nas caixas de sementes das máquinas semeadoras. A utilização de meios de tratamento de sementes que provoquem uma distribuição incompleta ou desuniforme do produto sobre as sementes pode resultar em níveis indesejados ou falhas no controle de pragas (EMBRAPA, 2009).

Cruiser 350 FS não apresenta qualquer efeito fitotóxico nas culturas e doses recomendadas (MAPA, 2009).

No estabelecimento de culturas em sistema de plantio direto – cultivo mínimo sobre palhadas (restevas) de culturas de inverno (trigo, aveia, etc.) é comum a ocorrência do ataque de diversas espécies de lagartas (como por exemplo *Pseudaletia* spp. – Lagarta-do-trigo / *Agrotis* spp. – Lagarta-rosca / *Spodoptera* spp. – Lagarta-do-cartucho, etc) que migram destas restevas (restos culturais) ou de plantas tigüeras muitas vezes, em grande quantidade, para as culturas recém-instaladas. Nestes casos recomenda-se aplicar um inseticida específico para o controle destas lagartas, junto à operação de manejo antes da semeadura da nova cultura. Esta estratégia de dessecação da cultura anterior e das ervas daninhas, deve ser realizada 3 semanas antes da semeadura, reduzindo as chances de ocorrência do ataque de lagartas grandes na emergência da cultura, pois estas lagartas, pelo porte avantajado, escapam ao controle do tratamento de sementes (AGROFIT, 2009).

As sementes tratadas com Cruiser 350 FS não devem ser usadas para alimentação humana, animal ou para fins industriais, somente para semeadura (MAPA, 2009).

O quadro 2 demonstra a recomendações e doses aplicadas de Cruiser 350 FS®.

Cultura	Praga		Dose do Produto (PC)		
	Nome Científico	Nome Vulgar	Intervalo		Unidade
Algodão	<i>Aphis gossypii</i>	Pulgão-das-inflorescências	400	600	g/100 kg sementes
Algodão	<i>Eutinobothrus brasiliensis</i>	Broca-da-raiz	400	600	g/100 kg sementes
Algodão	<i>Frankliniella schultzei</i>	Tripes	400	600	g/100 kg sementes
Amendoim	<i>Enneothrips flavens</i>	Tripes-do-amendoim	150	200	g/100 kg sementes
Arroz	<i>Procornitermes triacifer</i>	Cupim-de-monte	200	400	g/100 kg sementes
Arroz	<i>Deois flavopicta</i>	Cigarrinha-das-pastagens	200	400	g/100 kg sementes
Arroz	<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	Broca-do-colo	300	400	g/100 kg sementes
Arroz	<i>Oryzophagus oryzae</i>	Bicheira-da-raiz-do-arroz	300	400	g/100 kg sementes
Feijão	<i>Diabrotica speciosa</i>	Larva-alfinete	200	300	g/100 kg sementes
Feijão	<i>Bemisia tabaci raça B</i>	Mosca-branca	200	300	g/100 kg sementes
Milho	<i>Dichelops furcatus</i>	Percevejo-barriga-verde		600	g/100 kg sementes
Milho	<i>Dalbulus maidis</i>	Cigarrinha-do-milho		400	g/100 kg sementes
Milho	<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	Broca-do-colo		600	g/100 kg sementes
Milho	<i>Deois flavopicta</i>	Cigarrinha-das-pastagens		400	g/100 kg sementes
Soja	<i>Aracanthus mourei</i>	Torrãozinho	50	70	
Soja	<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	Broca-do-colo		200	g/100 kg sementes
Soja	<i>Procornitermes triacifer</i>	Cupim-de-monte	100	200	g/100 kg sementes
Soja	<i>Bemisia tabaci raça B</i>	Mosca-branca	200	300	g/100 kg sementes
Soja	<i>Sternechus subsignatus</i>	Tamanduá-da-soja		200	g/100 kg sementes
Trigo	<i>Rhopalosiphum graminum</i>	Pulgão-da-espiga	50	70	g/100 kg sementes

Quadro 2. Recomendações e doses indicadas de CRUISER 350 FS®. Fonte: Agrofite, 2009.

2.8.1.2. CRUISER 700 WS®

No tratamento de sementes com Cruiser 700 WS, em qualquer dos casos, o tratamento pode ser feito manualmente, misturando-se a solução às sementes de modo que estas recebam uma cobertura uniforme. Para melhores resultados façam o tratamento em tambores rotativos, amazone trans mix ou betoneiras. Colocar um peso conhecido de sementes no equipamento e adicionar a dose indicada do produto sobre as sementes agitando até obter perfeita distribuição dos produtos. O tempo de mistura é variável dependendo do equipamento utilizado e da quantidade de sementes a ser tratada (AGROFIT, 2009).

Na operação de semeadura mecanizada com sementes tratadas, estas apresentam uma redução no fluxo, comparativamente a sementes não tratadas. Para evitar utilizar uma quantidade menor de sementes que a usual e recomendada, deve-se regular a semeadura com as sementes já tratadas. As semeadoras e seus mecanismos de distribuição de sementes devem ser limpos diariamente para evitar o acúmulo de resíduos nas paredes e engrenagens das mesmas. A falta deste tipo de manutenção pode alterar o fluxo de semeadura ou até mesmo provocar o bloqueio do equipamento. A não observância destas indicações pode resultar em baixa população de plantas, falha no plantio, excesso de sementes por metro ou outras irregularidades no plantio (EMBRAPA, 2009)

Em função da baixa quantidade do produto, a ser uniformemente distribuída em 100 kg de sementes, recomenda-se cuidados especiais nessa operação. O produto deve ser usado uma única vez. O produto deve ser usado uma única vez na forma de tratamento de sementes.

Cruiser 700 ws não apresenta qualquer efeito fitotóxico nas culturas nas doses recomendadas. O produto deve ser usado uma única vez (MAPA, 2009).

No estabelecimento de culturas em sistema de plantio direto-cultivo mínimo sobre palhadas (restingas) de culturas de inverno (trigo, aveia, etc) é comum a ocorrência do ataque de diversas espécies de lagartas (como por exemplo *Pseudaletia* spp. -Lagarta do Trigo / *Agrotis* spp. -Lagarta rosca / *Spodoptera* spp. -Lagarta do cartucho, etc) que migram destas restingas (restos culturais) ou de plantas tigueras muitas vezes, em grande quantidade, para as culturas recém-instaladas. Nestes casos recomenda-se aplicar um inseticida específico para o controle destas lagartas, junto à operação de manejo antes da semeadura da nova cultura (AGROFIT, 2009).

As sementes tratadas com Cruiser 700 WS não devem ser usadas para alimentação humana, animal ou para fins industriais (MAPA, 2009).

O quadro 3 demonstra a recomendações e doses aplicadas de Cruiser 700 WS®.

Cultura	Praga		Dose do Produto (PC)		
	Nome Científico	Nome Vulgar	Intervalo	Unidade	
Algodão	<i>Bemisia tabaci</i> raça B	Mosca-branca	300	g/100 kg sementes	
Algodão	<i>Aphis gossypii</i>	Pulgão-das-inflorescências	200	300	g/100 kg sementes
Algodão	<i>Eutinobothrus brasiliensis</i>	Broca-da-raiz	200	300	g/100 kg sementes
Algodão	<i>Alabama argillacea</i>	Curuquerê		300	g/100 kg sementes
Algodão	<i>Frankliniella schultzei</i>	Tripes	200	300	g/100 kg sementes
Algodão	<i>Anthonomus grandis</i>	Bicudo		300	g/100 kg sementes
Amendoim	<i>Enneothrips flavens</i>	Tripes-do-amendoim	75	100	g/100 kg sementes
Arroz	<i>Procornitermes triacifer</i>	Cupim-de-monte		200	g/100 kg sementes
Arroz	<i>Deois flavopicta</i>	Cigarrinha-das-pastagens	100	200	g/100 kg sementes
Arroz	<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	Broca-do-colo	150	200	g/100 kg sementes
Arroz Irrigado	<i>Oryzophagus oryzae</i>	Bicheira-da-raiz-do-arroz	150	200	g/100 kg sementes
Batata	<i>Diabrotica speciosa</i>	Larva-alfinete	10	15	g/100 kg sementes
Batata	<i>Myzus persicae</i>	Pulgão-verde	10	15	g/100 kg sementes
Batata	<i>Thrips palmi</i>	Tripes	10	15	g/100 kg sementes
Feijão	<i>Bemisia tabaci</i>	Mosca-branca	150	200	g/100 kg sementes
Feijão	<i>Empoasca kraemeri</i>	Cigarrinha	100	150	g/100 kg sementes
Feijão	<i>Diabrotica speciosa</i>	Larva-alfinete	100	150	g/100 kg sementes
Feijão	<i>Bemisia tabaci</i> raça B	Mosca-branca	150	200	g/100 kg sementes
Milho	<i>Dichelops furcatus</i>	Percevejo-barriga-verde		300	g/100 kg sementes
Milho	<i>Dalbulus maidis</i>	Cigarrinha-do-milho	50	200	g/100 kg sementes
Milho	<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	Broca-do-colo		300	g/100 kg sementes
Milho	<i>Deois flavopicta</i>	Cigarrinha-das-pastagens	50	200	g/100 kg sementes
Soja	<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	Broca-do-colo		100	g/100 kg sementes
Soja	<i>Procornitermes triacifer</i>	Cupim-de-monte	50	100	g/100 kg sementes
Soja	<i>Bemisia tabaci</i> raça B	Mosca-branca	100	150	g/100 kg sementes
Soja	<i>Sternechus subsignatus</i>	Tamanduá-da-soja		100	g/100 kg sementes
Trigo	<i>Dichelops melacanthus</i>	Percevejo-barriga-verde	50	75	g/100 kg sementes
Trigo	<i>Diloboderus abderus</i>	Bicho-bolo	50	75	g/100 kg sementes
Trigo	<i>Metopolophium dirhodum</i>	Pulgão-da-folha	25	35	g/100 kg sementes

Quadro 3. Recomendações e doses de CRUISER 700 WS®. Fonte: Agrofite, 2009.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O inseticida thiametoxam possui por características, o amplo espectro de ação sobre insetos-praga, a baixa taxa de aplicação no campo, a excelente translocação na planta e, uma segurança ambiental favorável, em função de doses de aplicação relativamente baixas.

O thiametoxam é considerado um composto de baixa toxicidade aguda para mamíferos e é altamente móvel em vários tipos de solo. A fotodegradação em água é o principal caminho para a degradação do thiametoxam.

É seletivo a vários inimigos naturais de pragas em diferentes culturas.

Possui efeito bioativador, aumentando o vigor inicial das culturas, além de proporcionar um aumento no metabolismo do nitrogênio na soja.

Os produtos registrados no MAPA para tratamento de sementes, com o princípio ativo thiametoxam são Cruiser 350 FS® e Cruiser 700 WS® e podem ser indicado para o tratamento de sementes de diversas culturas, obedecendo as recomendações e dosagens.

Cruiser 350 FS® e Cruiser 700 WS® não provocam efeito fitotóxico nas culturas e dosagens indicadas pelo fabricante.

4. REFERÊNCIAS

AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Capturado em: 20/11/09. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em novembro de 2009.

ARANTES, S. A. do C. M. **Sorção de atrazina em solos da bacia do Rio das Mortes e seu movimento em latossolo vermelho distroférrico sob plantiodireto e convencional**. 2005. 78 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ATKINS, P. W. **Physical Chemistry**. 4. ed. Oxford: Oxford University Press, 1990. 995 p.

AVILLA, C.J.; GOMES, S.A. **Effect of inseticides applied on seeds and in sowing furrows in the presence of the soybean white grub, *Phyllophaga cuyabana***. 123-138, 2000.

BOLLAG, J. M.; LIU, S. Y. **Biological transformation processes of pesticides**. In: CHENG, H. H. et al. (Eds.). **Pesticides in the soil environment: processes, impacts and modeling**. Madison: SSSA, 1990. p. 169-212.

BROWN, C. D. et al. **Movement of pesticides to surface waters from a heavy clay soil**. *Pesticide Science*, Oxford, v. 43, n. 2, p. 131-140, 1995.

BRITO, C. H. et al. **Efeito do dano mecânico na semente, umidade do solo e uso de óleo mineral sobre a emergência de plântulas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. *Revista Ceres*, Viçosa, v.43, n. 250, p. 720-730, 1996.

CAMARGO E CASTRO, P.R., et. al. **Análise da atividade hormonal de thiametoxam através de biotestes**. *Thiametoxam: uma revolução na agricultura*. São Paulo, 258p, 2008

CAMPOS, B. C.; SILVA, M. T. B. **Ação do inseticida thiametoxam na fixação biológica de nitrogênio da cultura da soja**. *Thiametoxam: uma revolução na agricultura*. São Paulo, 258p, 2008

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. **Reações da matéria orgânica**. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Gênese, 1999. 69-90 p.

CARBONELL, S. A. M.; KRZYZANOWSKI, F. C. **Dano mecânico em soja, um problema que poderá ser resolvido com cultivares resistentes**. *ABRATES*, v. 3, p. 32-37, 1993. out. 2004.

CATANEO, A. C. **Ação do thiametoxam sobre a germinação de sementes de soja: enzimas envolvidas na mobilização de reservas e na proteção contra situações de estresse (deficiência hídrica, salinidade e presença de alumínio)**. *Thiametoxam: uma revolução na agricultura*. São Paulo, 258p, 2008

CASTRO, N.R.A. **Sorção, degradação e lixiviação do inseticida Thiametoxam em latossolo e argissolo**. Dissertação de mestrado. Lavras, MG, UFLA. 173 p. 2005.

DEGRANDE, P. E., P. R. REIS, G. A. CARVALHO, L. C. BELARMINO. 2002. **Metodologia para avaliar o impacto de pesticidas sobre inimigos naturais**. p. 75-81 In J. R. P. Parra, P. S. M. Botelho, B. S. Corrêa-Ferreira & J. M. S. Bento. (Ed.). Controle Biológico no Brasil: Parasitoides e predadores. Manole, São Paulo. 635 p.

DENARDIN, N. D. **Ação do thiametoxam sobre a fixação biológica do nitrogênio e na promoção de ativadores de crescimento vegetal**. Thiametoxam: uma revolução na agricultura. São Paulo, 258p, 2008

DORES, E. F. G. C.; DE-LAMONICA-FREIRE, E. M. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas: vias de contaminação e dinâmica dos pesticidas no ambiente aquático. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 9, p. 1-18, 1999.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja**. Embrapa: Sistemas de Produção. Brasília, 2002. 190 p.

FARIAS, J. R.; FRANÇA, J. A. S.; SULZBACH, F.; BIGOLIN, M.; FIORIN, R. A.; MAZIERO, H.; GUEDES, J. V. C. **Controle do percevejo-verde-pequeno, *piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) (Hemiptera: Pentatomidae) e seletividade para predadores na cultura da soja**. Revista da FZVA. Uruguaiana, v.13, n.2, p. 10-19. 2006.

GAO, J. P. et al. **Sorption of pesticides in the sediment of the teufelsweiher pond (southern Germany). I: equilibrium assessments, effect of organic carbon content and pH**. Water Research, London, v. 32, n. 5, p. 1662-1672, 1998.

GARCIA, F. R. M.; CAMBRUZZI, E. R.; NETO, W. B. B. **Eficiência e seletividade de inseticidas no controle de *Schizaphis graminum* e *Rhopalosiphum padi* (Hemiptera, Aphididae) em lavoura de aveia preta**. *Âmbiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais* V. 4 N. 3 Set./Dez. 2008

GASPARIN & CRUZ-SILVA. **Efeito de fungicida e inseticida na germinação e desenvolvimento da soja (Glycine max (L.) Merrill)**. Disponível em: http://www.fag.edu.br/tcc/2007/Ciencias_Biologicas_Bacharelado/EFEITO_DE_FUNGICIDA_E_INSETICIDA_NA_GERMINA%C3%87AO_E_DESENVOLVIMENTO_DA_SOJA.pdf. Acesso em novembro de 2009.

GAZZONI, D.L., et al. **Thiametoxam: uma revolução na agricultura**. São Paulo, 258p, 2008.

GOMES, M. A. F. Agrotóxicos no sistema solo-água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. 1 CD-ROM.

HASSAN, S.A. et al., **Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms"**. *Entomophaga*, V.39, p.7-119, 1994.

LAVORENTI, A. et al. Comparação entre hidróxido de sódio e pirofosfato de sódio na extração e distribuição do resíduo ligado de 14C-atrazina nas frações húmicas de dois solos. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 7, p. 77-88, 1997.

LIGUORI, R. et al. Actara. Second generation neonicotinoid base on the new active ingredient thiamethoxam (Fruit crops – vegetable crops – ornamental plants). **Atti delle Giornate Fitopstologiche**, n.1, p.341 – 346, 2002.

LIMA, D. M. de. **Sorção e deslocamento miscível da atrazina em amostras de latossolos**. 2004. 66 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MAIENFISCH, P. et al. The discovery of thiamethoxam: a second-generation neonicotinoid. **Pest Management Science**, Sussex, v. 57, p. 165-176, 2001b.

MAPA. Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento. Brasília. Disponível em: <<http://mapa.gov.br>>. Acesso em novembro de 2009.

MENTEN, J.O.M. **Tratamento de sementes com inseticidas**. In: SEMANA DE ATUALIZAÇÃO EM PATOLOGIA DE SEMENTES, 2, Piracicaba, 1991. **Anais**. Piracicaba: ESALQ/ USP, 1991. p.278-279.

MORAES, M. B. L. **Efeito da velocidade e da posição do impacto na germinação e no vigor de sementes de soja (Cultivar UFV-2) com diferentes teores de umidade**. 1980. 42 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

NEW YORK STATE. Department of Environmental Conservation. 2002. Disponível em: <http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/insectmite/propetamphoszetacyperm/thiamethoxam/thiamethoxam_let_602.html>. Acesso em novembro de 2009.

NOVARTIS. **Thiamethoxam 250 WG**. São Paulo, [1998]a.

NOVARTIS. **Thiamethoxam 700 WS**. São Paulo, [1998]b.

PEREIRA, M. A.; CAMARGO E CASTRO, P. R.; ARAMAKI, P. **Efeitos fisiológicos de thiametoxam na área foliar e número de folhas de mudas de laranja 'valência'**. XX Congresso Brasileiro de Fruticultura; 54th Annual Meeting of the Interamerican Society for Tropical Horticulture - 12 a 17 de Outubro de 2008 - Centro de Convenções – Vitória/ES.

PERIOTO, N. W.; LARA, R. I. R.; SANTOS, J. C. C.; SELEGATTO, A.; LUCIANO, E. S. **Seletividade de thiamethoxam sobre a entomofauna de himenópteros parasitoides (Insecta, Hymenoptera) na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em Ribeirão Preto, SP**. *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, v.69, n.3, p.29-32, jul./set., 2002

PRATA, F. **Comportamento do glifosato no solo e deslocamento miscível de atrazina**. 2002. 149 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luís de Queiroz", Piracicaba, SP.

RAO, K.R. et al. Influence of different formulations of insecticides on insect pests and their natural enemies of soybean. **Indian Journal of Plant Protection**, v.31, n.1, p.129 – 133, 2003.

ROBINSON, P. **Evaluation of the new active thiamethoxam in the product Cruiser 350 FS insecticide seed treatment**. Australia: National Registration Authority for Agricultural and Veterinary Chemicals,(NRA): Camberra, 2001. Disponível em: <<http://www.apvma.gov.au/publications/prsthi.pdf>>. Acesso em novembro de 2009.

RODRIGUES, G. S.; PARAÍBA, L. C.; BUSCHINELLI, C. C. Estimativa da carga contaminante de pesticidas e nitrato para as águas subterrâneas no estado de São Paulo. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 7, p. 89-108, 1997.

SALLES, L. A. Eficiência do inseticida thiamethoxam (Actara) no controle das pragas de solo da batata, *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) e *Heteroderes* spp. (Coleoptera: Elateridae). **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 6, n. 2, p. 149-151, 2000.

SCARPELLINI, J. R. **Seletividade fisiológica de aficidas sobre joaninha *cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae) em algodoeiro**. *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, v.75, n.2, p.195-202, abr./jun., 2008

SILVA, M.T.B. **Inseticidas na proteção de sementes e plantas**. Seed News, Pelotas, n.5 (maio/junho), p.26-27, 1998.

SCORZA JÚNIOR, R. P. et al. Avaliação de dois simuladores para predição da lixiviação de sulfona de aldicarbe em um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 241-250, 2000.

SIDDIQUI, K.H.; TRIMOHAN. Evaluation of some insecticidal formulations against major insect pests (*Melanagromyza sojae* Zehnt.). V.7, n.2, p.167-170, 2000.

SOAVE, J.; WETZEL, M. M. V. S. **Patologia de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 480 p.

TAVARES, S.; CASTRO, P. R. C.; RIBEIRO, R. V.; ARAMAKI, P. H. **Avaliação dos efeitos fisiológicos de thiametoxam no tratamento de sementes de soja**. Thiametoxam: uma revolução na agricultura. São Paulo, 258p, 2008

TILLMAN, P.G.; SCOTT,W. Susceptibility of *Cotesia marginiventris* (Cresson) Hymenoptera: Braconidae to field rates of selected cotton insecticides. **Journal of Entomological Science**, v.32, n.3, p.303–310, 1997.

URZEDO, A. P. F. M. de. **Sorção e degradação do inseticida thiamethoxam em amostras de solos da região de Lavras - MG**. 2004. 50 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobiológica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

WEBER, O. L. S.; MARTINS, E. L.; DORES, E. F. G. C.; CURADO, L. D. A. **Sorção do inseticida thiametoxam nas frações orgânica e mineral de um latossolo amarelo**. *Quim. Nova*, Vol. XV, No. 00, 1-4, 2009.