

INSETICIDAS REGULADORES DE CRESCIMENTO DE INSETOS: FORMAS DE UTILIZAÇÃO E POTENCIALIDADES PARA O MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS

Márcio Augusto Mari¹ e Julio César Guerreiro¹

¹Universidade Estadual de Maringá - UEM, Campus de Umuarama. Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias, Departamento de Ciências Agronômicas. Estrada da Paca s/n, CEP: 87500-000, Umuarama, PR. E-mail: mkashiwaqui@yahoo.com.br

RESUMO: Os inseticidas bloqueiam os processos bioquímicos ou fisiológicos dos insetos, causando a mortalidade e ou prejuízos reprodutivos a esses organismos. Dentre os inseticidas mais modernos destacam-se aqueles que atuam como reguladores de crescimento dos insetos, os juvenóides e os ecdisteróides. Os inseticidas reguladores de crescimento podem ser considerados como ferramentas para o Manejo Integrado de Pragas, pois controlam pragas agrícolas importantes como os insetos mastigadores (lagartas) e sugadores (mosca-branca), além das pragas veterinárias, como as pulgas e os carrapatos. São inseticidas que, na maioria das vezes, podem ser considerados seguros do ponto de vista ambiental e social. Os inseticidas reguladores de crescimento e, mais especificamente os que interferem na ação dos hormônios, são recomendados ao manejo integrado pragas, principalmente no manejo de resistência de insetos.

PALAVRAS CHAVE: hormônio juvenil; ecdisônio, controle de pragas

INSECT GROWTH REGULATORS PESTICIDES: USE AND POTENTIALITIES FOR INTEGRATED PEST MANAGEMENT

ABSTRACT: The insecticides block the biochemical or physiological processes of insects, causing mortality and reproductive losses of such bodies. Among the more modern insecticides the following stand out those that act as insect growth regulators, juvenoids and ecdysteroids. Growth regulators insecticides can be considered as tools for Integrated Pest Management, as they control important agricultural pests such as chewing insects (caterpillars) and suckers (whitefly) in addition to the veterinary pests such as fleas and ticks. Insecticides that are, in most cases, can be considered safe from an environmental and social point of view. The insecticides and growth regulators, specifically those that interfere with the action of hormones, are recommended to the integrated pest management, especially in insect resistance management.

KEYWORDS: juvenile hormone; ecdisona, pest control

INTRODUÇÃO

Em épocas com demanda por alimentos cada vez maior, população mundial crescendo exponencialmente, grandes áreas são ocupadas pela monocultura exigindo a utilização de inseticidas que possibilitem melhor controle dos insetos praga, com adequada eficiência e se possível, que não interfira no complexo dos inimigos naturais.

Assim, dentro de inúmeros grupos de inseticidas têm-se moléculas ou princípios ativos (ingrediente ativo) que se destacam por possuírem baixa toxidez aos mamíferos, que se sobressaíam por apresentar largo espectro de ação, ou que sejam altamente seletivos, eliminando somente o inseto-praga (ou alvo).

No entanto de forma prática, existem inseticidas “ótimos” observados por um determinado ponto de vista e limitantes, quando analisados de modo geral. Geralmente os inseticidas que possuem largo espectro de ação acabam por matar não somente o inseto alvo, mas também os demais insetos que forem atingidos pelo defensivo, incluindo os inimigos naturais, que por sua vez, exercem papel importante no controle populacional dos insetos-pragas. Da mesma forma, os inseticidas muito seletivos acabam por ter o controle de somente um grupo específico de insetos-praga, deixando vivos outros insetos danosos à cultura em questão.

Segundo Guedes (1999) o grupo dos inseticidas reguladores de crescimento é classificado principalmente como inibidores da síntese de quitina ou inibidores da formação de cutícula e substâncias que afetam a ação de hormônios reguladores de crescimento. O primeiro grupo é representado pelas uréias substituídas: as aciluréias, benzoilfeniluréias, benzoiluréias. O segundo grupo é representado por outras três classes: os inseticidas juvenóides, que são análogos do hormônio juvenil, os inseticidas anti-jjuvenóides, também conhecidos como precocenos que atuam de maneira contrária ao hormônio juvenil, e os inseticidas ecdisteróides que são agonistas do hormônio da muda o ecdisônio.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo, relatar e discutir aspectos relacionados ao histórico dos inseticidas juvenóides, anti-jjuvenóides e dos ecdisteróides pertencentes ao subgrupo das substâncias que afetam a ação dos hormônios reguladores de crescimento, seus modos de ação, suas utilizações, toxicologia e toxicidade, seletividade, persistência e carência, e possibilidade da existência da resistência de insetos a esses inseticidas.

HISTÓRICO

Os inseticidas de modo geral, atuam bloqueando um processo bioquímico ou fisiológico do organismo vivo. Atualmente tem-se buscado moléculas mais seletivas, evitando atingir os organismos não alvos (inimigos naturais, polinizadores, mamíferos, aves, peixes) e com menor persistência no meio ambiente. Como exemplo, é possível

citar o grupo dos Inseticidas Reguladores de Crescimento (IRCs) que também são chamados de inseticidas da quarta geração (ecdisteróides e juvenóides) por alguns autores como Willians (1967), Chamberlain (1975) e Graf (1993) ou também de quinta geração (anti-juvenóides) pela ENCOP (2014).

A descoberta dos mecanismos envolvidos no processo de muda dos insetos e de que a aplicação de hormônio juvenil e de seus análogos poderia interferir no desenvolvimento dos insetos e até eliminá-los acabou dando origem aos inseticidas reguladores de crescimento (Willians, 1967; Wilson, 2004). Estes produtos são pertencentes a uma classe de inseticida que diferem amplamente dos inseticidas convencionais por provocarem mudanças morfológicas durante o processo de desenvolvimento e metamorfose do inseto, além de induzirem efeitos morfogenéticos que podem resultar em completa inibição da emergência de adultos (Graf, 1993; Hoffmann e Lorenz, 1998).

Os inseticidas que atuam com reguladores de crescimento de insetos foram introduzidos no mercado em 1978 pela multinacional Bayer Cropscience tendo como representante o grupo das aciluréias. Podem ser considerado um dos grupos de inseticidas mais utilizados no mercado com relação a volume. Estes afetam a síntese de quitina dos insetos, impedindo os mesmos de efetuarem a troca de pele, causando assim sua morte. Dentro deste grupo pode-se citar como princípios ativos o triflumuron, diflubenzuron, lufenuron, teflubenzuron e o flufenoxufuron, entre outros.

Como já mencionado, dentro do grupo dos IRCs tem-se três classes principais: os juvenóides, os anti-juvenóides e os ecdisteróides que pertencem ao subgrupo das substâncias que afetam a ação de hormônios. Porém não se sabe exatamente quando se deu a origem de cada um desses modos de ação, mas é fato constatado que é o último grupo de inseticidas que vem sendo produzidos em escala comercial e utilizados na agricultura. Possuem modo de ação diferente dos inseticidas convencionais, atuando em sistemas específicos dos insetos, caracterizando-os como produtos de alta seletividade e baixa toxicidade a mamíferos (Guedes et al., 2000).

MODO DE AÇÃO

O crescimento e desenvolvimento dos insetos é marcado por períodos de muda, regulados pelo ecdisteróide 20-hidroxiectdisônio (20-E ou hormônio da ecdise) e o hormônio juvenil (HJ).

Normalmente os inseticidas reguladores de crescimento são empregados na fase de desenvolvimento larval dos insetos, pois interferem no processo de ecdise que ocorre na troca de estádios e entre o último estágio larval e a fase de pupa em lepidópteros, hemípteros-auchenorrhyncha e dípteros (Borror e DeLong, 1969). Além de impedir a emergência de adultos os inseticidas reguladores de crescimento podem exercer controle através de efeitos subletais (Sazaki, 2006).

A maioria dos reguladores de crescimento não possui ação de choque, não possuem amplo espectro de ação e principalmente agem por ingestão, apesar de que em certas espécies de insetos podem agir também por contato. Na prática, a lenta ação inicial dos produtos é compensada pelo prolongado período de proteção que conferem às plantas devido ao excelente efeito residual.

Entre os inseticidas que afetam a ação de hormônios reguladores de crescimento é possível encontrar três classes com diferentes modos de ação, os inseticidas juvenóides, anti-juvenóides e dos ecdisteróides.

Com relação ao hormônio juvenil três substâncias com atividade semelhante foram isoladas de insetos e foram nomeadas como HJ1, HJ2 e HJ3, e diferem quanto à atividade fisiológica e concentração na hemolinfa durante o ciclo de vida do inseto. Kort e Granger (1981) identificaram o HJ1 e o HJ2 principalmente em larvas e ninfas já HJ3 possui maior afinidade com as glândulas sexuais, sugerindo assim, que os primeiros são hormônios morfogenéticos e o segundo é um hormônio gonadotrópico.

Hartfelder (2000) destaca as funções pleiotrópicas do hormônio juvenil, entre as quais a regulação da metamorfose dos insetos e da fertilidade de fêmeas. Nesse mesmo contexto, Noriega (2004) com estudos em mosquitos, demonstra que as fêmeas destes insetos necessitam de altos níveis de hormônio juvenil para prepará-la para a digestão do sangue ingerido e para a oogênese, enquanto o processo de digestão e a vitelogênese acontecem com baixos teores deste hormônio.

Porém, pouco é conhecido sobre as características moleculares das proteínas receptoras pelas quais o hormônio juvenil ou seus análogos manifestem sua atividade, mas as evidências disponíveis sugerem que esses compostos podem exercer atividade através de diferentes ligações entre células e proteínas (Dhadialla et al., 1998).

Os juvenóides são inseticidas aromáticos não terpenóides que imitam o hormônio juvenil do inseto, fazendo com que os insetos permaneçam na fase larval, embora já tenham atingido maturidade para passarem para a fase adulta (Dhadialla et al. 1998).

Assim, estes não devem ser utilizados no contexto agrícola para pragas que possuem a fase larval como a causadora de danos, como é o caso de lagartas desfolhadoras, pois o consumo foliar aumentará com a idade da lagarta. Os juvenóides podem também apresentar efeitos ovicidas (embriogênese) e esterilizantes (reprodução) (Omoto, 2000).

O efeito dos inseticidas juvenóides normalmente não é diferenciado do observado para o hormônio juvenil, podendo citar como principal o efeito sobre a muda de larva a pupa, causando metamorfose incompleta (Masis-Chacón, 1988). Estes produtos alteram o sistema endócrino e podem levar a morfogênese anormal, afetam a reprodução interferindo na regulação da vitelogenina para os oócitos e, também podem alterar o processo de embriogênese bloqueando o desenvolvimento do embrião (ação ovicida) (Oliveira, 2004). Neste grupo é possível encontrar como principais representantes os princípios ativos metopreno (ou methoprene), fenoxicarb e piriproxifem.

Segundo Guedes (2000) os inseticidas a base de metopreno são mais encontrados em tratamentos de pulgas para cães e gatos, e no controle de moscas e mosquitos. Segundo, ainda, o autor este princípio ativo foi desenvolvido especificamente para matar a maioria das espécies de moscas, assim como alguns tipos de parasitas e carrapatos. Sua atividade ovicida na pulga é resultado da penetração do envólucro de ovos recentemente postos ou da absorção pela cutícula de pulgas adultas. O metopreno também é eficiente na prevenção do desenvolvimento das larvas e pupas de pulgas, permitindo evitar a contaminação do ambiente dos animais pelos estádios imaturos de pulgas.

No contexto agrícola o princípio ativo que se destaca entre os juvenóides é piriproxifen, bastante utilizado no combate a mosca-branca (*Bemisia tabaci* raça B), espécie que vêm causando enormes danos em muitas culturas.

Os produtos a base de piriproxifen possuem ação de contato e translaminar, ou seja, em contato com o inseto-praga e em profundidade, pois aplicado em uma superfície vegetal pode atravessa-la e atingir a praga do lado oposto. O produto a base de piriproxifen atua principalmente sobre os ovos e ninfas provocando distúrbios no equilíbrio hormonal impedindo que os insetos nas formas jovens tornem-se adultos. Porém as fêmeas que entram em contato com o inseticida colocam ovos inviáveis e também, diminuem a postura (Guedes, 2000).

A classe dos anti-juvenóides ou precocenos como também são conhecidos atuam de maneira contrária ao hormônio juvenil, fazendo com que o inseto passe precocemente

para a fase adulta, no entanto este grupo não tem aplicação prática, pois gera compostos que pode causar mutações (Guedes, 2000). Como princípio ativo representante deste grupo, destaca-se a fluoromevanolato, compactina, imidazoles.

Outros exemplos de anti hormônio-juvenil são a allatostatina e gonadotropina que competem por hormônio juvenil e, o butóxido de piperonila que interfere na síntese do hormônio juvenil, podendo este último se citado como principal modo de ação.

Os inseticidas ecdisteróides ou agonistas da ecdisona provocam uma aceleração no processo de ecdise ou troca de pele dos insetos, resultando em insetos deformados. Esta classe tem como representante o grupo das diacilhidrazinas que contém o metoxifenoazide e o tebufenoazide como princípio ativo, agindo especificamente sobre larvas de lepidópteros (lagartas). Esses compostos se ligam a receptores de ecdizona ou de ecdisteróides nas células epidérmicas induzindo as larvas a entrarem em um ciclo de muda prematura e letal. Segundo Dhadialla et al. (1998), sabe-se que estes inseticidas agem dessa forma, mas seu exato modo de ação ainda é desconhecido.

Os produtos a base dos dois princípios ativos do grupo das diacilhidrazinas (ecdisteróides) atuam ligando-se fortemente à proteína ecdizona, ativando-se e iniciando o processo da muda, denominado de ecdise. Imediatamente após isso, as lagartas produzem um nova, porém mal formada cutícula por baixo da antiga, sendo que as lagartas morrem por inanição e desidratação.

Em estudo, Trisyono e Chippendale (1997) observaram que o metoxifenoazide e tebufenoazide tiveram ação ovicida sobre *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae) acarretando em morte da maioria dos ovos sem que estes pudessem apresentar desenvolvimento embrionário. Já Morais et al. (2001) verificaram que o Tebufenoazide apresentou ação transovariana em adultos de *Spodoptera frugiperda* provocando redução significativa no número de ovos e na porcentagem de ovos viáveis quando comparados com a testemunha.

UTILIZAÇÃO

Os inseticidas juvenóides possuem distintas utilizações, atingindo desde o meio rural até o meio urbano, pois possuem como representantes princípios ativos com variável espectro de ação. É o caso do metopreno e o pririproxifen.

No caso do metopreno, este ingrediente ativo é comum como inseticidas de lojas de animais e veterinárias, pois é utilizado no controle de pulgas em animais domésticos. Contudo, além deste sítio de mercado, ele pode e é bastante utilizado para controle de moscas e mosquitos. Moscas no caso de esterqueiras de aviários, pocilgas, haras, currais, frigoríficos entre outros e, no caso de mosquitos, em lagoas, tanques, caixas d'água, piscinas abandonadas, calhas, pneus entre outros. O metopreno começou a ser utilizado nos Estados Unidos e vem se tornando uma importante ferramenta no controle de mosquitos desde a década de 1970 (Estrada e Mulla, 1986).

Já o piriproxifen é o principal produto do grupo dos juvenóides, em termos de vendas na área agrícola, pois possui como principal alvo a mosca-branca (*Bemisia tabaci* raça B), praga de grande importância para culturas como algodão (*Gossypium hirsutum* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), soja (*Glycine max* L. Merrill), melancia (*Citrullus lanatus*), melão (*Cucumis melo* L.) e diversas outras culturas do complexo hortifruti.

Pode-se citar como produto comercial a base de metopreno utilizado no controle de pulgas em animais domésticos o FRONTLINE COMBO SPOT-ON[®] CÃES L 268 mg e no caso do controle tanto de pulgas como moscas e mosquitos o METOPRAG[®] S 2,5 CE. No caso do piriproxifen, têm-se dois produtos de grande venda no mercado agrícola, o Cordial 100[®] e o Tiger 100 EC[®], os dois produtos com grande demanda para controle de mosca-branca (*Bemisia tabaci* raça B).

A classe de inseticidas anti-junóides ou precocenos não tem utilização prática, pois agirem no organismo do inseto são formados compostos que podem causar mutações nesse organismo (Gallo et al., 2002).

A utilização dos inseticidas da classe dos ecdisteróides se resume à fase larval de lepidópteros, tendo assim as lagartas como seus alvos. Podem-se citar como representantes comerciais desta classe dois produtos comerciais: o Intrepid 240 SC[®] e o Mimic 240 SC[®]. O primeiro tem recomendação para algodão, milho, soja e tomate e o segundo, além destas também é recomendado para abobrinha, cana-de-açúcar, citros, couve, maçã, pera e eucalipto, porém está com restrição no Estado do Paraná para a cultura da cana-de-açúcar, citros, maçã, milho, pera, tomate e eucalipto. Estes são recomendados para o controle das principais lagartas, brocas e larvas que atacam essas culturas.

Dentro da classe dos ecdisteróides ainda, existe inseticidas recomendados para horticultura e jardinagem, como é o caso do Mach 2[®], que é a base de halofenozide, utilizado no controle de larvas de coró e besouros.

TOXICOLOGIA

Como conceito, segundo Guedes (2010) a toxicologia refere-se ao estudo dos efeitos adversos de inseticidas em organismos vivos, já a toxicidade refere-se a capacidade inata de um composto ser venenoso sob condições experimentais, ou seja, é a propriedade inerente da substância em causar efeito adverso a saúde.

A toxicidade dos inseticidas pode ser expressa dos seguintes modos: DL₅₀ e a CL₅₀, dessa forma DL₅₀ é a expressão usada para a dose letal necessária para se atingir o óbito de 50% da população e a CL₅₀ é usada quando se estuda a toxicidade de uma substância introduzida no organismo por inalação e expressa a concentração letal no ar para causar a morte de metade da população, devendo neste caso ser mencionada a duração da exposição do animal ao agente tóxico.

Entre as toxicidades dois tipos são descritos, a aguda e a crônica. Segundo Dux et al. (1988) a toxicidade aguda refere-se a quantidade de inseticida que aplicada uma única vez em cada indivíduo de uma população resulta em 50% de mortalidade, podendo este ser aplicado topicamente ou via ingestão. O mesmo também descreve a toxicidade crônica como a quantidade de inseticida que provoca a morte de 50% dos indivíduos de uma população-teste, quando aplicada várias vezes em cada um dos indivíduos desta população. A dose é determinada após várias aplicações de sub-dosagens e os efeitos esperados ocorrem em longo prazo.

Os trabalhos de Dux et al. (1988) e Oliveira (2004) descrevem que a toxicidade aguda como a absorção via oral ou dérmica de doses relativamente altas em um curto espaço de tempo expressa em DL₅₀, representada em mg do produto por peso corpóreo do organismo, sendo comum para estes testes a utilização de ratos albinos. Também conceitua a toxicidade crônica como a absorção de doses relativamente pequenas a curto e longo prazo, neste caso fornecendo informações de cumulatividade do agente tóxico no organismo.

De modo geral os inseticidas reguladores de crescimento são considerados de baixa toxicidade aos vertebrados segundo Oliveira (2004), e Gallo et al. (2002) relata que

estes produtos são relativamente pouco tóxicos, pois de acordo com o autor os produtos representantes deste grupo de inseticidas possui DL_{50} oral maior que 5000 mg kg^{-1} .

TOXICOLOGIA AMBIENTAL OU ECOTOXICOLOGIA

É a área da toxicologia que se preocupa com a nocividade de substâncias químicas, quase sempre de origem antropogênicas, sobre os organismos vivos. Este termo é geralmente utilizado para os estudos dos efeitos diretos causados pela interação desses agentes contaminantes ao ambiente (ar, solo, água, etc.) com o organismo humano (Passagli, 2011).

Os testes ecotoxicológicos abrangem estudos no comportamento do meio ambiente (lixiviação, mobilidade no solo, bioconcentração nas cadeias tróficas, etc.), além de estudos com organismos não-alvos, como abelhas, minhocas, algas, microrganismos que atuam na ciclagem de nutrientes, micro-crustáceos, peixes, aves entre outros (Gallo et al., 2002).

Para a classe dos ecdisteróides (ou aceleradores de ecdise), para o meio rural têm-se como principais representantes os princípios ativos tebufenozide e metoxifenozide. Nos produtos comerciais, tanto o tebufenozide como metoxifenozide são classificados como produtos perigosos ao meio ambiente, ficando na classe III da classificação do potencial de periculosidade ambiental.

No caso dos inseticidas juvenóides, pode-se considerar o piriproxifen como principal princípio ativo da classe no contexto agrícola e, referindo-se a toxicologia, os dois produtos comerciais a base desta substância (Cordial 100[®] e Tiger 100 EC[®]) são considerados como produtos muito perigosos ao meio ambiente, ou seja, na classe II da classificação do potencial do potencial de periculosidade ambiental.

TOXICOLOGIA HUMANA

Para estabelecer a classificação toxicológica de um produto antes deste ser liberado ao mercado, são apresentados 26 estudos realizados com animais de laboratório, com extrapolação de dados para o homem, com testes de exposição aguda. Assim, a classificação toxicológica de um produto representa advertência para quem manipula o

agrotóxico (fabricantes, transportadores, aplicadores, etc.) não tendo nada a ver com o meio ambiente (Gallo et al., 2002).

Com relação à toxicologia humana dos inseticidas da classe dos ecdisteróides, nos produtos comerciais, o princípio ativo tebufenozide é classificado como pouco tóxico, pertencendo à classe IV, de cor verde, com DL_{50} oral e dérmica maior que 5000 mg kg^{-1} e o metoxifenozide sendo classificado como mediamente tóxico, pertencendo à classe III, de cor azul, possuindo DL_{50} oral e dérmica superior a 5000 mg kg^{-1} . Isso provavelmente se deve ao fato do metoxifenozide apresentar como efeitos crônicos, redução nos parâmetros de eritrócitos, hipertrofia hepática e da tireoide, pois os produtos a base de metoxifenozide e tebufenozide não se diferem quanto aos outros efeitos inerentes à toxicologia.

Para a classe dos juvenóides, o princípio ativo metopreno é bastante utilizado como domissanitário (sanidade em domicílios), sendo classificado em produtos comerciais como mediamente tóxico (classe III), possuindo DL^{50} oral e dérmica maior que 2000 mg kg^{-1} . Quanto ao piriproxifen, os produtos comerciais a base deste princípio ativo são classificados como extremamente tóxicos (classe I), de cor vermelha, apresentando DL_{50} oral superior a 5700 mg kg^{-1} e DL_{50} dérmica acima de 2000 mg kg^{-1} , sendo moderadamente irritante a pele, extremamente irritante aos olhos, causando efeitos de toxicidade aguda como redução da atividade espontânea, perda de reflexos, causa andar apático em animais, respiração irregular, lacrimejamento, incontinência urinária, diarreia e pilo-ereção. Como efeitos de toxicidade crônica, em estudos com animais, os mesmo apresentam aumento do colesterol total e dos triglicerídeos, redução na contagem dos hematócitos, redução no ganho de peso e anemia leve.

SELETIVIDADE

A seletividade de um inseticida pode ser definida como a capacidade do produto em controlar o inseto-praga em questão, como o menor impacto possível sobre os organismos benéficos. A seletividade segundo Bellizzi et al. (2005) é obtida em função das diferenças fisiológicas, ecológicas e comportamentais entre espécies de organismos.

A seletividade de um inseticida para insetos úteis como abelhas, predadores e parasitoides é uma característica muito importante, devendo ser levada em consideração no contexto do MIP, buscando assim preservar as espécies benéficas.

De acordo com Oliveira (2010) os inseticidas reguladores de crescimento são considerados de modo geral, seletivos. Concordando com essa teoria, França e Branco (1996) sugerem que este grupo de inseticidas favorece a preservação de parasitoides, predadores e fungos entomopatogênicos por serem específicos para algumas ordens, sendo, portanto, recomendados para programas de manejo integrado de pragas.

Os inseticidas a base de metopreno, como o FRONTLINE COMBO SPOT-ON[®] CÃES L 268 mg e o METOPRAG[®] S 2,5 CE representantes da classe dos juvenóides são seletivos e possuem como pragas-alvo, pulgas, moscas e mosquitos, porém Tiba (2008) relata que os juvenóides são tóxicos para um amplo espectro de insetos durante os estágios reprodutivo, embrionário e último instar larval.

Alguns autores como Mulla (1995) e Wilson (2004) relatam que os inseticidas do grupo dos reguladores de crescimento possuem espectro de ação mais restrito, e Mulla (1995) e Graf (1993) ainda relatam que devido sua atuação em sistemas mais específicos dos insetos, são classificados como produtos seletivos apresentando-se como alternativas em programas de controle de vetores e no manejo de resistência a inseticidas convencionais.

PERSISTÊNCIA E CARÊNCIA

Nörnberg (2011) descreve como persistência de inseticidas, o tempo que o agrotóxico permanece fazendo efeito na população de insetos desejada.

O período de carência ou intervalo de segurança como também pode ser chamado é o tempo entre a última aplicação ou tratamento (de inseticida no caso) e colheita ou coleta. No caso de tratamentos pós-colheita, é o tempo entre a última aplicação e a comercialização. Já para pastagens, é considerado o tempo entre o último tratamento e reentrada dos animais no pasto (Stefanello Junior, 2012).

No caso da persistência, a literatura deixa a desejar quanto a trabalhos estudando este princípio, contudo existe nas bulas ou rótulos dos agrotóxicos esta informação. Para o piriproxifen, representante da classe dos juvenóides, este é considerado altamente persistente no meio ambiente, da mesma forma que para os representantes da classe dos ecdisteróides, o metoxifenoazide e o tebufenoazide.

A carência ou intervalo de segurança deste grupo de inseticidas também não é foco de estudos na atualidade, porém esta é detalhada tanto nas bulas como nos compêndios de defensivos agrícolas (ANDREI, 2013).

Na classe dos juvenóides, pode-se citar como exemplo o piriproxifen que possui recomendação para algumas grandes culturas, citros até algumas culturas do complexo hortifrúti. Sua carência varia de 1 dia no caso do pepino e 45 dias, no caso da maçã. Para as grandes culturas como a soja, algodão e feijão, o período de carência deste produto é de 30, 7 e 14 dias respectivamente (ANDREI, 2013).

Dentro da classe dos ecdisteróides, o período de carência do metoxifenoazide varia de 1 dia, no caso da cultura do tomate a 7 dias para as culturas de algodão, milho e soja. Segundo a mesma, o intervalo de segurança ou período de carência do tebufenoazide varia de 3 dias no caso das culturas de couve e tomate, 7 dias para citros, 14 dias para algodão, maçã, pêra e soja, 60 dias para o milho.

RESISTÊNCIA DE INSETOS

A resistência dos insetos a um determinado inseticida é inevitável, uma vez que este seja utilizado nas operações de controle. Isso se deve ao fato de que a resistência, ou os genótipos que conferem a resistência já estão presentes na população, mesmo antes da utilização do inseticida. O que acontece é que a frequência de indivíduos com este genótipo é baixa, ao passo que com a utilização do inseticida, sobrevivam somente os indivíduos com genótipo de resistência, assim aumentando a frequência destes indivíduos a cada geração de insetos (Gallo et al., 2002).

Na literatura atual não encontra-se estudos a respeito de resistência de insetos a inseticidas do subgrupo das substâncias que afetam a ação de hormônios, o que provavelmente é devido ao fato destes inseticidas serem relativamente novos no mercado.

CONCLUSÃO

Os inseticidas reguladores de crescimento e, mais especificamente os que interferem na ação dos hormônios, são recomendados ao manejo integrado pragas, principalmente no manejo de resistência de insetos.

Com o estudo realizado com os inseticidas do subgrupo das substâncias que afetam a ação dos hormônios, pode-se concluir que estes são produtos menos tóxicos aos

mamíferos, são classificados como produtos de baixa toxicidade humana, pois variam de mediamente tóxico a pouco tóxicos, são considerados por vários autores como produtos altamente seletivos devido a atuação em sistemas mais específicos dos insetos. Porém, em contramão a isso, estes inseticidas são classificados como altamente persistente no meio ambiente e, perigosos a muito perigosos ao meio ambiente, quando se trata de toxicologia ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas – Guia prático de produtos fitossanitários para uso agrícola**. São Paulo: Andrei, 2013. 1619p.

BELLIZZI, N. C.; LOPES JÚNIOR, D. H.; GUIMARÃES, R. R.; BISCAIA, J. C.; BOTEGA, D. B.; RIBEIRO, W. C. RIBEIRO, V. C. **Seletividade de inseticidas biológicos aos inimigos naturais em algodoeiro colorido**. 4p. Universidade Estadual de Goiás, 2005.

BORROR, D.J.; DELONG, D.M. **Estudo dos insetos**. São Paulo, EDUSP, 1969. 653 p.

CHAMBERLAIN, W.F. Insect growth regulating agents for control of arthropods of medical and veterinary importance. **Journal of Medical Entomology**, Lenham, v.12, n.04, p.395-400, 1975.

DHADIALLA, T.S.; CARLSON, G.R., LE, D.L. New insecticides with ecdysteroidal and juvenile hormone activity. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.43, p.545-569, 1998.

DUX, J. P., STALZER, R.F. **Managing Safety in the Chemical Laboratory**. Van Nostrand Reinhold, New York, 1988.

ENCOP Controle de Pragas. **Inseticidas mais utilizados no controle de vetores e pragas urbanas**. Disponível em: < http://www.encoppragas.com.br/resistencia_106.html >. Online. Acesso em: 28 de junho de 2014.

ESTRADA, J.E.; MULLA, M.S. Evaluation of two new insect growth regulators against mosquitoes in the laboratory. **Journal of American Mosquito Control Association**, Fresno, v.2, n.1, p.57-60, 1986.

FRANÇA, F.H., BRANCO, M.C. Controle de pragas de hortaliças com produtos reguladores de crescimento de insetos. In: Simpósio estadual sobre o uso de agrotóxicos em hortaliças, p.14, 1996, Tianguá, **Anais...** Brasília, Embrapa CNPH, 1996, p.4-8.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C.de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIN, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba. FEALQ, p.361-395, 2002.

GRAF, J.F. The Role of insect growth regulators in arthropod control. **Parasitology Today**, Amsterdam, v.09, n.12, p.471-474, 1993.

GUEDES, R.N.C. Toxicologia de inseticidas I. In: PICANÇO, M.C. **Apostila de entomologia**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, p.21-26, 2010.

GUEDES, R.N.C. Mecanismo de ação de inseticidas. In: OMOTO, C.; GUEDES, R.N.C. (Ed.) **Resistência de pragas a pesticidas: princípios e práticas**. Uberlândia, p.6-12, 1999.

GUEDES, J.C.; COSTA, I.D.; CASTIGLIONI, E. (Ed.) **Bases e técnicas do manejo de insetos**. Santa Maria: UFSM/CCR/DFS, p.31-49, 2000.

HARTFELDER, K. Insect juvenile hormone: from “status quo” to high society. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v.33, n.2, p.157-177, 2000.

HOFFMANN, K.H.; LORENZ, M.W. Recent advances in hormones in pest control. **Phytoparasitica**, Bet Dagan, v.26, n.4, p.1-8, 1998.

KORT, C.A.D.de; GRANGER, N.A. Regulation of the juvenile hormone titer. **Annual Review of Entomology**, Pato alto, v.26, p.1-28, 1981.

MASÍS-CHACÓN, C.E. **Efeitos de três substâncias quimioesterilizantes sobre a broca da cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepdoptera: Pyralidae)**. 1988, 104p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Quiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

MORAIS, F.M. de; PRATISSOLI, D.; VIEIRA, S.M.J.; VIANA, M.C.; PEREIRA, F.F. Ação transovariana de tebufenozide em adultos de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) e o seu efeito sobre o *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). In: Simposio de Controle Biológico, 7, 2001, Poços de Caldas, **Resumos...** Poços de Caldas: UFLA, DEB, p.229, 2001.

MULLA, M.S. The future of insect growth regulators in vector control. **Journal of the American Mosquito Control Associatoin**. Fresno, v.11, n.2, p.269-273, 1995.

NÖRNBERG, S.D.; GRÜTZMACHER, A.D.; KOVALESKI, A.; FINATTO, J.A.; PASCHOAL, M.D.F. Persistência de agrotóxicos utilizados na produção integrada de maçã a *Trichogramma pretiosum* (RILEY, 1879) (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.02, 2011.

NORIEGA, F.G. Nutricional regulation of JH synthesis: a mechanism to control reproductive maturation in mosquitoes? **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, Oxford, v.34, p.687-693, 2004.

OLIVEIRA, G.G.F.B.de; **Esterilização química da traça-do-tomateiro *Tuta Absoluta* (Meyrich, 1971) (Lepdotera: Gelechiidae)**. 2004, 46p. Dissertação (Mestrado em

Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

OMOTO, C. Modo de ação de inseticidas e resistência de insetos a inseticidas. In: GUEDES, J.C.; COSTA, I.D. da; CASTIGLIONI, E. **Bases e técnicas do manejo de insetos**. Santa Maria: UFSM, CCR, DFS, p.31-50, 2000.

PASSAGLI, M. **Toxicologia Forense – Teoria e Prática**, 3 ed. São Paulo: Millennium, 2011, 496p.

SAZAKI, C.S.S. **Esterilização química da broca da cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepdoptera, Crambidae) através de isca com melão e inseticidas do grupo dos reguladores de crescimento de insetos**. 2006. 52p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

STEFANELLO JUNIOR, G.J.; GRUTZMACHER, A.D.; SPAGNOL, D.; PASINI, R.A.; BONEZ, Z.; MOREIRA, D.C. Persistência de inseticidas e fungicidas registrados para a cultura do milho a *Trichogramma pretiosum* (RILEY, 1879) (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ciência Rural**, v.32, n.1, 2012

TRISYONO, A.; CHIPPENDALE, G.M. Effect of the nonsteroidal ecdysone agonists, methoxifenozone and tebufenozone, on the European corn borer (Lepdoptera: Pyralidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.90, n.6, p.1486-1492, 1997.

WILLIAMS, C.M. Third generation pesticides. **Scientific American**, New York, v.217, n.1, p.13-17, 1967.

WILSON, T.G. The molecular site of action of juvenile hormone and juvenile hormone insecticides during metamorphosis: how these compounds kill insects. **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v.50, p.111-121, 2004.