

Revisão sobre alguns grupos de inseticidas utilizados no manejo integrado de pragas florestais

A review of some insecticide groups used in forest pest integrated management

Álvaro Boson de Castro Faria¹

Resumo

Muito embora os princípios, critérios e indicadores da certificação florestal exijam das empresas a valorização do controle biológico e a diminuição do uso de pesticidas, atualmente podemos nos valer de estratégias químicas que permitem minimizar os impactos sobre organismos não alvo, em que, respeitadas as devidas autorizações e disposições legais, são utilizadas como estratégias dos programas de controle e manejo integrados. Este trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica a qual se estabeleceu um grau de evolução entre os inseticidas no controle de pragas florestais. O desenvolvimento classifica os grupos químicos de defensivos em quatro gerações: na primeira, os produtos inorgânicos; na segunda, os organoclorados, os organofosforados, os carbamatos e os piretróides; na terceira geração, os reguladores de crescimento e os fagos-inibidores; e na quarta, a biotecnologia e os produtos neonicotinóides, seu modo de ação e seus métodos de aplicação. As técnicas precisam ter como meta o aumento das produtividades ao ponto em que, simultaneamente, preservem o meio ambiente no seu sentido mais amplo, inclusive, considerando o ser humano como parte deste sistema.

Palavras-chave: certificação florestal; moléculas inseticidas; agrotóxicos.

Abstract

The principles, criteria and forest certification indicators demand from companies more use of biological control and instead of pesticides use.

¹ M.Sc.; Engenheiro Florestal; Doutorando em Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná – UFPR; Professor de Engenharia Florestal da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO/Irati; E-mail: alvaro.faria@onda.com.br

However, nowadays it's common to see the use chemical strategies that allow minimizing impacts on non-target organisms. Respecting the due authorizations and legal dispositions, these strategies is used in the integrated pest management (IPM) programs. This paper presents a revision of literature, establishing a degree of evolution amongst the insecticides used in forest pest control. The chemical groups are classified in four generations: in the first, the non-organics; in the second, the organochlorides, organophosphate, carbamates and piretroids; in the third, the insect growth regulators and limonoids; in the fourth, the biotechnology and neonicotinoids, presenting their way of action and application methods. All techniques need to have the productivity increase as goal, while concurrently preserving the environment in a wide sense - considering the human being as part of the system.

Key words: forest certification; insecticides molecules; pesticides.

Introdução

Usualmente, as empresas do setor florestal utilizam agrotóxicos na implantação e manutenção de povoamentos. Entretanto, as estratégias químicas são objeto de alerta dos organismos certificadores, que as consideram como a última alternativa entre as técnicas disponíveis. A compreensão deste posicionamento se dá pelo fato de que a princípio, uma floresta somente apresenta problemas sanitários, caso exista a suscetibilidade das árvores, estressadas pela sua elevada concorrência por água, luz e nutrientes, nos casos de empreendimentos mal conduzidos no tocante aos regimes de manejo silvicultural. Neste sentido, o "bom manejo" é considerado uma ação preventiva para isentar cultivos florestais de inconvenientes como pragas, patógenos e plantas daninhas². Para Berti Filho et al., (2006), a não utilização de

agrotóxicos é vista como uma forma de oportunizar a ação de predadores, parasitóides, microrganismos e demais agentes de controle biológico.

O método de controle biológico supracitado é uma das estratégias disponíveis para o Manejo Integrado de Pragas (MIP) que, segundo Gallo et al., (1988), é definido como a utilização de diferentes técnicas de controle, mantendo as pragas abaixo do nível de dano econômico. Este conceito, lembrado no Capítulo 14 (da promoção do desenvolvimento rural e agrícola sustentável) da Agenda 21³, deve ser defendido ideologicamente pelos que

2 Trata-se de uma interpretação da teoria da trofobiose de CHABOUSSOU (1987).

3 Agenda 21 foi um documento assinado voluntariamente por diversos países na Rio 92, e que estabeleceu a importância de cada um no comprometimento em desenvolver, global e localmente, formas pelas quais governos, empresas, organizações não governamentais e todos os setores da sociedade, devam cooperar no estudo de soluções para os problemas sócio-ambientais (CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO 1992: IPARDES, 2001).

se preocupam com o desenvolvimento sustentável. Autores como Kogan e Bajwa (1999) e Silva (2007) extrapolam o conceito de MIP para que as empresas também desenvolvam programas de manejo integrado de patógenos e de plantas daninhas.

De fato, o conceito MIP foi e é amplamente difundido e bastante defendido para os cultivos florestais (IEDE et al., 1988; PENTEADO et al., 2000; SOUSA et al., 2005). Faria (2007) lembra que MIP não é um método por si próprio, e sim, um conceito epistemológico que engloba várias técnicas. Estando vinculado às atividades silviculturais, que preconizam legitimamente, a maximização de produtividades, este conceito (*ibid.*, p. 388) não pode deixar de ser percebido sob a perspectiva da sustentabilidade, no tocante aos impactos econômicos, ambientais e sociais associados. Para Costa et al. (2008), as táticas de MIP que mais se destacam em cultivos florestais são as práticas silviculturais associadas ao manejo propriamente dito, mas também, as técnicas de controle biológico, efetivas em médio prazo.

Diversos métodos compõem o controle integrado, além do método biológico. No caso do método cultural, por exemplo, para controle de pragas, seria a utilização correta e responsável de podas e desbastes nas árvores. Se considerado para controle de plantas daninhas, seria a utilização de roçadas e capinas que eliminam as ervas que competem com o cultivo na implantação do povoamento.

Muito embora os princípios, critérios e indicadores da certificação

florestal⁴ exijam, das empresas, a valorização do controle biológico e a diminuição do uso de pesticidas, atualmente podem ser usadas estratégias químicas que permitem minimizar os impactos sobre organismos não alvo, em que, respeitadas as devidas autorizações e disposições legais⁵, são utilizadas como estratégias dos programas de controle e manejo integrados. Deixa-se claro que, ao entender o ambiente como um bem de

4 A Certificação florestal foi a forma em que a sociedade estabeleceu critérios econômicos, ambientais e sociais, para a caracterização dos produtos “sustentáveis”. O sistema de maior amplitude no mercado é o FSC (*Forest Stewardship Council*), fundado em 1993 e em operação no Brasil desde 1996 (Lentini et al., 2005). Por outro lado, desde 1996, a Sociedade Brasileira de Silvicultura – SBS, em parceria com outras entidades do setor, vem trabalhando com outro programa, denominado Cerflor - Programa Brasileiro de Certificação Florestal (Cerflor, 2006). Tanto o FSC como o Cerflor são programas voluntários e visam à certificação do manejo florestal segundo o atendimento de critérios e indicadores aplicáveis para todo o território nacional. O Cerflor apresenta atualmente seis normas, prescritas e elaboradas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), enquanto que o FSC apresenta cinco padrões, que orientam o processo de auditoria florestal.

5 Pelo Art. 56 de Lei de Crimes Ambientais (Lei Federal 9.605 de 12 de fevereiro de 1998), “produzir, processar, embalar, importar, exportar, comercializar, fornecer, transportar, armazenar, guardar, ter em depósito ou usar produto ou substância tóxica, perigosa ou nociva à saúde humana ou ao meio ambiente, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou nos seus regulamentos: Pena - reclusão, de um a quatro anos, e multa.”.

uso comum da sociedade⁶, não se deve contestar nem diminuir a importância do método de controle biológico, apenas, caracterizá-lo como uma estratégia que deve compor o programa de manejo integrado de forma harmônica com outros métodos.

Importa destacar que a degradação de um agrotóxico⁷ no ambiente, pode ocorrer pela ação de microrganismos

heterotróficos presentes no solo, ou seja, que podem se nutrir a partir das estruturas orgânicas destas moléculas químicas. Nessa perspectiva, portanto, estaria ocorrendo um “controle biológico dos agrotóxicos” em campo.

Deixando de lado discussões sobre os riscos da utilização abusiva de agrotóxicos no meio ambiente, e também conceitos ideológicos sobre o que seria a sustentabilidade, as técnicas precisam aumentar as produtividades ao ponto em que simultaneamente, preservem o meio ambiente no seu sentido mais amplo, inclusive, considerando o ser humano como parte deste sistema. Se por um lado, enquadram-se os métodos biológicos e culturais dentre os que atuam no sentido de prevenção das endemias fitossanitárias, por outro lado, calha indagar: poderiam ser, na atualidade, os métodos químicos, também considerados como estratégias preventivas da incidência de pragas, patógenos e plantas daninhas, em programas de MIP?

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre a evolução do controle químico de insetos, em relação aos principais grupos químicos que foram ou são utilizados em cultivos florestais. Para seu desenvolvimento, são classificados os grupos químicos de defensivos em quatro gerações: na primeira geração, os produtos inorgânicos; na segunda, os organoclorados, os organofosforados, os carbamatos e os piretróides; na terceira geração, os reguladores de crescimento e os fago-inibidores; na quarta geração, a biotecnologia e os produtos neonicotinóides, seu modo de ação e seus métodos de aplicação.

6 Pelo Art. 225 da Constituição brasileira de 1988, “*todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações*”. Agregue-se, por oportuno, que o Princípio 1 do Forest Stewardship Council (FSC) dispõe que o manejo florestal deve respeitar todas as leis aplicáveis ao país aonde opera, e também, que o Cerflor (sistema brasileiro de certificação florestal, NBR 14789 do Inmetro) tem como Princípio 1 a prerrogativa do cumprimento da legislação.

7 Segundo o artigo Art. 2º de Lei de Agrotóxicos (Lei Federal 7.802 de 11 de julho de 1989) consideram-se agrotóxicos e afins “*os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos*”. Neste íterim, um produto biológico (comumente chamado de bioinseticida) produzido para controlar um organismo nocivo ao setor produtivo, também pode ser considerado um agrotóxico, ou seja, não poderia ser classificado exclusivamente como um método de controle biológico.

Desenvolvimento

Primeira geração de inseticidas

Diferentes autores definem os primeiros inseticidas como os compostos inorgânicos, aqueles que não contêm nenhum átomo de carbono em sua molécula (FERREIRA, 1999; MIDIO e SILVA, 1995; WARE, 2003).

Segundo Mariconi (1977), os inseticidas inorgânicos são classificados em arsenicais (arsênico branco, arseniato de alumínio, cálcio e chumbo), fluorados (criolita, fluoreto de sódio) e miscelânea (calda sulfo cálcica, sulfatos, carbonatos, entre outros). Ainda (*ibid.*, p.170), os compostos arsenicais já foram os inseticidas mais úteis, e suas propriedades tóxicas já eram conhecidas de Dionísio, que viveu na Grécia de 40 a 90 DC. Em 1867, um produto chamado Verde-Paris (arseniato de chumbo) foi preparado comercialmente e usado contra um grande número de pragas (*ibid.*, p. 171). Segundo Campos-Farinha et al. (2002), até a década de 1920, era muito comum a utilização de programas de controle de formigas caseiras utilizando-se iscas com açúcar e arsênico nos Estados Unidos.

Os inseticidas inorgânicos são pouco utilizados devido aos seguintes motivos: são muito tóxicos para o homem e animais de sangue quente; causam queimaduras nas plantas; não combatem insetos de aparelho bucal mastigador; acumulam-se nos tecidos orgânicos; têm estabilidade e longa persistência no ambiente (MARICONI, 1977). Além disso, segundo Ware (2003), não têm antídotos.

A primeira geração de inseticidas também incluía compostos orgânicos, representados por extratos de plantas,

além de compostos inorgânicos. Já a segunda geração de inseticidas teve início com o desenvolvimento de produtos químicos sintetizados (KADIR e BARLOW, 2000).

Segunda geração de inseticidas

Organoclorados

A Segunda Guerra Mundial, na década de 1940, abriu a era dos produtos químicos sintéticos para o controle de pragas (WARE, 2003). Muller, na Suíça, em 1939, condensou clorobenzeno da mesma forma que Zeidler havia reportado em 1874 à preparação de DDT (dicloro-difenil-tricloroetano), descobrindo sua propriedade inseticida e dando origem aos organoclorados (*ibid.*, p. 5). O produto era eficiente contra muitas pestes controlando-as por períodos longos de tempo. Assim, diversas epidemias foram rapidamente dizimadas com poucos tratamentos, sendo o produto considerado a solução para o controle da maioria das pragas. Como exemplo, pela primeira vez na história uma epidemia de tifo não só foi contida, mas quase imediatamente dizimada. Da mesma forma o controle de malária, febre-amarela e outras doenças se seguiram rapidamente. Zeidler recebeu um grau de PhD da Universidade de Strassburg pela síntese de DDT, e Muller foi premiado em 1948 com o Prêmio Nobel em Fisiologia e Medicina por descobrir sua atividade inseticida. A partir de então, diversos outros organoclorados passaram a ser desenvolvidos para o controle de epidemias e pragas agrícolas e domésticas, mas logo suas desvantagens começaram a aparecer (CASIDA e QUISTAD, 1998).

Mesmo os organoclorados tendo beneficiado tanto o setor agrícola no sentido de aumentar a produtividade e produção de alimentos, estas moléculas matavam não somente os organismos alvo como também insetos neutros ou até mesmo benéficos ao homem (KADIR e BARLOW, 2000). Segundo Nunes e Tajara (1998) e Ferreira (1999), os organoclorados possuem alta persistência no ambiente (até trinta anos no solo). As principais vias de absorção são as dérmicas, digestiva e respiratória, e devido a sua alta estabilidade química e alta solubilidade em gorduras, se acumula nos tecidos de animais e vegetais, e, por conseguinte na cadeia alimentar. Também possuem alta estabilidade à ação da luz solar e temperatura ambiente. Assim, chegaram a contaminar também o homem, sendo diversos casos de câncer atribuídos a este grupo de inseticidas.

No início da década de 70, a Agência de Proteção Ambiental norte-americana cancelou todos seus usos. Os outros países desenvolvidos seguiram o exemplo rapidamente (WARE, 2003; CASIDA e QUISTAD, 1998). Nenhum novo análogo foi desenvolvido para solucionar problemas toxicológicos e de contaminação ambiental. Porém, endosulfan e lindane ainda são combinações importantes, e DDT ainda é utilizado em certas partes do mundo, como a África e Ásia (CASIDA e QUISTAD, 1998; FERREIRA 1999).

No Brasil, o uso dos organoclorados foi proibido para o uso agrícola, sendo somente autorizado por órgãos públicos responsáveis pelas Campanhas de Saúde (Portaria n.º 329 de 2/9/85 do Ministério da Agricultura), embora atualmente

também esteja em desuso (LIMA e RACCA FILHO, 1987).

Organofosforados

Os organofosforados são compostos orgânicos derivados do ácido fosfórico e seus homólogos (MIDIO e SILVA, 1995; WARE, 2003). Suas qualidades inseticidas foram observadas por Schrader, enquanto trabalhava na fábrica da Bayer na Alemanha, em 1937. Estas observações levaram, em menos de dez anos, ao desenvolvimento de outras moléculas com propriedades úteis para proteção de plantas (CASIDA e QUISTAD, 1998). Infelizmente as combinações mais voláteis foram utilizadas como agentes de guerras químicas devido a sua alta toxicidade ao sistema nervoso humano, como os gases sarin, soman e tabum (CASIDA e QUISTAD, 1998; WARE, 2003).

Parentes dos gases neurotóxicos, os organofosforados são os inseticidas mais tóxicos para os vertebrados, como mamíferos e peixes. Porém, por serem quimicamente instáveis, foram escolhidos em substituição aos organoclorados (MIDIO e SILVA, 1995; WARE, 2003). Os organofosforados podem ser utilizados para combater insetos sugadores, desfolhadores e alguns rizófagos. Segundo Ferreira (1999), o modo de ação pode ser sistêmico ou de fumigação, mas a ação de contato é a mais importante. São biodegradáveis, com persistência curta no solo, de um a três meses (*ibid.*, p. 404).

Carbamatos

Os carbamatos são derivados do ácido carbâmico, e tendem a ser

de uso intradomiciliar em relação aos organofosforados, devido ao menor odor de algumas formulações inseticidas (FERREIRA, 1999). Foram descobertos nos Estados Unidos em 1954 (CASIDA e QUISTAD, 1998).

Com modo de ação semelhante aos organofosforados, ou seja, a inibição da enzima acetilcolinesterase, os carbamatos possuem as seguintes características: alta atividade inseticida; baixa ação residual, devido à instabilidade química das moléculas; baixa toxicidade em longo prazo, quando comparado com os derivados fosforados (MIDIO e SILVA, 1995). Segundo Ware (2003), possuem toxicidade oral e dermal baixa para mamíferos se comparado aos fosforados.

Segundo Casida e Quistad (1998), a descoberta dos organofosforados e dos carbamatos com estruturas simples e facilidade de síntese de diversos análogos, fez com que uma enorme quantidade de moléculas fossem colocadas no mercado. Os avanços desta fase foram: detoxificação em mamíferos mais rápida que em insetos como fator principal em segurança; toxicidade seletiva usando inseticidas com ação preferencial em insetos; efeito tóxico em mamíferos mais provável pela exposição aguda do que por efeitos cumulativos; em comparação aos organoclorados são menos persistentes e mais biodegradáveis.

Outro importante avanço obtido com os carbamatos, segundo Casida e Quistad (1998), foi a possibilidade em preparar combinações sistêmicas que translocam-se dentro das plantas após uma aplicação, protegendo-as durante semanas.

Piretróides

Os piretróides foram descobertos a partir de estudos que procuravam modificar a estrutura química das piretrinas naturais (extraídas das flores de *Chrysanthemum cinerariaefolium* L.). Estas, normalmente não são usadas diretamente na agricultura devido ao seu alto custo e instabilidade química a luz solar (FERREIRA, 1999; MIDIO e SILVA, 1995; WARE, 2003).

Os primeiros piretróides foram sintetizados em 1949, mas sua síntese era muito complexa - com 22 reações químicas para chegar até o produto final - mas, em 1972, foram registradas algumas moléculas com atividade inseticida excepcional (WARE, 2003). Este grupo de inseticidas foi introduzido no mercado em 1976 e, ainda que seja mais caro em relação aos outros praguicidas, têm sido bastante empregado na área da Saúde para o controle de malária, na agricultura, e também para controle de ectoparasitos de pequenos animais, através de produtos de uso doméstico (FERREIRA, 1999).

Os piretróides possuem alta eficiência, sendo necessário menores quantidades de ingrediente ativo, com menor risco de contaminação nas aplicações. Com isso, foram tomando rapidamente o lugar dos organofosforados. Outra vantagem destes praguicidas é que eles admitem a sinergia, ou seja, a potencialização de sua ação através da adição de um ingrediente sinergista, aumentando ainda mais a eficiência. Geralmente são seguros para mamíferos, tendo alta ação de choque, com boa

mortalidade (CASIDA e QUISTAD, 1998; FERREIRA, 1999).

Os piretróides sintéticos têm boa estabilidade sob luz e temperatura ambiente. Degradam-se por hidrólise e oxidação. Entretanto, destacam-se pela rápida degradação por microrganismos do ambiente, são eliminados pelo suor e urina, não se registrando acumulação de resíduos ou esta alcança níveis não detectáveis (CASIDA e QUISTAD, 1998).

Segundo Midio e Silva (1995), a ação nociva ao homem é principalmente de natureza alérgica e, segundo FERREIRA (1999), são eficientes no combate a larvas de dípteros, afídeos, lagarta de lepidópteros e alguns coleópteros.

Terceira geração de inseticidas

Os inseticidas da chamada Segunda Geração são de largo espectro, podendo atingir tanto os organismos alvo como outros neutros e até benéficos ao homem. Entretanto, a partir dos anos de 1990 houve uma evolução da segunda para a Terceira Geração de inseticidas, com novas moléculas químicas que atuam de maneira mais específica, sendo menos tóxicas ambientalmente. Segundo Kadir e Barlow (2000) e Casida e Quistad (1998), incluem-se neste grupo os reguladores de crescimento (“Insect Growth Regulators”, ou “IGR”), os fago-inibidores e os neonicotinóides, entre outros. Para Ferreira (1999), o surgimento destes novos compostos despertaram uma corrida crescente na busca por novas substâncias, com novos modos de ação, objetivando, principalmente, maior seletividade em relação àqueles atualmente em uso.

Reguladores de Crescimento (Insect Growth Regulators, IGRs)

Os primeiros IGRs foram modelados a partir de hormônios juvenis de insetos, tendo potencial sob condições restritas. Os produtos inibem e troca da ecdise e a produção de quitina, inibindo o desenvolvimento dos insetos. Apesar da alta eficiência e segurança para mamíferos, estas combinações ainda estão limitadas por apresentarem ação lenta agindo em fases restritas do ciclo de vida dos insetos (CASIDA e QUISTAD, 1998; FERREIRA, 1999), muitas vezes, não protegendo as culturas quando em níveis críticos do ataque (CASIDA e QUISTAD, 1998; KADIR e BARLOW, 2000).

Entretanto, para Romero (1995), existem benefícios grandiosos que reforçam as qualidades dos IGRs, como: alta eficiência biológica, baixo nível de toxicidade para mamíferos, pássaros e peixes, e seletividade para a fauna benéfica.

Segundo Ferreira (1999), dentre os grupos de IGRs se destacam os Juvenóides, cujo modo de ação visa prolongar os estágios larvais e de ninfas, causando distúrbios no desenvolvimento destes insetos e com formação de adultos estéreis. Já o Metroprene, possui rápida degradação em água e em presença de luz, indicado para áreas internas para controle de pulgas. Outro IGR é o Hidroprene, utilizado para controle de baratas, podendo ser associado em mesclas a outros inseticidas, e o Piriproxifen, que possui alta estabilidade, com longo período residual no meio ambiente, e indicado para controle de insetos resistentes a outros grupos químicos.

Ainda segundo Sousa (2003), a última inovação em termos de inseticidas

fisiológicos são os aceleradores de ecdise, e que, segundo Gallo et al. (2002), são conhecidos como Agonistas de ecdisteróides, como o teboxifenoze e o metoxifenoze, imitando a ecdisona, que é o hormônio natural responsável pela ecdise. Sousa (2003) cita que estes produtos são específicos para lepidópteros, apresentando ação ovicida, interferindo no desenvolvimento de lagartas, sem ação nas pupas, com ação sub letal para adultos. Apresentam rápida ação inicial, com prolongado período de proteção, agindo somente por ingestão, com baixa toxicidade para o homem e o ambiente (*ibidem*, p. 10).

Limonóides ou Fago-inibidores

Os limonóides vêm despertando o interesse científico pela ação fago-inibidora e supressora de apetite, e atuam causando intoxicação alimentar nos insetos (CASIDA e QUISTAD, 1998; KADIR e BARLOW, 2000). Uma vez que estes compostos agem no comportamento e na fisiologia de insetos, pode-se sugerir que a principal função das plantas que produzem limonóides seja justamente a proteção contra estes. A síntese e elucidação dos mecanismos envolvidos neste novo princípio ativo vêm sendo estudados.

Quarta geração de inseticidas

Segundo Parra et al. (2002), a biotecnologia vem apresentando papel fundamental na identificação das pragas (taxonomia) por meio de técnicas moleculares, e também na produção de plantas transgênicas contendo características de resistência às pragas. Segundo Casida e Quistad (1998), a Engenharia Genética vem tornando possível a produção de

proteínas inseticidas a partir de bactérias e vírus, e sua inserção nos sistemas das plantas, caracterizando o desenvolvimento de plantas transgênicas.

Neonicotinóides

Os neonicotinóides constituem uma nova classe de inseticidas com novo modo de ação. Da mesma forma que o piretróides, foram sintetizados a partir das piretrinas naturais, o neonicotinóides foram sintetizados a partir da nicotina natural (WARE, 2003).

Os neonicotinóides são considerados a classe de inseticidas sintéticos mais importantes das últimas três décadas (TOMIZAWA e CASIDA, 2003). Ainda segundo estes (*ibid.*, p. 340), nithiazina, descoberta na Califórnia, foi o primeiro protótipo de neonicotinóide, entretanto com atividade inseticida modesta, pois era um composto muito instável e altamente fotodegradável, não sendo adequado para aplicação prática. Renzo et al., (1997) cita que sua otimização estrutural aumentou a potência, combinando ação sistêmica e baixa toxicidade para mamíferos. São consideradas sinonímias para neonicotinóides: cloronicotinas, nitroguanidinas, clorotiazóis, nitroiminas, entre outros (*ibid.*, p. 26).

O termo Neonicotinóide foi proposto originalmente para anabasina e nornicotina, moléculas naturais semelhantes à nicotina, podendo ser utilizados para combater pragas como afídeos, moscas e tripés, ou seja, insetos sugadores, devido a sua excelente atividade sistêmica (TOMIZAWA e CASIDA, 2003). Além de imidacloprid, outras moléculas como nitenpyram, acetamiprid, thiacloprid, thiamethoxam,

são considerados princípios ativos deste grupo inseticida (*ibid.*, p. 340).

Inseticidas sistêmicos são tóxicos que se aplicados nas folhas, ramos e raízes das plantas, são rapidamente absorvidos e translocados com a seiva, para as várias regiões das plantas, em quantidades letais para os insetos que se alimentam nesses locais. Os sistêmicos também são aplicados em sementes, tubérculos e bulbos que, ao germinarem já apresentam o inseticida circulando com a seiva (MARICONI, 1977).

Também insetos subterrâneos, como cupins, e alguns mastigadores, além de insetos domiciliares, podem ser controlados em seu estágio larval por neonicotinóides (BACEY, 2003). Segundo Ware (2003), os Neonicotinóides não têm efeito em ácaros e nematóides. Para Bertelli et al. (2001), uma vez que diversas viroses podem ser transmitidas por afídeos em plantas, este grupo químico age como agente controlador também destas moléstias.

As mais variadas culturas podem ser protegidas com neonicotinóides. Desde colheitas hortícolas (de casa de vegetação ou de campo), colheitas industriais, vegetais e plantas ornamentais (BERTELLI et al., 2001). Também podem ser utilizados em pomares frutíferos, como citrus e maçã (RENZO et al., 1997), e em tratamento de sementes (RENZO et al., 1997; BACEY, 2003).

Modo de ação

Os neonicotinóides imitam o neurotransmissor excitatório (acetilcolina) e competem com ele pelos seus receptores nicotínicos embebidos na membrana pós-sináptica. Ao contrário da ligação natural da

acetilcolina com o seu receptor, porém, esta ligação é persistente, uma vez que os neonicotinóides são insensíveis à ação da enzima acetilcolinesterase. Ou seja, a acetilcolinesterase degrada moléculas de acetilcolina, mas não consegue degradar as moléculas de neonicotinóides. A ativação dos receptores de acetilcolina é prolongada de modo anormal, causando hiperexcitabilidade do sistema nervoso central devido à transmissão contínua e descontrolada de impulsos nervosos. Embora os neonicotinóides atuem de modo totalmente distinto dos organofosforados e carbamatos, os sintomas resultantes da intoxicação são semelhantes e incluem tremores, convulsões (eventualmente, colapso do sistema nervoso central) e morte (TOMIZAWA e CASIDA, 2003; RENZO et al., 1997).

Métodos de aplicação

Segundo Rettke e Steward (2003) os neonicotinóides podem ser aplicados de quatro modos diferentes:

- Pulverização Foliar: área total, menos efetiva, apresenta tempo residual mais curto;
- Injeção de tronco ou pincelamento: recomendado quando outros métodos não são práticos;
- Injeção de solo: Para uma profundidade de seis a oito polegadas em árvores, e três a quatro polegadas para arbustos. Isto pode ser realizado com uma sonda injetora conectada em alta pressão a um pulverizador hidráulico (principalmente para árvores) ou com o uso de aparelho específico;
- Rega ou no sistema de irrigação: método mais prático e mais eficiente.

Considerações finais

Nesta revisão foram apresentadas as características dos inseticidas, na qual se procurou estabelecer um grau de evolução entre estes grupos químicos. Porém, o tema não se encontra esgotado, pois o processo de desenvolvimento e utilização de novos princípios ativos, com diferentes características ecotoxicológicas, é

bastante dinâmico, o que requer certo interesse de atualização constante por parte de quem deles queira valer-se.

Finalmente, reitera-se a necessidade do uso do método químico com base na responsabilidade e na existência de licenças e registros extensivos para a cultura, neste caso, para as plantações florestais e, em consonância com as outras estratégias de manejo integrado de pragas.

Referências

BACEY, J. *Environmental Fate of Imidacloprid*. Department of Pesticide Regulation. Disponível em: <<http://www.cdpr.ca.gov/docs/emppm/pubs/fatememo/imid.pdf>>. Acesso em: 10 Ago. 2003.

BERTELLI, L.; CANTONI, A.; GUALCO, A. Confidor Supra (Imidacloprid e Ciflutrin): Nuovo Insetticida per la Protezione delle Colture Orticole e Industriali. *Informatore fitopatológico*. Milano, v.11, 2001.

BERTI FILHO, E.; MOURA, R. G.; PERES FILHO, O. Controle biológico de insetos em florestas. In: PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; ROSSI, M. M.; MALERBO-SOUZA, D. T. (Ed.). *Controle biológico de pragas na prática*. Piracicaba: CP 2. 2006. p. 153-192.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Texto consolidado até a Emenda Constitucional n. 56 de 21 de dezembro de 2007. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/sf/legislacao/const/>>. Acesso em: 08 fev. 2008.

BRASIL, *Lei Federal 7.802 de 11 de julho de 1989*. Diário Oficial da União de 12/07/1989. Seção I, página 11.459. (Lei de Agrotóxicos)

BRASIL, *Lei Federal 9.605 de 12 de fevereiro de 1998*. Diário Oficial da União de 13/02/1998. Seção I, página 1. (Lei de Crimes Ambientais)

CAMPOS-FARINHA, A. E. C.; BUENO, O. C.; CAMPOS, M. C. G.; KATO, L. M. As formigas urbanas no Brasil: retrospecto. *Biológico*, São Paulo, v.64, n.2, p.129-133, 2002.

CASIDA, J. E.; QUISTAD, G. B. Golden Age of Insecticide research: Past, Present, or Future? *Annu. Rev. Entomol.* v.43, p.1-16. 1998.

CERTIFICAÇÃO FLORESTAL – CERFLOR. *Programa Brasileiro de Certificação Florestal*. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/cerflor.asp>>. Acesso em: 9 set. 2006.

CHABOUSSOU, F. *Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da trofobiose*. 2 Ed. Porto Alegre: L & PM, 1987. 256 p.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (1992: RIODEJANEIRO). *Agenda 21*. Curitiba: IPARDES. 2001. 260p.

COSTA, E. C.; D'AVILA, M.; CANTARELLI, E. B.; MURARI, A. B.; MANZONI, C. G. *Entomologia florestal*, Santa Maria: Ed. da UFSM, 2008. 240 p.

FARIA, A. B. C. A política de educação ambiental para o ensino em engenharia florestal. *Ambiência*, Guarapuava, v. 3, n. 3, p. 385-393, Set./Dez. 2007.

FERREIRA, W. L. B. Inseticidas de uso domiciliar e controle de vetores de doenças. In: MARICONI, F. A. M. (Ed.) *Insetos e outros invasores de residências*. Piracicaba: FEALQ, v. 6, 1999. p. 403-452.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C. D.; BERTI FILHO, E.; LI PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D. *Manual de entomologia agrícola*. 2. Ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1988. 674 p.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C. D.; BERTI FILHO, E.; LI PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D. *Entomologia agrícola*. São Paulo: FEALQ 2002. 920 p: il.

IEDE, E. T.; PENTEADO, S. R. C.; BISOL, J. C. Ocorrência de ataque de siricídios (Hymenoptera: Siricidae) em *Pinus taeda* L. no estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO FLORESTAL DO PARANÁ, 2., 1998, Curitiba. *Anais...* Curitiba: Instituto Florestal do Paraná, 1988. p. 2.

KADIR, A. A. S. A.; BARLOW, H. S. *Botanical Insecticides from Higher Plants: First to Fourth Generation Insecticides*. In: *Pest Management and the Environment in 2000*. Chapter 10, 2000. 132 p.

KOGAN, M.; BAJWA, W. I. Integrated pest management: a global reality?. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*. Londrina, v. 28, n. 1, 1999 .

LENTINI, M.; PEREIRA, D.; CELENTANO, D.; PEREIRA, R. *Fatos florestais da Amazônia 2005*. Belém: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia - IMAZON, 2005. 141 p.

LIMA, A. F.; RACCA FILHO, F. *Dicionário de pragas e praguicidas: aspectos legais, toxicológicos e recomendações técnicas*. 1. Ed. Rio de Janeiro: Ver Curiosidades, 1987. 126 p.

MARICONI, F.A.M. *Inseticidas e seu emprego no combate as pragas: com uma introdução sobre o estudo dos insetos*. 3. Ed. São Paulo: Nobel, v.1, 1977.

MIDIO, A. F.; SILVA, E. S. *Inseticidas: acaricidas organofosforados e carbamatos*. São Paulo: Roca, 1995.

NUNES, M. V.; TAJARA, E. H. Efeitos tardios dos praguicidas organoclorados no homem. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v.32, n.4, p.372-82, 1998.

- PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORREA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. O futuro do Controle Biológico, p. 581-586. In: PARRA, J. R. P. (Ed.). *Controle Biológico no Brasil: Parasitóides e Predadores*. São Paulo: Manole, 2002. 609 p.
- PENTEADO, S. R. C.; TRENTINI, R. F.; IEDE, E. T.; REIS FILHO, W. Ocorrência, distribuição, danos e controle de pulgões do gênero *Cinara* em *Pinus* spp. no Brasil. *Floresta*, Curitiba, v. 30, n.1/2. p. 55-64. 2000.
- RENZO, A.; CANTONI, A.; GAMBI, E. Confidor e Gaucho: nuovi insetticidi sistemici a base di Imidacloprid. *Informatore Fitopatológico*. Milano, v. 47, n. 1, p. 25-34, 1997.
- RETTKE, S. K.; STEWARD, B. *Some uses of Imidacloprid in the Landscape and Nursery*. Disponível em: <http://www.umassgreeninfo.org/fact_sheets/plant_culture/imidacloprid.pdf>. Acesso em: 10 set. 2003.
- ROMERO, J. Nueva Tecnologia: Aporte a la produccion del campo colombiano. *Revista Manejo Integrado de Plagas en cultivos y Medio Ambiente*. Colômbia, 1995.
- SILVA, A. A. Manejo integrado de plantas daninhas. In: JESUS JUNIOR, W. C.; POLANCZYK, R. A.; PRATISSOLO, D.; PEZZOPANE, J. E. M.; SANTIAGO, T. (Ed.) *Atualidades em defesa fitossanitária*. Alegre: CCA-UFES, 2007. 476 p.
- SOUSA, N. J. Importância do manejo de resistência de inseticidas no controle integrado dos pulgões-gigantes-do-pinus. In: SIMPÓSIO SOBRE CINARA EM PINUS, 1., 2003, Curitiba. *Anais...* Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1 CD-ROM.
- SOUSA, N. J.; FARIA, A. B. C.; CORRÊA, R. M.; CORRÊA, F. A. S. F.; ANJOS, R. A. M.; BUTURI, E.; OTTO, G. M. Manejo Integrado da Mariposa-do-álamo. In: SEMINÁRIO DE PROTEÇÃO FLORESTAL, 2., 2005, Blumenau. *Anais...* Fupef, 2005. 1 CD-ROM.
- TOMIZAWA, M.; CASIDA, J. E. Selective Toxicity of Neonicotinoids Attributable to Specificity of Insect and Mammalian Nicotinic Receptors. *Annual Review of Entomology*, Berkeley, Estados Unidos. v.48, p. 339-364, 2003.
- WARE, G. W. *An introduction to insecticides*. Department of Entomology, University of Arizona, Tucson, Arizona. Disponível em: <<http://ipmworld.umn.edu/chapters/ware.htm>>. Acesso em: 10 set. 2003.