

# **SUBSTÂNCIAS DO METABOLISMO SECUNDÁRIO DE PLANTAS NO CONTROLE DE PRAGAS AGRÍCOLAS**

## **Plants secondary metabolites in the agricultural pests control**

Maria Lucia Saito<sup>1</sup>

Franco Lucchini<sup>1</sup>

**RESUMO:** A procura intensiva por praguicidas obtidos de plantas, para aplicação na agricultura, iniciou-se há pouco mais de 20 anos, em decorrência da necessidade de substituir os pesticidas utilizados na época, que vinham acumulando problemas, como a intoxicação de trabalhadores, persistência no meio ambiente e resistência dos organismos alvos. A essa necessidade aliou-se o grande avanço que vinha ocorrendo na química sintética, permitindo modificações moleculares e síntese de compostos com estruturas complexas, em escala industrial, pois um dos entraves na utilização dos produtos de origem natural era a baixa estabilidade de seus componentes e o alto custo na obtenção dos materiais cultivados. Atualmente se encara essas substâncias de plantas como um modelo para a síntese de pesticidas mais eficientes, menos tóxicos e menos persistentes no meio ambiente e como auxiliar para a compreensão da complexa interação entre os seres vivos no ecossistema. Esta revisão pretende mostrar os vários aspectos relacionados aos produtos de plantas utilizados no controle de pragas agrícolas, sem a pretensão de esgotar este extenso assunto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Plantas inseticidas; Controle de pragas agrícolas; Produto natural; Controle.

---

<sup>1</sup> EMBRAPA/CNPMA

## HISTÓRICO

Para controlar as pragas na agricultura, diversas técnicas ou tipos de substâncias e suas misturas vêm sendo utilizadas ao longo dos tempos, tendo sido registrados os mais variados produtos para essa finalidade.

Até os meados do século passado foram utilizadas como inseticidas, a espuma de sabão, terebentina, óleos de petróleo, óleos de peixe, enxofre, cal, salmoura, cinzas, água quente, vinagre, fuligem, e plantas como: aloé, tabaco, heléboro, quassia e alguns tipos de pimentas. Em 1867, foi desenvolvido o verde de Paris (acetoarsenito de cobre) para o controle do coleóptero da batata (*Leptinotarsa decemlineata*) e outros insetos mastigadores, e no ano seguinte esse pesticida foi lançado na forma de emulsões em querosene para o controle de insetos sugadores (Boyce, 1974), o que já demonstra a preocupação dos aplicadores quanto às formulações desses inseticidas.

No período entre 1890 e 1920, os principais praguicidas utilizados foram o pó de enxofre, enxofre molhável, arsenicais (verde de Paris, arsenatos de cálcio e chumbo); produtos de plantas, como o fumo, piretro, rotenona; produtos de composição variada obtidos de petróleo, óleo de baleia, resinas, sabão, dissulfeto de carbono e ácido hidrociânico como fumigante (Boyce, 1974).

De 1920 a 1940 muitos desses produtos continuaram a ser empregados, como o arseniato de chumbo, arseniato de cálcio, pó de enxofre, enxofre molhável, e apareceram compostos novos como o fluossilicato de bário, criolita (fluoaluminato de sódio, tanto o natural como o sintético), e os compostos de selênio (selocide = selenosulfeto de potássio e amônio), para o controle de ácaros. Vários tiocianatos, preparações melhoradas de nicotina, piretro, rotenona, óleo de petróleo, ácido hidrociânico, brometo de metila, dicloreto de etileno e óxido de etileno foram utilizados como fumigantes. No fim desse período o tártaro emético foi usado para controle de tripes de citrus e várias outras culturas; dinitro o-cresol e dinitro o-ciclohexilfenol foram usados em várias formulações para tratamento da dormência de árvores de frutíferas decíduas, e contra ácaros, afídeos e certas cochonilhas. Esse último composto também foi utilizado para o controle de ácaros em citrus (Boyce, 1974).

Nessa época, os arsenicais eram os principais produtos utilizados na defesa vegetal, no mundo todo. Em 1935, só os EUA gastaram mais de 41.000 toneladas de produtos arsenicais, apesar de serem conhecidos os problemas que esses produtos causam à saúde humana. Nessa década, iniciaram-se esforços para a obtenção de inseticidas menos tóxicos, com o objetivo de substituir os produtos formulados à base de arsênico, tálio, boro, selênio e cianeto. Já naquela época supunham ser difícil encontrar inseticidas eficientes e ao mesmo tempo inócuos ao homem. Não havia preocupações quanto ao efeito sobre o meio ambiente e os efeitos cumulativos sobre ele. A atenção se voltava às plantas fornecedoras de produtos inseticidas, como o Piretro e a Derris, que eram tidas como inócuas para o homem, e elas só não eram o inseticida ideal, pela facilidade de serem alteradas pela ação da luz e da temperatura, e por agirem de forma desigual nos diversos insetos (Decker, 1940).

Outro problema que limitava o uso dos produtos obtidos de plantas era o custo muito maior que o dos compostos químicos sintetizados, pois dependiam do plantio e colheita dessas plantas. Alguns países como a Malásia, Índia e Holanda, faziam o cultivo de forma mista, em conjunto com outros vegetais. No Kenia, o cultivo do piretro foi bastante estimulado, para uso interno e exportação (Decker, 1940).

Nessas décadas, as plantas conhecidas como inseticidas eram o piretro, o timbó, fumo, quassia e heléboro.

Os inseticidas “modernos”, representados pelos organoclorados, organofosforados, carbamatos e difenílicos acaricidas surgiram durante a 2ª guerra mundial, começando com DDT, que abriu um novo caminho e filosofia para o desenvolvimento de compostos orgânicos sintéticos como inseticidas (Boyce, 1974).

O DDT (dicloro-difenil-tricloroetano) foi obtido pela primeira vez em 1874, mas somente no final de 1939 foi descoberta sua ação contra alguns insetos, na Basiléia, pelo Dr. Paul Muller, na Companhia de corantes J.R. Geigy S.A, e foi patenteado na Suíça em 7/3/1940. A eficiência do novo produto, batizado de Gesarol, foi muito festejada, pois demonstrou eficiência excepcional contra as pragas que atacavam os alimentos armazenados, as pragas do campo, o piolho, a mosca e os mosquitos (West, 1952).

As preocupações acerca da inocuidade do produto se voltavam mais para o efeito sobre o homem, através do consumo de alimentos com resíduo de pesticidas e pouco sobre o efeito sobre o meio ambiente (Perkins, 1985). Foram efetuados centenas de testes de toxicologia no homem e em animais de sangue quente, e a decisão final foi favorável ao emprego do DDT.

No início do Século XX, quando existiram muitas guerras, o problema das epidemias de doenças disseminadas por vetores era muito sério, dizimando os exércitos e também nas regiões urbanas, milhões de pessoas sofreram as consequências dessas doenças. A filial inglesa da Companhia Geigy apresentou esse produto ao conhecimento do governo em 1942, justamente quando ele procurava um substituto à Derris e Piretro, até então empregados para combater os agentes transmissores do tifo e da malária, pois o principal fornecedor, que era o Japão, entrou em guerra, interrompendo o fornecimento do Piretro e, ainda como consequência da guerra, também a Derris teve seu fornecimento interrompido. Assim, o DDT foi também muito útil para a saúde pública, evitando epidemias de tifo exantemático através do combate ao piolho transmissor, e controlou o paludismo transmitido pelos mosquitos. Dizia-se que esse pesticida não era tóxico ao homem e aos animais de sangue quente na concentração que era recomendada (West, 1952).

Iniciou-se assim, a fase dos defensivos químicos sintéticos, que parecia ser a solução para os problemas da agricultura mundial e também para a saúde pública, no que diz respeito às doenças transmitidas por artrópodes.

Apesar do uso entusiástico do DDT e do número de entomologistas que defendiam seu uso, a polêmica sobre sua inocuidade continuou e, após muita discussão, a conclusão foi de que a quantidade de informações sobre a toxicologia e farmacologia do produto era insuficiente para estabelecer seu uso com segurança e haveria necessidade de novas leis regulamentando-o. Essa emenda, porém, só saiu em 1954, nos EUA (Perkins, 1985).

Alguns anos mais tarde, extensivos experimentos no campo com o DDT e alguns outros compostos organoclorados mostraram os problemas que podem advir do seu uso em larga escala, e fizeram com que a importância da seletividade e biodegradabilidade no desenvolvimento de novos inseticidas fosse considerada,

especialmente do importante ponto de vista da qualidade ambiental, e também com o objetivo de evitar sérias descontinuidades na população de insetos benéficos do campo, parasitóides e predadores (Boyce, 1974).

O início do uso dos inseticidas clorados colaborou para uma mudança muito grande na agricultura, pois algumas práticas que vinham sendo aplicadas, como a rotação de cultura, foram abandonadas, pois os insetos podiam ser combatidos com os inseticidas; o tamanho das culturas foram se estendendo, o número de trabalhadores diminuindo e a produtividade por área e por número de trabalhador aumentou. Esse processo, uma vez iniciado, era de difícil retorno, demandando outros inseticidas potentes, se houvesse a necessidade de substituir os produtos utilizados.

O uso dos organoclorados e seus sucessores e a euforia pelos novos produtos lançados no mercado, fizeram com que outras técnicas também em desenvolvimento na época fossem deixadas em segundo plano, como era o caso do controle biológico, cultivares resistentes, e outros métodos que utilizavam machos estéreis e uso de hormônios juvenilizantes (Perkins, 1985). Esses produtos sintetizados sempre foram acompanhados pelo aparecimento de resistência por parte dos organismos e, com o tempo começaram a aparecer os efeitos cumulativos sobre o ambiente e o desequilíbrio que provoca no ecossistema. Surgiu então a necessidade de se modificar a forma de combater esses organismos, e foram retomadas as pesquisas nas diversas áreas de que hoje se tem conhecimento, como a utilização de produtos de plantas, de microorganismos, de outros artrópodes, controle biológico e sistemas de manejo.

## **COMPOSTOS SECUNDÁRIOS DE PLANTAS**

Harborne (1982) em seu livro "Introduction to ecological biochemistry", faz muitas considerações sobre a co-evolução das plantas com outros organismos e as adaptações ao meio em que vivem. Uma delas é a constatação de que as plantas ainda dominam a nossa paisagem, apesar da enorme população de herbívoros, que compreendem desde insetos até animais de maior porte, muito

provavelmente devido a alguns mecanismos de defesa que elas adquiriram no decorrer dos tempos.

Até o início da década de 60, o papel de compostos do metabolismo secundário de plantas era muito obscuro. Muitos fisiologistas de plantas os consideravam como subprodutos do metabolismo primário sem valor de sobrevivência para as plantas, que seriam eliminados. Essa situação começou a mudar em 1959 devido ao interesse que alguns biólogos tiveram por essas substâncias e na complexa e sutil interação das plantas com os insetos. Fraenkel (1959, citado por Harborne, 1982), foi um dos primeiros a sugerir que os compostos do metabolismo secundário estavam diretamente envolvidos no comportamento alimentar dos insetos, mas a teoria da co-evolução bioquímica entre animais e plantas ganhou corpo após o trabalho de revisão de Ehrlich em 1965, sobre os prováveis fatores que controlam a co-evolução de borboletas e plantas. Segundo esse trabalho, as angiospermas têm produzido uma série de compostos químicos não diretamente relacionados ao metabolismo básico, através de mutações e recombinações ocasionais. Alguns desses compostos reduzem ou destroem a palatabilidade da planta que as produzem, afastando alguns predadores, e essas plantas ficam num novo nível de adaptação. Entretanto, alguns insetos fitófagos também podem evoluir e responder ao obstáculo fisiológico, criando mecanismos de detoxificação; aquele que conseguir, terá diminuído o número de competidores pelo alimento, acumulando vantagens para a sua sobrevivência. Essa teoria explica uma série de fatos, como a enorme diversidade na biologia das angiospermas, no mundo dos insetos e na química dos compostos secundários; explica também porque os insetos não acabaram com as plantas, apesar de seu potencial destrutivo: muitos insetos herbívoros discriminam as plantas para a alimentação, pois diversos compostos são altamente tóxicos para eles (Harborne, 1982).

Como resultado dessa interação, existem substâncias altamente especializadas na sua ação, afetando o balanço hormonal do animal. Outras são altamente tóxicas, como os alcalóides e cianógenos. Outras ainda reduzem apenas a palatabilidade, como as cucurbitacinas, ou reduzem a qualidade nutricional da planta, como os taninos. Na série evolutiva, pteridofitas, gimnospermas, angiospermas lenhosas, angiospermas herbáceas, existe uma tendência para a complexidade na

estrutura química dos compostos do metabolismo secundário (Harborne, 1982).

Apesar da ênfase dada à relação herbívoro - planta, o mesmo tipo de raciocínio pode ser usado na relação das plantas com o meio em que vive, como solo, clima, nutrientes, doenças e competição com outras plantas.

Essa teoria da co-evolução bioquímica explica porque algumas substâncias de plantas são muito mais tóxicas aos insetos que aos animais de sangue quente, e esse conhecimento vem sendo explorado pelos cientistas no sentido de se conseguir inseticidas, antimicrobianos e herbicidas mais específicos, eficientes e menos agressivos ao homem, animais domésticos e ao meio ambiente. Quanto à origem dos compostos secundários de plantas, ainda há controvérsias. Gottlieb et al (1996) publicaram recentemente outra teoria para explicar a existência desses compostos, onde leva em consideração muito mais os fatores ambientais que influenciaram a formação da vida na face da terra, como composição da atmosfera, temperatura do globo, etc.. No entanto, esses autores admitem também que aquelas plantas que tiverem composição química desfavorável para a herbivoria poderiam ter maior chance de sobrevivência.

Essas substâncias encontradas em plantas, do ponto de vista de controle de insetos, são normalmente classificadas como:

### **ANÁLOGOS HORMONAIS DE INSETOS (juvenóides, precocenos, ecdisonas)**

As substâncias com atividade de hormônio juvenil em plantas foram descobertas acidentalmente, em papéis produzidos com material retirado de *Abies balsamea*, que apresentou tal atividade ao inseto *Pyrrhocoris apterus*. Foi então isolada a substância juvabiona dessa planta, possibilitando confirmar sua atividade em insetos, principalmente da família Pyrrhocoridae. De *Ocimum basilicum* foi isolado o componente "juvocimeno 2", citado como muitas vezes mais ativo que o HJ 1 e induz a formação de intermediário ninfa-adulto no percevejo "milkweed" na concentração de 10 pg (Bowers e Nishida, 1980, citados por Harborne, 1982). No entanto, são relativamente poucas as substâncias isoladas de plantas com esse tipo de atividade.

Foram identificadas também substâncias com atividade anti-juvenilizante, os precocenos 1 e 2, em *Ageratum houstonianum*. Os precocenos, quando adicionados à dieta dos insetos, interferem na atividade do hormônio juvenil de tal forma que ocorre metamorfose precoce, transformando-os em adultos imperfeitos, porém alguns estudos tem constatado que sua ação é muito específica, atuando apenas contra o HJ3 (Marini-Bettòlo, 1977), o que limita muito a sua utilidade.

Quanto às ecdisonas, desde os primeiros trabalhos de isolamento e identificação desse hormônio de muda, foram pesquisadas as melhores fontes para sua obtenção e extraídas toneladas de bicho da seda, e outros animais, como outros insetos e crustáceos, para obtenção de quantidade apreciável. Registra-se que em 1960 Karlson (1960), citado por Jacobson (1971), obteve a maior quantidade, 250 mg, processando uma tonelada de pupas de bicho da seda, utilizando processos de purificação melhorados.

As fitoecdisonas foram inicialmente relatadas em 1966, e descobertas por acaso quando se estudava plantas com potencial farmacológico, no Japão. Quando ensaiadas em insetos, foi observado que apresentava atividade similar à das ecdisonas. A grande vantagem das fitoecdisonas é a sua presença em quantidades muito maiores: enquanto se obtinham teores variando de 0,002 a 1,3 mg/Kg dos diversos animais ensaiados, as plantas apresentaram teores de 0,5 até 2000 mg/Kg. As fitoecdisonas também compreendem a ecdisona, crustecdisona, e outros ecdisteróides com estruturas idênticas às encontradas nos animais (Jacobson e Crosby, 1971). Essas substâncias estão presentes com maior frequência em espécies de plantas consideradas mais primitivas, como as Pteridófitas e Gimnospermas. Nas Angiospermas também podem ser encontradas, mas são menos frequentes. A propriedade mais fascinante das fitoecdisonas é sua enorme atividade hormonal, quando comparadas com as  $\alpha$  e  $\beta$ -ecdisonas. Algumas chegam a ser mais de 20 vezes mais ativas (Harborne, 1982). Os efeitos biológicos do hormônio obtido da planta dependem das vias de administração: cutânea, por ingestão ou injeção. Ocasionalmente causa malformação, esterilidade e morte, após a administração. A via que provoca menor efeito é a oral, provavelmente devido aos mecanismos de detoxificação dos insetos.

## REPELENTE E ATRAENTES

As substâncias repelentes ou atraentes presentes nas plantas são principalmente de natureza terpenoídica, e se apresentam como moléculas de baixo peso molecular e voláteis. São as substâncias normalmente conhecidas como aromáticas, essências ou óleos essenciais. As espécies que mais frequentemente apresentam essa categoria de substâncias são as que pertencem às famílias *Labiatae*, *Rutaceae*, *Mirtaceae*, *Myristicaceae*, *Umbeliferae*, *Pinaceae*, *Lauraceae*, *Araceae*, *Chenopodiaceae*, *Gramineae*, só para citar as mais importantes; outras famílias apresentam também espécies importantes que contêm óleos voláteis. Como exemplos bastante conhecidos temos os óleos de citronela, de pinheiro e de eucalipto, que possuem em suas composições, componentes importantes como o citronelal, citral,  $\alpha$  e  $\beta$ -pineno, eucaliptol, reconhecidamente repelentes a algumas espécies de insetos e que estão presentes também em muitas outras espécies de plantas. Algumas plantas possuem substâncias que atraem insetos que fazem a sua polinização. Essas substâncias poderiam ser utilizadas para atrair insetos indesejáveis para locais onde não haja cultivos importantes que poderiam ser prejudicados por esses insetos. É também conhecida a propriedade atraente de algumas raízes de plantas, como ocorre em algumas espécies de Cucurbitáceas, que são utilizadas como atraentes de insetos para desviá-los de plantas de cultivo.

Alguns desses componentes de óleos voláteis possuem também outros tipos de atividades, como tóxicas e deterrentes contra insetos, e atividade alelopática.

## SUBSTÂNCIAS TÓXICAS

Do nosso ponto de vista, as plantas tóxicas são aquelas que provocam efeitos fisiológicos indesejáveis para nós ou outros animais domésticos ou de criação. Deste ponto de vista, relativamente poucas são as espécies realmente tóxicas e as toxinas presentes são quase sempre alcalóides; mas existem outras plantas que são relativamente inócuas a nós mas podem ser muito tóxicas a outros grupos de animais, como pássaros, peixes e, especialmente insetos. Algumas plantas

inseticidas como o fumo, piretro, timbó são bem conhecidas, mas existem milhares de espécies de plantas já citadas como tóxicas a insetos, que ainda não tiveram comprovação ou foram pouco estudadas.

Entre as toxinas encontradas nas plantas, encontram-se substâncias nitrogenadas, como alguns amino ácidos não-proteicos, glicósidos cianogénéticos, alguns peptídeos e proteínas, e alcalóides de diversos tipos. Existem muitas toxinas não nitrogenadas, como ocorre naquelas plantas utilizadas pelos indígenas como veneno de flecha, que contêm esteróides glicosilados com atividade cardíaca, saponinas, flavonóides, quinonas, poliacetilenos e aflatoxinas. Essas substâncias são normalmente tóxicas também a mamíferos, porém, as saponinas e os flavonóides são frequentemente mais tóxicos a peixes e insetos e a toxicidade de uma substância química é sempre relativa, dependente da dose tomada em um dado período de tempo, a idade e o estado da saúde do animal, o mecanismo de absorção e o modo de excreção. Essas toxinas frequentemente apresentam-se também como repelente alimentar, pois a sua presença é muitas vezes denunciada por algum sinal de perigo, de natureza visual ou olfatória. O óleo de mostarda, por exemplo, que ocorre em crucíferas, é tóxico a muitos insetos, tem um cheiro pungente e é provavelmente emitido continuamente em quantidades pequenas pelas plantas. Compostos secundários potencialmente tóxicos podem ocorrer na cera da superfície das folhas. Também os pêlos glandulares das folhas podem secretar uma quinona tóxica, como em *Primula obconica*, ou pode haver um depósito de quinona sobre a superfície inferior da folha, como em inúmeras labiadas. A defesa química é também anunciada em plantas lenhosas, quando exsudam resinas da casca e dos frutos. No caso do HCN, plantas cianofóricas não liberam ácido prússico, pois o substrato e as enzimas para sua produção estão localizados em organelas diferentes. Só quando a folha é danificada por herbívoros é que o substrato e a enzima entram em contato para produzir a toxina, e então exalam o cheiro de amêndoas amargas. Nos casos de alcalóides e saponinas, o sinal de perigo é recebido pelo animal após ter iniciado a alimentação, na forma de gosto amargo. A maioria dos alcalóides e saponinas é conhecida como amarga. Muitos outros componentes de plantas são amargos, especialmente as cucurbitacinas triterpenóides da família das Cucurbitáceas, que claramente dão a base de repelência a herbívoros

nessas plantas. Os látex das plantas, tais como chicória, dente de leão e outras compostas, também têm um papel claro na deterrência em insetos, pois contêm toxinas amargas entre seus constituintes (Harborne, 1982).

## SUBSTÂNCIAS DETERRENTES

Vem crescendo bastante o interesse por substâncias com propriedade anti-alimentar para os insetos, pois freqüentemente os insetos fitófagos têm um alto grau de especificidade por plantas. A ajugarina, azadiractina e imperatorina obtidas de plantas, são consideradas como possuidoras dessa propriedade.

Muitos deterrentes importantes para insetos são de natureza terpênica, como a lactona sesquiterpênica de espécies de *Vernonia*, o glaucólido - A, que inibe a alimentação da lagarta militar *Spodoptera ornithogallii* e de alguns outros insetos que se alimentam dessas espécies. Outra lactona sesquiterpênica é a xantumina, de *Xanthium canadense*. Diterpenos como ácidos caurenóico e traquilobanóico presentes no girassol também apresentaram efeitos inibidor e larvicida para vários lepidópteros. As cucurbitacinas, substâncias amargas de algumas espécies de cucurbitáceas, atuam como atraentes a alguns besouros de pepino e também como repelente para muitos outros insetos. Outro triterpenóide com atividade antialimentar são as azadiractinas, que foram descobertas através de observações de que a planta Africana, *Azadirachta indica* que a produz, nunca é atacada pelo gafanhoto do deserto, *Schistocerca gregaria*. Warburganal é um sesquiterpenóide isolado de *Warburgia stuhlmannii* e *W. ugandensis* e é um repelente alimentar menos geral que a azadiractina, pois enquanto é ativa contra larva de lagarta militar, não apresenta deterrência ao gafanhoto. Outro grupo de substâncias que parecem ter ação deterrente importante são os vários flavonóides que se acumulam nas folhas de angiospermas. Muitas substâncias tóxicas, como já mencionadas, possuem também propriedade deterrente alimentar.

Harborne (1982) apresenta no quadro seguinte os principais tipos de compostos ativos encontrados em plantas:

**Quadro 1 - CLASSES DE COMPOSTOS ATIVOS.****Picture 1 - Active compounds classes.**

Classe de compostos	nºaprox. estrutura	distribuição mais frequente	atividade fisiológica
<b>NITROGENADOS</b>			
Alcalóides	5.500	em angiospermas, raiz, folha e fruto	muitos tóxicos e amargos
Aminas	100	angiospermas, flores	cheiro repelente, alguns alucinógenos
amino ácidos	400	principalmente em sementes de legumes	muitos tóxicos
Glicósidos cianogênicos	30	esporádico, frutos e folhas	tóxico (como HCN)
Glicosinolatos	75	crucíferas e outras	amargo e acre (como isotiocianatos)
<b>TERPENÓIDES</b>			
Monoterpenos	1000	larga distribuição em óleos essenciais	aroma agradável
Lactonas sesquiterpênicas	600	Compositae, crescente em outras famílias	alguns amargos e tóxicos, alergênicos
Diterpenóides saponinas	1000	larga, em látex e resinas de plantas	algumas tóxicas
Limonóides	500	mais de 70 famílias de plantas	hemólise
Cucurbitacinas	100	Rutácea, Meliácea e Simarubácea	sabor amargo
Cardenólidos	50	Cucurbitácea	sabor amargo e tóxico
	150	Apocynácea, Asclepiadácea e Scrofulariácea	amargo e tóxico
Carotenóides	350	Folhas, flores e frutos	coloração
<b>FENÓLICOS</b>			
fenóis simples	200	folha, também em outros tecidos	antimicrobiano
Flavonóides	1000	universal em angiospermas, gimnospermas e pteridófitas	frequentemente coloridos
Quinonas	500	larga, especialmente em Rhamnácea	colorido
<b>OUTRAS</b>			
Poliacetilenos	650	principalmente em Compostas e Umbelíferas	alguns tóxicos

Obs.: Retirado de Harborne, J.B., 1982.

## PRINCIPAIS PLANTAS INSETICIDAS

### PIRETRO

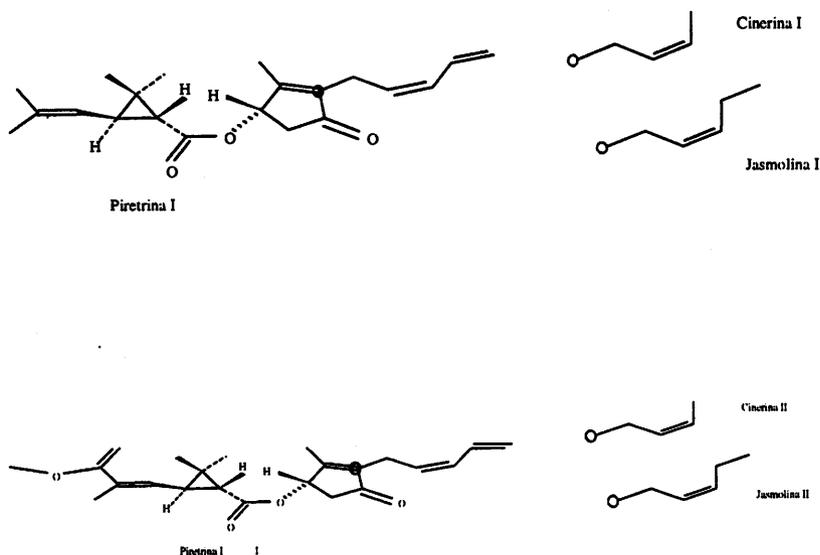
Com o nome de Piretro são conhecidas algumas espécies do gênero *Chrysanthemum*, da família *Compositae*, sendo as principais: *C. cinerariaefolium* Visiani, *C. coccineum* Willdenow (*C. roseum* Adam ou *C. carneum* Steud) e *C. marschallii* Ascherson, sendo que a primeira é a mais cultivada e comercializada.

O piretro era conhecido como inseticida na região do Cáucaso, Armênia e Pérsia (Irã), de onde parece ser originário. As partes usadas eram as flores dos *Chrysanthemum roseum* e *C. carneum*, e eram utilizados na forma de pó, denominados de "pó da Pérsia". No início do Século XIX foi introduzido na Europa, e a Dalmácia, na Iugoslávia, foi uma das grandes produtoras. Nos meados do século XIX, foi descoberta a atividade inseticida também no *Chrysanthemum cinerariaefolium*, e se deu preferência a esta espécie. Nos EUA foi introduzido em 1860, depois no Japão, África e América do Sul. No início do Século XX, a Dalmácia e o Japão se tornaram os principais produtores. Em 1941, o Japão se tornou o principal produtor, porém após a 2ª guerra mundial sua produção caiu muito, e os maiores produtores passaram a ser Kênia, Tanzânia, Uganda, Congo e Equador. Argentina, Brasil e Madagascar também chegaram a cultivar. No Japão a produção em 1934 foi de 17 milhões de libras e em 1935 chegou a 28,6 milhões (Decker, 1940). Não se tem registro correto da produção mundial, mas entre 1966 e 1967, foi de aproximadamente 20.000 toneladas e nessa época, a maior parte dessa produção era extraída e comercializada como concentrado de Piretro, contendo 20 a 25% de matéria ativa (Jacobson, e Crosby, 1971; Tyler, 1979). Os Estados Unidos eram um dos grandes consumidores, tendo importado 4.500 toneladas em 1935.

O piretro era usado a seco, na forma de pó, e podia ser misturado com alguns veículos como o talco, o gesso ou ainda podia ser utilizado a úmido, na forma de extratos em álcool, acetona ou querosene misturados com terra diatomácea. Utilizou-se também associado a outros componentes como a naftalina, o sabão ou a rotenona.

Nas residências era usado contra pulgas, percevejos, moscas, mosquitos. Na veterinária foi empregado contra o berne e as moscas varejeiras e utilizava-se também na horticultura e fruticultura. Na agricultura era utilizado contra o coleóptero *Anthonomus rubi*, que perfura botões florais do morangueiro, ou o piralídeo da videira; o pulgão *Myzus persicae* do fumo, *Leptinotarsa decemlineata* - coleóptero da batata; *Lygus* e *Antestia* - percevejo do cafeeiro, lagartas desfolhadoras de florestas.

A atividade inseticida do Piretro é atribuída à ação de seis principais componentes: as piretrinas I e II, cinerinas I e II, jasmolinas I e II, sendo que, dessas, a piretrina I é a mais ativa. Quimicamente, essas seis substâncias são ésteres dos ácidos cirsantêmicos mono e dicarboxílico, combinados com três tipos de álcoois: a piretrolona, a cinerolona e a jasmolona (Jacobson, 1971; Tyler, 1979) (Figura 1).



**Figura 1- Princípios ativos do Piretro.**  
**Figure 1- Active Principium of Piretro.**

## TIMBÓ

Chamam-se de timbó todas as plantas que, esmagadas e lançadas na água produzem a morte de peixes, devido à ação de substâncias tóxicas que encerram. A sua história antecede a vinda de Colombo ao continente americano. Os aborígenes utilizavam essas e outras plantas tóxicas de nossa flora, na pesca, caça, terapêutica e também para o envenenamento das flechas utilizadas nas lutas guerreiras.

Correa (1926-1978), cita diversas espécies com atividade ictiotóxica em graus variados, principalmente das famílias Sapindáceas e Leguminosas, como mostra o quadro a seguir:

**Quadro 2 - PLANTAS ICTIOTÓXICAS, CONHECIDAS COMO TIMBÓ.**  
**Picture 2 - Inctiotoxic plants, known as timbo.**

Família	espécie	Família	espécie
Sapindácea	<i>Paullinia aspera</i> Radlk	Euforbiácea	<i>Phyllanthus piscatorium</i> HBK
	<i>Paullinia carpopodea</i> Canb	Leg. Papilionacea	<i>Piscidia erythrina</i> L
	<i>Paullinia dasyphylla</i> Radlk	Leg. Papilionacea	<i>Derris negrensis</i> Benth.
	<i>Paullinia neglecta</i> Radlk		<i>Derris guyanensis</i> Benth.
	<i>Paullinia xestophylla</i> Radlk		<i>Tephrosia toxicaria</i> Pers.
	<i>Serjania aculeata</i> Radlk		<i>Tephrosia brevipes</i> Benth.
	<i>Serjania chaetocarpa</i> Radlk		<i>Tephrosia leptostachya</i> DC.
	<i>Serjania dentata</i> Radlk		<i>Clathrotropis macrocarpa</i> Ducke
	<i>Serjania diversifolia</i> Radlk		<i>Lonchocarpus discolor</i> Hub
	<i>Serjania foveolata</i> Radlk		<i>Lonchocarpus negrensis</i> Benth.
	<i>Serjania fusca</i> Radlk		<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl) Benth.
	<i>Serjania grandiflora</i> Camb		<i>Lonchocarpus urucu</i> Kil. et Smith
	<i>Serjania ichthyoctona</i> Radlk		<i>Lonchocarpus floribundus</i> Benth.
	<i>Serjania marginata</i> Casar		<i>Machaerium macrophyllum</i> M
	<i>Serjania orbicularis</i> Radlk	Leg. Mimosácea	<i>Piptadenia recurva</i> Ducke
	<i>Serjania perulacea</i> Radlk		<i>Piptadenia psilostachya</i> (DC)Benth
	<i>Serjania reticulata</i> Radlk	Sapindacea	<i>Magonia pubescens</i> St. Hill
	<i>Serjania tricosata</i> Radlk		<i>Serjania glutinosa</i> Radlk.
	<i>Talisia stricta</i> Tr. et Pl.		<i>Serjania erecta</i> Radlk
			<i>Serjania communis</i> Camb

Diversos outros gêneros e espécies de ictiotóxicas foram também sugeridos como inseticidas: *Mundulea*, *Tephrosia*, *Cássia*, *Milletia*, *Croton*, *Phylloxylon*, *Ichtyometic*, *Ormocarpum*, *Spatholobus* (Decker, 1940), porém, os principais são *Derris*, *Lonchocarpus* e *Tephrosia*. Em diversas espécies desses gêneros foram encontradas a rotenona (figura 2), princípio conhecido como inseticida. O teor dessa substância pode variar, sendo que a raiz de *Derris elliptica* cultivada pode conter até 13% de rotenona ou 30% de extrato solúvel em éter, enquanto que o *Derris* Filipino contém de 4 a 5 % dessa substância. As espécies de *Lonchocarpus* produzem de 8 a 10% e nas espécies de *Tephrosia* foram encontradas cerca de 0,5% dessa substância (Tyler, 1979).

### *DERRIS*

O gênero *Derris*, pertencente à família Papilionaceae, tribo Dalbergieae e subtribo Lonchoecarpinae, é nativo dos Trópicos, abundante principalmente na Malásia, nas Índias Orientais Holandesas e nas ilhas Filipinas e considerado mais abundante no velho continente que na América tropical, no início do século. Suas espécies apresentam-se como trepadeiras (McIndoo, 1919).

As mais conhecidas são as raízes de *Derris elliptica* e *D. malaccensis*, originárias da Ásia Oriental, dos estados malaios e das Índias Holandesas, onde são conhecidas pelo nome de "Åhar Tuba" e "Tuba root". Os indígenas empregam para envenenar peixes, enquanto os horticultores chineses utilizavam essas raízes desde tempos remotos, como inseticida poderoso (Decker, 1940).

Foi citada pela primeira vez na literatura, em 1747. Os chineses esmagavam a raiz na água, preparando uma emulsão leitosa, para pulverizar as hortaliças (Decker, 1940). A observação da qualidade dessas hortaliças chamou a atenção de alguns estudiosos que iniciaram os estudos sobre as propriedades dessa planta. Segundo Koseki e Inoue (1938), os índios Malaios usavam um produto leitoso que chamavam de "Tuba", para tinguisar peixes. Esse produto era retirado da raiz de "Derris". Quem iniciou os estudos sobre os componentes tóxicos da raiz de "Derris" foi Dr. Creschoff, em 1890, em Java, sendo os estudos ampliados em outros países, como Japão, Alemanha e Estados Unidos. No Japão, essa planta foi estudada por

agrônomos e químicos e, em 1916, o Instituto Agronômico de Tóquio apresentou pela primeira vez um relatório a respeito dessa planta (Koseki e Inoue, 1938).

Desses estudos, concluiu-se que a atividade da raiz de *Derris* era devido a dois princípios tóxicos, aos quais denominaram de rotenona e deguelina. A rotenona, por ser mais tóxica, mereceu maior atenção dos técnicos, que a classificaram como um carboidrato incolor, inodoro, cristalizando hexagonalmente, solúvel em álcool e clorofórmio, insolúvel em água e querosene, com fórmula  $C_{23}H_{22}O_6$ .

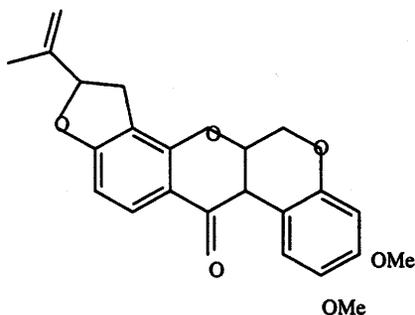


Figura 2 - Rotenona

Finalmente em 1928, Takei e Koide propuseram a fórmula molecular correta, contribuindo para a elucidação estrutural da molécula e, em 1932, a estrutura completa da molécula foi publicada simultaneamente por quatro laboratórios independentes (Jacobson e Crosby, 1971).

No início do século alguns cientistas japoneses isolaram rotenona também de outras espécies de *Derris*. Desde então diversos outros rotenóides como a deguelina, elliptona, sumatrol, toxicarol, malacol, munduserona, pachyrrhizona, dolineona, erosona, e a morfina foram identificados em diferentes espécies de Leguminosa. Nas espécies de *Derris*, a rotenona encontra-se quase que exclusivamente na raiz, na concentração de 4 a 10% considerando a raiz seca. Quando em emulsão na água, perde seu poder tóxico (Koseki e Inoue, 1938). À rotenona se associam a deguelina, tefrosina e o toxicarol (Decker, 1940). O extrato bruto da *Derris* é um inseticida mais eficiente que a rotenona pura e a *Derris elliptica* é a mais rica em rotenona (5 a 6%), com 20 a 25% de extrato etéreo. O timbó foi aplicado na fruticultura e horticultura, nas lagartas de *Pieris*, em *Malacosoma neustria*, *Polychrosis botrana*, *Hoplocampa minuta*, *Leptinotarsa decemlineata*, muitos Chrysomelideos, *Aphis*, *Tetranychus*, vespas mineiras: *Tenthredinidae*, apresentando eficiência menor na *Lymatria dispar*, *Calandra granaria*, *Anthonomus*, *Otyorrhynchus*, *Dermestes*, *Lasiodermes* (Decker, 1940).

Para ilustrar a importância dessa planta, em 1936 os Estados Unidos importaram cerca de 411 toneladas do timbó.

O princípio ativo do timbó, a rotenona, é especialmente ativa no controle dos besouros e lagartas mastigadores de folhas, principalmente quando não se deseja resíduos. Ela pode ser mais ou menos ativa de acordo com a espécie de inseto e sua ação pode demorar um pouco até se manifestar.

Comparando com outros tipos de substâncias tóxicas como estricnina, nicotina, arseniato de chumbo, a rotenona é mais tóxica a insetos, peixes e outros invertebrados que a mamíferos. Quanto ao modo de ação em insetos e peixes, ela possui ação inibitória potente sobre a cadeia respiratória ao nível das mitocôndrias (Jacobson e Crosby, 1971).

A rotenona continua sendo um inseticida importante, não-persistente para lagartas e besouros mastigadores de folhas.

A rota biossintética e metabólica da rotenona é bem conhecida, no entanto, estudos sobre estrutura-atividade de seus análogos naturais, derivados e algumas substâncias relacionadas, de síntese, não levaram à obtenção de moléculas simplificadas, com a manutenção da potência. No metabolismo, a rotenona é convertida por fotodecomposição a uma grande variedade de produtos menos tóxicos, muitos dos quais têm sido bem identificados. Apesar de alguns testes terem indicado uma possível atividade carcinogênica, outros testes, sob condições mais realísticas de uso, não demonstram tais efeitos com a rotenona.

### *LONCHOCARPUS*

O gênero *Lonchocarpus* ocorre em maior quantidade na América tropical, como no México, América do Sul e Central e um pouco na África e Austrália. A fonte comercial se conhece como raiz de “cubé” e se obtém da região Amazônica no Brasil, onde se denomina raiz de “timbó”. Alguns são arbustos, outros trepadeiras com ramos lenhosos. Possuem geralmente folhas alternas, pinadas e suas flores são em racemos e púrpuras ou brancas, mas nunca amarelas. O gênero é distinto de seus congêneres pelas suas vagens, que são chatas, mais longas que largas. Nos meados da década de 30, *Lonchocarpus* era considerada a principal fonte de rotenona usada nos Estados

Unidos, merecendo por isso uma extensa revisão por parte do USDA, "Bureau of Entomology and Plant Quarantine" (Roark, 1938). Nessa revisão, o autor cita perto de 40 espécies de *Lonchocarpus*, originários principalmente das regiões tropicais da América do Sul, África e América Central. Cita também inúmeros trabalhos que relatam os testes de atividade sobre insetos e ácaros, em alguns deles, comparando a eficiência de espécie de *Lonchocarpus* com a de *Derris*.

A espécie *Lonchocarpus nicou* foi empregada pela primeira vez na Guiana Holandesa, em 1919, contra o inseto *Dolichoderus bidens*. Os Estados Unidos importaram 738 toneladas em 1936 (Decker, 1940). Os estudos sobre a composição química de espécies de *Lonchocarpus*, principalmente com relação ao conteúdo em rotenona, vêm sendo feitos desde então, apesar das limitadas condições analíticas da época. *Lonchocarpus utilis* e *L. urucu* foram os que apresentaram maior concentração de rotenona (12 e 4,4% respectivamente), mas existem citações relatando teores maiores que 5%, sem especificar a espécie. Esses resultados são bastante satisfatórios, comparando-se com os 8-9% de rotenona em *Derris elliptica* (Roark, 1938). Atualmente se conhecem outros componentes presentes nas espécies de *Lonchocarpus*, como alguns tipos de flavonóides.

## TEPHROSIA

O gênero *Tephrosia* está muito difundido na maior parte do mundo. Já houve em certa época, interesse pelo chamado "barbasco de *Tephrosia*" (*Tephrosia virginiana*), conhecido em inglês como "cordão do sapato do diabo", que cresce no leste e sul dos Estados Unidos. Estas raízes podem conter rotenona, deguelina, toxicarol ou tefrosina, compostos estruturalmente semelhantes que possuem propriedades inseticidas (Tyler, 1979).

Espécies deste gênero também vêm sendo citadas como ictiotóxicas. Weberbauer (1933) cita como ictiotóxica a espécie *Tephrosia toxicaria* Pers., conhecida como "cube", em seu artigo datado de 1933. Mutinelli (1942) relata as propriedades inseticidas de *Tephrosia noctiflora* e Irvine e Freyre (1959) se preocuparam com a diferença no teor dos rotenóides entre as variedades, comparando 16 introduções cujos teores variaram de zero a 2,9%. Atualmente existem

muitos trabalhos relatando o isolamento de diversos tipos de flavonóides e rotenóides (Kamal e Jain, 1978; Krupadanam, 1977; Were et al, 1990; Dagne et al, 1989) e publicações sobre atividades piscicidas ou biocidas (Chen et al, 1978; Bourgeois, 1989; Hassanali, 1989) de espécies de *Tephrosia*.

## TABACO

As primeiras referências quanto ao uso do extrato do tabaco com finalidade de proteger plantas, na Europa, datam de cerca de 300 anos atrás, e foram trazidas das colônias americanas. No século XVIII, o tabaco foi empregado como um inseticida, em forma de pó ou extrato aquoso, tendo sido empregado também como fumigante, utilizando a sua fumaça. No século seguinte, continuou sendo um dos três principais inseticidas recomendados. No início do Século XX, eram encontradas preparações comerciais contendo até 80% de nicotina na forma de extrato aquoso de tabaco. Em 1910 foram colocadas no mercado preparações inseticidas, contendo sulfato de nicotina a 40%, tendo então se transformado num dos mais populares inseticidas da época.

A nicotina foi isolada de pelo menos 18 espécies do gênero *Nicotiana*, porém as espécies mais utilizadas para sua extração foram a *Nicotiana tabacum* e *N. rustica*. Outros alcalóides relacionados à nicotina são encontrados em espécies de *Nicotiana*, como a normicotina e a anabasina, que também possuem atividade inseticida, porém esses outros componentes estão presentes em quantidades menores, e a atividade inseticida dos preparados se devem principalmente à nicotina, presente em maior concentração.

O estudo químico da nicotina data de 1571. Foi um discípulo de Paracelso, um químico francês chamado Gohory, que fez referência a um óleo do tabaco, que usou principalmente como um remédio tópico para doenças da pele. Em 1660, LeFèbre descreveu um destilado de tabaco e alguns usos do óleo obtido e, em 1809, Vauquelin reconheceu a natureza básica do material, mas atribuiu sua basicidade à presença de amônia. Em 1828, W. Posselt e L. Reimann obtiveram uma amostra mais pura do alcalóide, reconhecendo-a como tal, e chamou-o de nicotina, caracterizando-o como um líquido claro,

ponto de ebulição de 246°C, miscível com a água, álcool e éter. Subseqüentemente a fórmula empírica foi determinada e em 1843 Pinner propôs a fórmula estrutural para nicotina que foi mais tarde confirmada por Pictet (Jacobson e Crosby, 1971).

Apesar da propriedade inseticida do tabaco ser conhecida desde há muito tempo, e a nicotina ter sido utilizada em preparações inseticidas após sua extração da planta, pouco tem sido feito para o avanço da tecnologia do inseticida com nicotina.

A forma mais utilizada foi como sulfato de nicotina, considerada menos tóxica ao homem, podendo ser aplicada como líquido, pó ou vapor fumigante. Quando na forma líquida, o sulfato de nicotina é associado a caseinato de cálcio ou sabão para liberar a nicotina básica, que é a forma ativa.

Pesquisas de sinergistas indicaram o óleo de sésamo, sabão e álcool como altamente efetivos contra alguns insetos. Quanto ao resíduo, acreditava-se que a nicotina era rapidamente volatilizada após a aplicação, mas foi comprovado que a meia vida persistia até cerca de quatro dias.

Para as plantas a nicotina mostrou-se inócua, mas o seu sal complexo de cobre, tiocianato e picrato de zinco mostraram-se fitotóxicos.

A nicotina foi o primeiro e mais importante alcalóide com atividade inseticida que chegou a ser utilizado extensivamente. Sua ação no sistema nervoso, seu metabolismo, biossíntese e fotoquímica são bem estudados. A maioria dos outros alcalóides inseticidas de plantas não são candidatos atrativos para síntese devido a sua complexidade, fotolabilidade e às vezes à possibilidade de serem altamente tóxicas para mamíferos. Exemplos de tais compostos são os alcalóides inseticidas da sabadilla e heléboro, representados por veratridina e rianodina (Casida, 1974).

## **OUTRAS PLANTAS COM AÇÃO CONTRA INSETOS**

Muitas outras espécies de plantas têm sido descritas como portadoras de atividade inseticida ou insetífuga.

Jacobson e Crosby (1971) citam, entre outras, as plantas em cuja composição se encontram isobutilamidas, como as seguintes:

*Anacyclus pyrethrum* DC, nativa do norte da África, que contém pellitorina e anaciclina, a primeira, ativa contra mosca doméstica e *Tenebrio molitor* L, e a segunda, ativa contra *T. molitor*, após algumas modificações estruturais; *Spilanthes oleraceae* Jacq e *S. acmella*, que contém spilantol, ativa para o terceiro e quarto instar de larvas de *Anopheles quadrimaculatus*; *Erigeron affinis* DC que vegeta nas proximidades da cidade do México, em cuja composição foi encontrada a affinina; raízes de *Heliopsis scabra* Dunal., nativa dos Estados Unidos e que contém a escabrina e a heliopsina, tóxicas para adultos de mosca doméstica; raízes de *Echinacea angustifolia* DC, nativa dos estados de Kansas, Nebraska, e Missouri, nos Estados Unidos que contém equinaceína e apresenta atividade larvicida para mosquitos e é tóxica para moscas domésticas; *Zanthoxylum piperitum* DC, existente no Japão, fonte de  $\alpha$ -sanshool, que apresentou atividade contra larvas de *Culex pipiens patteni* e tóxica a *Tenebrio molitor*; *Zanthoxylum clava-herculis* L, nativa nos Estados Unidos, que possui herculina e neoherculina, o primeiro com atividade sobre lagarta do algodão, mosca doméstica, larvas de mosquitos, vários insetos fitófagos e piolho e o segundo componente é tóxico para *Tenebrio molitor* e mosca doméstica.

Outras plantas inseticidas citadas por esse autor, de uso mais restrito, estão relacionadas no quadro 3 (Jacobson e Crosby, 1971).

### Quadro 3 - OUTRAS PLANTAS CONSIDERADAS INSETICIDAS.

Picture 3 - Other plants considered as insecticides.

Espécie de plantas	componentes	origem	Atividade contra
<i>Quassia amara</i> , <i>Aeschrion excelsa</i> , <i>Picrasma excelsa</i>	quassina, neoquassina	Norte do Brasil até América Central	<i>Leptinotarsa decemlineata</i> , <i>Hoplocampa minuta</i> , <i>H. flava</i> , <i>H. brevis</i> , <i>H. testudinea</i> , <i>Bombyx mori</i> , <i>Phorodon humuli</i> , <i>Hyalopterus arundinis</i>
<i>Schoenocaulon officinale</i> A. Gray ( <i>Sabadilla officinarum</i> Brant	alcalóides: cevacina, cevadina, veratridina, sabadina, etc.	América do Sul, Central e México	<i>Murgantia histrionica</i> , <i>Apis mellifera</i> , <i>Ancysta perseae</i> , <i>Empoasca fabae</i> , <i>Anasa tristis</i> , <i>Blissus hirtus</i> , <i>Aerosternum hilaris</i> , <i>Bovicola bovis</i> , <i>Musca domestica</i> , <i>Periplaneta americana</i> , <i>Oncopeltus fasciatus</i> , <i>Pieris rapae</i>
<i>Ryania speciosa</i> , <i>R. dentata</i> e <i>R. acuminata</i>	alcalóide rianodina	Norte da América do Sul	<i>Heliothius zea</i> , <i>Carpocapsa pomonella</i> , <i>Blattella germanica</i> , <i>Musca domestica</i> , <i>Mineola vaccinii</i> , <i>Culex fatigans</i> , <i>Pyrausta nubilalis</i> , <i>Grupholitha molesta</i> , <i>Diatraea saccharalis</i> , <i>Pieris rapae</i>
<i>Mammea americana</i> L	Mammeina	regiões tropicais ocidentais	<i>Laphygma frugiperda</i> , <i>Diaphania hyalinata</i> , <i>Plutella maculipennis</i> , <i>Myzus persicae</i> , <i>Macrosiphum sonchi</i> , <i>Periplaneta americana</i> , <i>Blattella germanica</i> , <i>Musca domestica</i> , <i>Pieris rapae</i> , <i>Cules sp.</i> , <i>Diabrotica bivittata</i> , <i>Sitophylus oryza</i>
<i>Pachyrrhizus erosus</i> Urban	rotenóides: rotenona e paquirrizona	América do Sul e México	<i>Phyllotreta vittata</i> , <i>Epilachna varivestis</i> , <i>Myzus persicae</i> , <i>Oregna lanigera</i> , <i>Aphis rumicus</i> e <i>Macrosiphum pisi</i> .
<i>Annona</i> sp, diversas espécies de Annonácea	alcalóides e especialmente acetogeninas	Regiões tropicais e temperadas	afídeos e piolhos

Estão disponíveis também inúmeros artigos, envolvendo grande quantidade de espécies vegetais; alguns desses trabalhos são de revisão bastante extensa. Pereira (1967) apresentou uma lista de 150 espécies de plantas compiladas de 77 artigos publicados, com a intenção de estimular os estudos sobre plantas para o controle de insetos. Secoy e Smkith (1983) apresentam uma lista de 657 espécies vegetais utilizadas nos diversos países, indicando a finalidade para as quais são usadas, e outras informações sobre sua toxicidade, quando disponíveis. Yang e Tang (1988) apresentam 267 plantas mais comumente usadas na China para o controle de pragas, também com indicações sobre a finalidade e a

região onde são empregadas. Mais recentemente, Grainge e Ahmed (1987) publicaram um volume com as informações de sua base de dados sobre plantas pesticidas, onde estão relacionadas cerca de 2400 espécies e suas propriedades. Muitas dessas plantas listadas merecem estudos mais cuidadosos, pois podem ter atividades muito específicas para algumas espécies ou apresentar substâncias que ocorrem em determinadas épocas ou regiões.

Heal e colaboradores (1950) ensaiaram cerca de 2500 plantas obtidas de diversas partes do mundo contra alguns insetos, num trabalho de triagem para indicação de novas espécies inseticidas, de onde foram selecionadas 700 para uma segunda etapa, resultando em algumas poucas espécies que foram selecionadas para futuros ensaios.

## RESISTÊNCIA A INSETICIDAS

O desenvolvimento de resistência pelos insetos e ácaros a inseticidas é talvez o mais sério problema enfrentado por entomologistas econômicos e toxicologistas de insetos. Boyce (1974), cita como primeiro registro desse fenômeno, a resistência de cochonilhas Diaspididae, (*Quadraspidiotus perniciosus*) a sulfurados, em maçãs, observada por Melander em 1914, seguido pela observação de Quayle em 1916 de que os insetos 'escama vermelha' (*Aonidiella aurantii*) e 'escama negra' (*Saissetia oleae*) nos citrus na Califórnia apresentaram resistência a fumigação com gás de ácido hidrociânico. Ainda segundo Boyce (1974), Hough em 1928 observou o aumento crescente da resistência da lagarta da maçã (*Cydia pomonella*) ao arseniato de chumbo.

A resistência do tripses do citrus *Scirtotrips citri* na Califórnia ao tártaro emético foi muito dramática, começando em 1941, cerca de quatro anos após o tratamento ter sido introduzido e seu uso ter sido difundido. O DDT se tornou disponível comercialmente em 1946, e foi um excelente substituto para o tártaro emético, aliviando os agricultores quanto a esse problema. Entretanto, o tripses do citrus desenvolveu resistência também ao DDT, três anos após seu uso ter sido disseminado e desenvolveu resistência ao dieldrin após dois anos de uso. A resistência da mosca (*Musca domestica*) e mosquitos (*Culex pipiens autogenicus*) a DDT foi observada primeiro na Itália, em 1947,

e em 1948, nos Estados Unidos. Nas últimas três décadas, o largo uso de novos inseticidas orgânicos sintéticos fez com que muitas espécies de insetos e ácaros tivessem se tornado resistentes a inúmeros deles. Até meados da década de 70, havia mais de 225 espécies resistentes. Essas resistências referem-se aos compostos organoclorados, organofosforados e carbamatos. Existem evidências laboratoriais de que os insetos têm também a capacidade de desenvolver resistência aos análogos de hormônios juvenis (Boyce, 1974).

A inquietante perspectiva com relação à resistência em muitas espécies de insetos e ácaros é que o desenvolvimento e comercialização de novos compostos não é rápido o suficiente para ficar à frente do fenômeno da resistência. Esse fato tem um efeito negativo sobre a decisão dos gerentes de indústrias químicas em fazer o investimento necessário para o desenvolvimento de um novo inseticida. De acordo com a Associação Nacional de Química Agrícola dos Estados Unidos, em 1970, são necessários, em média, 5,5 milhões de dólares e 6,6 anos para testar 7430 compostos para se ter um pesticida no mercado (Boyce, 1974).

Com a descoberta dos inseticidas clorados, sulfurados e fosforados, os inseticidas de origem vegetal que eram mais caros, com menor efeito residual e com a desvantagem de não serem genéricos, foram relegados ao segundo plano. Porém, os inseticidas sintéticos, tão bem conceituados pelos usuários, devido à eficiência no controle às pragas, amplo espectro de ação e à sua ação prolongada, verificou-se mais tarde que eram um grande problema para o meio ambiente e para os organismos não-alvo, justamente por esses últimos atributos.

Além disso, logo verificou-se também que alguns insetos conseguiam sobreviver ao pesticida, isto é, começavam a aparecer organismos resistentes a esses novos pesticidas. Desta forma, foram iniciadas as pesquisas de compostos com estruturas relacionadas à piretrina, porém que fosse melhorada no sentido de terem um pouco mais de estabilidade quando aplicados no campo.

## **PIRETRÓIDES SINTÉTICOS**

Com o objetivo de minimizar as desvantagens dos inseticidas naturais, que se assentavam na pouca estabilidade e no alto custo do material vegetal originado do cultivo, foram desenvolvidos os

piretróides sintéticos, moléculas que possuíam o esqueleto básico das piretrinas, que são os principais componentes do piretro, mas que foram modificadas visando maior estabilidade quando utilizadas no campo. Desses estudos surgiu a possibilidade de síntese desses compostos em escala industrial, tendo sido lançados os produtos: bioaletrina (em 1953), bioesmetrina (1969), IR trans permetrina (1977), deltametrina (1977), cipermetrina (1977), ciflutrina (1980), flumetrina (1981), fenpropatrin (1973), cihalotrina (1985), bifentrina (1985), teflutrina (1987). Nas primeiras estruturas manteve-se o esqueleto de éster de ciclopentenolona, em conjunto com o grupo ciclopropano, apresentando maior semelhança com a molécula original; depois manteve-se o ciclopropano, sem o grupo ciclopentenolona, que foi substituído por um grupo com volume similar e, por fim surgiram no mercado os piretróides sem os grupos ciclopropano e ciclopentenolona, o fenvalerato (1976), esfenvalerato (1986), flucitrinato (1981), fluvalinato (1983) e etofenprox (1986). Nesta etapa foram avaliadas a toxicologia dos piretróides sintéticos, ação residual, avaliações em organismos não-alvo e em organismos aquáticos (Elliot, 1989).

Muitos são os trabalhos relacionados aos piretróides. Jayaraj & Rangarajan (1987) publicaram uma revisão onde citam a importância da propriedade lipofílica para a atividade desses compostos e que, devido a essa lipossolubilidade, são absorvidos pela camada graxa da planta, onde permanecem e atingem os insetos. No solo são rapidamente detoxificados devido aos microorganismos do solo. Nos mamíferos são detoxificados rapidamente pelas esterases e mono-oxigenases, antes de alcançarem centros nervosos sensitivos. Nos insetos, esses compostos penetram rapidamente nos sítios sensitivos, afetando-os. Neste trabalho, esse autor relaciona ainda diversas publicações sobre o tipo de organismos nos quais os piretróides foram mais eficientes, agrupando de acordo com a cultura:

**Pragas do algodoeiro:** *Aphis gossypii* Glov, *Amrasca biguttula*, *Bemisia tabaci* Genn, sendo que para os afídeos o fenvalerato foi mais efetivo que permetrina e deltametrina. Cipermetrina contra *Dysdercus cingulatus* F.; Permetrina, em comparação com carbaril foi ativo contra afídeos, tripes e cigarrinha. Muitos trabalhos indicam que os piretróides são melhores para o controle da lagarta da maçã do algodoeiro em muitos casos.

**Pragas do arroz:** permetrina foi eficiente contra o inseto de folha *Cnaphalocrosis medinalis*, cipermetrina contra a lagarta *Spodoptera mauritia*, fenvalerato contra cigarrinha verde *Nephotettix virescens* Dist.

**Pragas do sorgo:** contra broca do colmo, *Chilo partellus* Swinh, permetrina, fenvalerato e cifloxilato aplicados duas vezes reduziram a população do percevejo, *Calocoris angustatus* e mosca de sorgo, *Contarinia sorghicola*.

**Pragas de oleaginosas:** fenvalerato contra minador de folha de amendoim, cipermetrina e permetrina contra minador de folha *Approaerema modicella* e a lagarta *Amsacta albistriga*, fenvalerato, deltametrina e cipermetrina para o controle da lagarta, *Diacrisia obliqua*, decametrina foi altamente tóxica para pulgão-da-mostarda *Lipaphis erysimi* (Kalt).

**Pragas dos vegetais:** Pouncer e permetrina foram efetivos no controle da lagarta-mede-palmo *Trichoplusia ni* e a lagarta-da-couve, *Plutella xylostella* (L); cipermetrina para as pragas de repolho (couve); decametrina e cipermetrina contra pulgões do repolho. Fenvalerato para controlar afídeos, cigarrinha das folhas, broca do fruto; fenvalerato e permetrina contra pragas de berinjela, *Leucinodes orbonalis*; decametrina para *L. orbonalis* de berinjela, fenvalerato, deltametrina, permetrina, cipermetrina, cifloxilato no controle da broca do quiabo; decametrina e fenvalerato contra cigarrinha.

**Pragas de frutas:** permetrina e cipermetrina controlam lagarta da maçã, *Cydia pomonella* (L) e psylla da pereira, *Psylla pyreicola* (Forster) e o fenvalerato, *Sternochetus mangiferae* (Fb) (broca da semente da manga) e *Chlumetia transversa* (broca do broto da manga); a permetrina, *Metanastris recta* (W) (praga da goiabeira) e deltametrina e cipermetrina, *Selenothrips rubrocinctus* (tripes da folhagem do cajueiro). A permetrina tem pouco efeito acaricida, mas fica por curto período de tempo e resulta no aumento da população de ácaros. Alguns autores atribuíram esse fato à toxicidade da permetrina aos ácaros predadores.

**Pragas do tabaco:** cipermetrina, fenvalerato, permetrina e decametrina minimizaram os danos causados pela lagarta do fumo, *Spodoptera litura*.

**Pragas do chá:** *Cydia leucostoma* (lagarta do chá) - permetrina, cipermetrina, fenvalerato, fenpropatrin, deltametrina e fenipirtrina.

No início de 1989 foi realizado pela Associação Americana para o Avanço da Ciência, em São Francisco, um simpósio com o título de “Os inseticidas a base de piretróides: um avanço científico para o bem estar da humanidade?”, onde foram apresentados os resultados de estudos sobre os diversos aspectos do uso desses compostos relacionados com a agricultura, com a saúde pública (contra os vetores de doenças), com o efeito em organismos não-alvo, aquáticos, manejo integrado e os aspectos econômicos. Esses trabalhos foram publicados pela Sociedade da indústria química (Furmidge, 1989).

## RESISTÊNCIA AOS PIRETRÓIDES

Desde 1951, já foram documentadas observações sobre resistência aos piretróides; porém, um artigo de 1978 relata apenas seis artrópodes resistentes, das 364 espécies testadas. Esse número, no entanto, vem crescendo desde então. Entre as pragas de culturas, foram relatadas resistência a piretróides no caso de *Spodoptera littoralis* a fenvalerato, cipermetrina e deltametrina, de *Nilaparvata lugens* a permetrina, o ácaro *Amblyseius fallacis* a permetrina e fenvalerato, entre outras observações, como diminuição de parasitismo natural e população de predadores nas culturas tratadas com piretróides (Jayaraj e Randarajan, 1987).

Muitos são os trabalhos publicados sobre efeitos dos piretróides em organismos não-alvo, envolvendo principalmente predadores dos organismos nocivos, fazendo-se comparação entre os piretróides e os organofosforados. Porém, existe relato de que permetrina geralmente é mais segura a insetos benéficos tais como abelha, *Apis mellifera*, do que os organofosforados. Fenvalerato foi comparativamente mais seguro às abelhas forageiras, pois apenas 14% das abelhas foram mortas 92 horas após a aplicação (Jayaraj e Randarajan, 1987).

## **IMPACTO DE PRODUTOS DE PLANTAS SOBRE O AMBIENTE**

Os produtos de plantas são considerados como menos problemáticos para o meio ambiente, devido à sua fácil decomposição, porém não deixam de ser componentes químicos e seus efeitos devem ser estudados como tal.

É relativamente pequeno o número de informações sobre pesticidas ou pesticidas em potencial, tais como feromônios, inseticidas de plantas, microorganismos, hormônios, e seus resíduos, a organismos não-alvo sob condições de campo. Existem resultados de experimentos sobre componentes individuais em laboratórios, mas esses dados não são aplicáveis nas condições de campo. Nos Estados Unidos, todos os produtos aplicados para controlar insetos são definidos como pesticidas pelo FIFRA (Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act); dessa forma, são necessários dados toxicológicos para registrar os compostos, mesmo sendo de origem natural. São requeridas as informações sobre: 1) persistência e degradação, 2) efeito sobre organismos benéficos (não-alvo), 3) fitotoxicidade e efeitos toxicológicos sobre animais de sangue quente (Marini-Bettòlo, 1977).

As observações sobre impacto de produtos naturais deve também levar em consideração que os efeitos dos agrotóxicos em geral, sobre espécies não-alvo, podem se estender além das áreas de aplicação, pois esses produtos e seus metabólitos se movem do ponto de aplicação por volatilização, lichiviação, transporte por água ou outros sedimentos; o grau de transporte depende da estabilidade química, solubilidade e absorção em partículas do solo; podem também afetar organismos aquáticos ou terrestres inferiores e os efeitos nocivos a tais organismos não são sempre visíveis a não ser que matem peixes, aves ou mamíferos.

## **O FUTURO DOS PRODUTOS NATURAIS NO CONTROLE DE PRAGAS AGRÍCOLAS**

A pesquisa de pesticidas altamente específicos, preferencialmente sistêmicos, com aceitável taxa risco/benefício, do

ponto de vista ambiental, vem se tornando cada vez mais difícil, principalmente quando se trata de substâncias obtidas por síntese química. Vêm sendo desenvolvidas pesquisas à procura de soluções alternativas, e a própria natureza vem sendo intensivamente investigada como uma fonte de solução em potencial. O ecossistema mantém um equilíbrio que pode ser considerado como a consequência da interação de muitos sinais químicos, de vários componentes do sistema. Como parte desse sistema, as plantas vêm sendo consideradas como fonte de moléculas que podem ser utilizadas de várias formas para proteger e manter a produção agrícola (McLaren, 1986).

Os estudos com plantas, atualmente, tendem à identificação de substâncias ativas e à compreensão do mecanismo de ação, para que se possam sintetizar essas substâncias no laboratório, de forma mais econômica, obter moléculas análogas, mais ativas e menos tóxicas, tentando evitar o aparecimento de resistência por parte dos organismos, pesquisar novos métodos de produção, como por cultura de tecidos, ou produzir plantas resistentes através da engenharia genética.

Quanto aos piretróides, o seu sucesso como inseticida tem entusiasmado agricultores e pesquisadores, pelo fato de serem mais seguros, toxicologicamente. No entanto, existem alguns pontos ainda que merecem ser observados, para que maiores vantagens possam ser obtidas com os piretróides sintéticos (Jayaraj e Randarajan, 1987): a) sintetizar novas moléculas de piretróides com propriedades químicas, físicas e biológicas mais adequadas para o uso na agricultura, com maior solubilidade em água para que sejam sistêmicos, atingindo melhor os insetos sugadores; b) diminuir a toxicidade a organismos não-alvo terrestres e aquáticos; c) melhorar a eficácia para ácaros fitófagos; d) reduzir a fitotoxicidade e sensibilidade em novas variedades e híbridos de culturas; e) baixar o custo da produção, e f) racionalizar o marketing para uma longa aceitação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em 1976, foi organizada uma semana de estudos sobre produtos naturais e a proteção de plantas, na Pontifícia Academia de Ciências, na Itália, entre 18 e 23 de outubro, organizado pelo Prof.

G.B. Marini - Bettòlo, reunindo os melhores especialistas no assunto, com os objetivos de examinar os estágios das pesquisas sobre produtos naturais que possam levar à proteção de plantas e que cheguem ao uso na agricultura, estimular novas idéias e a troca de conhecimentos e experiências entre pesquisadores de diferentes campos, envolvendo vários aspectos da pesquisa. Nesse encontro foram tratados temas variados, abrangendo desde fisiologia de insetos, hormônios, feromônios, produtos de plantas e de microorganismos, até piretróides sintéticos, resistência de plantas e impactos ambientais de produtos naturais.

Desde então o número de artigos sobre o assunto vem aumentando, principalmente no exterior. Nos Estados Unidos iniciou-se a formação de um centro de pesquisa sobre produtos naturais, abrangendo todos os aspectos, desde o agrônômico até o farmacológico e o toxicológico. O resultado desse estímulo à pesquisa nesta área observa-se na base de dados publicados por Grainge & Ahmed, onde foram cadastradas cerca de 2400 espécies de plantas estudadas contra algum tipo de organismo nocivo às culturas, na maioria das vezes com ensaios em laboratório.

A procura por praguicidas de largo espectro, que atuem sobre uma faixa maior de espécies de artrópodes, sem que promovam impacto ambiental, seja ao homem ou ao ecossistema, e que possam ser utilizados dentro do sistema de manejo integrado de pragas, tem despendido somas enormes de recursos financeiros, com baixo sucesso na obtenção de produtos comerciais lançados no mercado. Hoje, algumas multinacionais, através de métodos mais modernos e rápidos de análise, vêm reforçando o estudo de substâncias ativas de plantas, com finalidades medicinais e pesticidas, objetivando principalmente descobrir moléculas novas, tarefa cada vez mais difícil em face das milhares de estruturas já identificadas. A identificação de substâncias ativas não implica necessariamente que elas possam ser utilizadas como tal: na maioria das vezes são sintetizados e ensaiados muitos homólogos para comparar as propriedades desejáveis e indesejáveis, além de possibilitar estudos de culturas de células e engenharia genética.

Apesar dessa tendência no exterior, no Brasil, com a exceção de multinacionais interessadas em explorar a nossa flora, esse tipo de trabalho não é muito comum, existindo em número reduzido. No

último Simpósio de Produtos Naturais, uma das poucas reuniões que contemplam esse assunto, foi apresentado apenas um trabalho na área de fungicidas.

O enfoque sobre a importância dos compostos secundários de plantas tem mudando muito, desde a sua utilização inicial até hoje. Pelos químicos, as plantas estão sendo consideradas como um verdadeiro laboratório de sínteses, onde atuam diversas enzimas que permitem a elaboração de compostos os mais diversificados, e às vezes difíceis de se obter num laboratório de química; pelos estudiosos das Ciências Naturais, as substâncias de plantas são consideradas como grande auxiliar na compreensão dos sistemas ecológicos, tal o relacionamento entre as plantas com os organismos em sua volta; pelos envolvidos com a saúde e agricultura, as plantas são potenciais fontes de produtos para combater doenças e pragas. No entanto, apesar de todo esse interesse, ainda é necessário muita pesquisa para que os problemas enfrentados para a utilização dessas substâncias sejam solucionados e alguns fatores que hoje parecem problemas sejam utilizados como um fator favorável, como é o caso da grande especificidade de ação e a fácil decomposição sofrida por alguns compostos obtidos de plantas.

**ABSTRACT:** The intensive search for pesticide plants for agricultural purpose began more than twenty years ago, due to the need of substitution of pesticides utilized, and the problems they present, as workers intoxication, ambiental pollution and emergence of resistant pests. Besides this, the Chemistry was in great advance, allowing molecular changes and synthesis of more complex structures in the industrial scale, as one of the reason not to use the natural products was the molecular instability and costs of production. Nowadays the plant molecules are considered a model to synthesize non pollutant, less toxic and efficient substances to control of agricultural pests and as a tool for understand the bio-interaction in the ecosystem. This revision intends to show the different aspect of the pest control, without the pretention of exhausting this extensive subject.

**KEY WORDS:** Insecticide plants; Agricultural pest control; Natural product; Control.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BOURGEOIS, J. J. *Tephrosia vogelii*, na ichthyotoxic plant used for fishing in the Comoros. *Bulletin de la Societe Royale de Botanique de Belgique* (Bélgica), 1989, 122 (1): 81-6.
2. BOYCE, A.M. Historical aspects of insecticide development. In: METCALF, R. L. et MCKELVEY Jr, J. J., *The future for insecticides needs and prospects*. Proceedings of a Rockefeller Foundation Conference. Bellagio, Italy, 1974, 469-88. A Wiley Interscience Publication. New York.
3. CASIDA, J. E. Prospects for new types of insecticides. In: METCALF, R. L. et MCKELVEY Jr, J. J., *The future for insecticides needs and prospects*. Proceedings of a Rockefeller Foundation Conference. Bellagio, Italy, 1974, 349-69. A Wiley Interscience Publication. New York.
4. CHEN, Y. L., WANG, Y. S., LIN, Y. L., MUNAKATA, K., OHTA, K. Obovatol, obovatol methyl ether and obovatolchalcone, new piscicidal flavonoids from *Tephrosia obovata*. *Agricultural and Biological Chemistry* (Japan), 1978, 42 (12): 2413-32.
5. CORREA, M. Pio. *Dicionário das Plantas Úteis do Brasil e das exóticas cultivadas*. Rio de Janeiro, Imprensa Nacional, 1926-78. V 6: 229-43.
6. DAGNE, E., UENESEW, A., WATERMAN, P. G. Flavonoids and isoflavonoids from *Tephrosia fulvinervis* and *Tephrosia pentaphylla*. *Phytochemistry*. 1989, 28(11): 3207- 10.
7. DECKER, S. *Inseticidas vegetais* - Boletim da Agricultura, Secretaria de agricultura, indústrias e comércio do Estado de S. Paulo. Número único, 1940, 1-18.
8. ELLIOT, M. The pyrethroids: early discovery, recent advances and the future. *Pestic. Sci.* 1989, 27, 337-51.
9. FURMIDGE, C. G. L. The pyrethroid insecticides. A scientific advance for human welfare? *Pestic. Sci.*, special issue. 1989, 27 (4), 337-501.

10. GOTTLIEB, O., KAPLAN, M. A. C., BORIN, M. R. M. B. *Biodiversidade - Um Enfoque Químico-Biológico*. Ed. UFRJ 1996, 266 p.
11. GRAINGE, M. et AHMED, S. *Handbook of plants with pest-control properties*. New York: John Wiley & Sons, 1987.
12. HARBORNE, J. B. *Introduction to ecological biochemistry*. London: Academic Press, 1982, 2.ed.
13. HASSANALI, A., LWANDE, W. Antipest secondary metabolites from African plants. *ACS Symposium series A.C.S. (USA)*. 1989 387: 78-94.
14. HEAL, R. E., ROGERS, E. F., WALLACE, R. T., STARNES, O. A survey of plants for insecticidal activity. *Lloydia*, 13 (2): 89-162, 1950.
15. IRVINE, J. E., FREYRE, R. H. Varietal differences in the rotenoid content of *Tephrosia vogelii*. *Agronomy Journal*. 51: 664-5, 1959.
16. JACOBSON, M., CROSBY, D. G. *Naturally occurring insecticides*. New York: Marcel Dekker Inc., 1971.
17. JAYARAJ, S. & RANGARAJAN, A. V. Trends in insect control postpyrethroids. *Pesticidas*, 21 (1): 11-25, 1987.
18. KAMAL, R., JAIN, S. C. A new source of rotenoids. *Planta Medica*, 1978, 33 (4): 418-9.
19. KOSEKI, T., INOUE, S. Plantas Inseticidas - "*Derris spp*", *Revista de Agricultura* 13 (7-9): 3-10, 1938.
20. KRUPADANAM, G. L. D., SARMA, P. N., SRIMANNARAYANA, G., RAO, N. V. S. New C-6 oxygenated rotenoids from *Tephrosia villosa* - villosin, villosone, villol and villinol. *Tetrahedron Letteres (UK)*, 1977, (24): 2125-8.
21. MARINI-BETTÒLO, G. B. *Natural Products and the protection of plants*. Proceedings of a study week at the Pontifical Academy of Sciences, Elsevier scientific publishing company, New York, 1977, 846 p.
22. MCINDOO, N. E. Derris as an insecticide. *Journal of Agricultural Research*. 17 (5): 177-200, 1919.
23. MCLAREN, J. S. Biologically active substances from higher plants: status and future potential. *Pestic. Sci.* 17, 559-78, 1986.
24. MUTINELLI, A. La *Tephrosia noctiflora* (BOJER), una planta com poder insecticida. *Folheto do Ministerio de Agricultura da*

- República Argentina*, dirección de Agricultura, división estaciones experimentales. D. E. E. - 1 - 1942.
25. PEREIRA, R. D. Contribuição para o estudo das plantas insecticidas, insectifugas e insectívoras. *Garcia de Orta* (Lisboa), 15 (2): 167-204, 1967.
  26. PERKINS, J. H. Naturally occurring pesticides and the pesticide crisis, 1945 to 1980. in: MANDAVA, N. B., CRC. *Handbook of Natural Pesticides: Methods*, V. I, 1985, 297-325.
  27. ROARK, R. C.. *Lonchocarpus* (Barbasco, Cube and Timbo) a review of recent literature. *USDA Bureau of entomology and plant quarantine*. E-453, oct. 1938.
  28. SECOY, D. M. and SMITH, A. E. Use of plants in control of agricultural and domestic pests. *Economic Botany*, 37 (1): 28-57, 1983.
  29. TYLER, V. E.; BRADY, L. R. e ROBBERS, J. E. *Farmacognosia*. Editorial "El Ateneo", Buenos Aires, 1979, p.431-4.
  30. WEBERBAUER, A. *Plantas tóxicas que sirven para la pesca en el Perú*. Circular n. 22 do Ministerio de fomento dirección de Agricultura Y ganaderia, Lima - Peru, dec. 1933, 16p.
  31. WERE, O., MUNAVU, R. M., LWANDE, W., NYANDAT, E. Flavonoids from *Tephrosia interrupta* and *T. linearis*. *Fitoterapia*, 1990, 61: 4, 372.
  32. WEST, T. F. e CAMPBELL, G. A. *DDT e os modernos insecticidas persistentes*. Editorial Reverté, S.A. San Magín, 26 - Barcelona, 1952, 2.ed.
  33. YANG, R. Z. and TANG, C. S. Plants used for pest control in China: a literature review. *Economic Botany*, 42 (3): 376-406, 1988.