

Inseticidas Botânicos

Seus Princípios Ativos, Modo de Ação e Uso Agrícola



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Luis Carlos Guedes Pinto
Presidente

Silvio Crestana
Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires
Cláudia Assunção dos Santos Viegas

Ernesto Paterniani
Hélio Tollini
Membros

Diretoria Executiva

Silvio Crestana
Diretor Presidente

José Geraldo Eugênio de França
Kepler Euclides Filho

Tatiana Deane de Abreu Sá
Diretores Executivos

Embrapa Agrobiologia

José Ivo Baldani
Chefe Geral

Eduardo Francia Carneiro Campello
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Rosângela Stralio
Chefe Adjunto Administrativo



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1517-8498

Dezembro/2005

Documentos 205

Inseticidas Botânicos: Seus Princípios Ativos, Modo de Ação e Uso Agrícola

Elen de Lima Aguiar Menezes

*Seropédica – RJ
2005*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridas na:

Embrapa Agrobiologia

BR465 – km 7

Caixa Postal 74505

23851-970 – Seropédica/RJ, Brasil

Telefone: (0xx21) 2682-1500

Fax: (0xx21) 2682-1230

Home page: www.cnpab.embrapa.br

e-mail: sac@cnpab.embrapa.br

Comitê Local de Publicações: Eduardo F. C. Campello (Presidente)
José Guilherme Marinho Guerra
Maria Cristina Prata Neves
Verônica Massena Reis
Robert Michael Boddey
Maria Elizabeth Fernandes Correia
Dorimar dos Santos Félix (Bibliotecária)

Expediente:

Revisores e/ou ad hoc: Maria Cristina Prata Neves e José Guilherme Marinho Guerra

Normalização Bibliográfica: Dorimar dos Santos Félix

Editoração eletrônica: Marta Maria Gonçalves Bahia

1ª impressão (2005): 50 exemplares

A282i Aguiar-Menezes, Elen de Lima

Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola . Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 58 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 205).

ISSN 1517-8498

1. Inseticida botânico. 2. Controle biológico. I. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (Seropédica, RJ). II. Título. III. Série.

CDD 581.636

WEIS, A. E.; BERENBAUM, M. R. Herbivorous insects and green plants. In: ABRAHAMSON, W. G. **Plant-animal interactions**. New York: McGraw-Hill, 1986. p. 123-162.

WIESBROOK, M. L. Natural indeed: Are natural insecticides safer and better than conventional insecticides? **Illinois Pesticide Review**, Urbana, v. 17, n. 3, 2004.

WINK, M. Production and application of phytochemicals from an agricultural perspective. In: van BEEK, T.A.; BRETELER, H. (Ed.). **Phytochemistry and agriculture**. Oxford: Clarendon, 1993. p. 171-213.

Autor

Elen de Lima Aguiar Menezes

Engenheira Agrônoma, Ph.D. em Entomologia,
Pesquisadora da Embrapa Agrobiologia
Rodovia BR 465, km 7, Caixa Postal 74505, Cep: 23851-970
Seropédica, RJ
e-mail: menezes@cnpab.embrapa.br

SCHMUTTERER, H. Side-effects of neem (*Azadirachta indica*) products on insect pathogens and natural enemies of spider, mites and insects. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 121, n. 2, p. 121-128, 1997.

SILVA, F. A. C.; MARTINEZ, S. S.; MENEGUIM, A. M. Ação do nim, *Azadirachta indica* A. Juss, na sobrevivência e no desenvolvimento do predador *Cycloneda sanguinea* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae). In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Anais...** Vitória: Consórcio Brasileiro de Pesquisas e Desenvolvimento do Café, 2001. CD-ROM. p. 1891-1901.

STARK, J. D.; WONG, T. T. Y.; VARGAS, R. I.; THALMAN, R. K. Survival, longevity, and reproduction of tephritid fruit fly parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) reared from fruit flies exposed to azadirachtin. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 85, n. 4, p. 1125-1129, 1992.

STROLL, G. Insecticidal plants: Natural crop protection in the Tropics. Margraf Publishers Scientific, 1986. Disponível em: <<http://wwbota.free.fr/XMLPublication/text+index/biopesticides.htm>>. Consultado em: 20 set. 2005.

VAN DEN BOSCH, R. **The pesticide conspiracy. An alarming look at pest control and the people who keep us "hooked" on deadly chemicals.** New York: Doubleday, 1978. 226 p.

VENDRAMIM, J. D.; CASTIGLIONI, E. Aleloquímicos, resistência e plantas inseticidas. In: GUEDES, J. C.; DRESTER DA COSTA, I.; CASTIGLIONI, E. **Bases e técnicas do manejo de insetos.** Santa Maria: UFSM/CCR, DFS, 2000. cap. 8. p. 113-128.

VILLALOBOS, R.; MARMILLOD, D.; OCAMPO, R.; MORA, G.; ROJAS, C. Variations in the quassin and neoquassin content in *Quassia amara* (Simaroubaceae) in Costa Rica: ecological and management implications. **Acta Horticulturae**, Holanda, v. 502, p. 369-376, 1999. Disponível em: <http://www.actahort.org/books/502/502_61.htm>. Consultado em: 13 set. 2005.

MIANA, G. A.; RAHMAN, A. U.; IQBAL, C. M. I.; JILANI, G.; BIBI, H. Pesticides nature: present and future perspectives. In: COPPING, L. G. (Ed.). **Crop protection agents from nature: Natural products and analogues**. Cambridge: RSC, 1996. p. 241-253.

NASSEH, M. O. Zur wirkung von rohextrakten aus *Allium sativum* L. auf frassaktivität und metamorphose von *Epilachna varivestis* Muls. (Col., Coccinellidae). **Zoological Angew Entomology**, Humburg, v. 92, p. 464-471, 1980.

NEVES, B. P.; OLIVEIRA, I. T.; NOGUEIRA, J. C. M. **Cultivo e utilização do nim indiano**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA/CNPAF, 2003. 12 p. (Circular Técnica, 62)

OBERHAUSER, K. S.; SOLENSKY, M. J. Ecologia da borboleta monarca. *Ecologia Info* 28. Disponível em: <<http://www.ecologia.info/borboleta-monarca.htm>>. Consultado em: 2 out. 2005.

PACAN, C.; LOUSTALOT, A. J. Comparison of chemical values with the toxicological rotenone equivalent of *Derris* and *Lonchocarpus* roots. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 78, n. 7, p. 197-205, 1949.

PRICE, P. W. **Insect ecology**. New York: John Wiley, 1997. 874 p.

REMBOLD, H.; SHARMA, G. H.; CZOPPELT, C. H.; SCHUMUTTERER, H. Azadirachtin: a potent insect growth regulator of plant origin. **Zoological Angew Entomology**, Humburg, v. 93, p. 12-17, 1982.

ROARK, R. C. Some promising insecticidal plants. **Economic Botany**, Bronx, v. 1, p. 437-445, 1947.

RUSCOE, G. N. E. Growth disruption effects of an insect antifeedant. **Nature New Biology**, New York, v. 236, p. 159-160, 1972.

SCHICK, M. P.; SCHICK, R. O. Understanding and implementing safe and effective flea control. **Journal of the American Animal Hospital Association**, Lakewood, v. 22, p. 421-434, 1986.

Apresentação

A preocupação crescente da sociedade com a preservação e a conservação ambiental tem resultado na busca pelo setor produtivo de tecnologias para a implantação de sistemas de produção agrícola com enfoques ecológicos, rentáveis e socialmente justos. O enfoque agroecológico do empreendimento agrícola se orienta para o uso responsável dos recursos naturais (solo, água, fauna, flora, energia e minerais).

Dentro desse cenário, a Embrapa Agrobiologia orienta sua programação de P&D para o avanço de conhecimento e desenvolvimento de soluções tecnológicas para uma agricultura sustentável.

A agricultura sustentável, produtiva e ambientalmente equilibrada apoia-se em práticas conservacionistas de preparo do solo, rotações de culturas e consórcios, no uso da adubação verde e de controle biológico de pragas, bem como no emprego eficiente dos recursos naturais. Infere-se daí que os processos biológicos que ocorrem no sistema solo/planta, efetivados por microrganismos e pequenos invertebrados, constituem a base sobre a qual a agricultura agroecológica se sustenta.

O documento 205/2005 refere-se ao uso agrícola dos inseticidas botânicos que foram bastante populares até a década de 40 quando começaram a ser substituídos pelos produtos sintéticos. O documento, bastante rico, traz detalhes de uma série de compostos vegetais secundários envolvidos na interação planta-animal, define o inseticida botânico e apresenta as vantagens/desvantagens de seu uso na agricultura. A autora faz uma descrição bastante detalhada dos inseticidas botânicos mais populares e apresenta os produtos comerciais disponíveis no mercado. Além disso, o documento discute o espectro de ação dos inseticidas botânicos e ensina os procedimentos para aplicação dos mesmos nas plantas.

Apesar de esquecidos ao longo das últimas décadas, o interesse em desenvolver e usar inseticidas botânicos para o manejo de pragas está aumentando nos últimos anos, principalmente para atender a demanda crescente dos segmentos agrícolas que buscam produtos alimentícios saudáveis e isentos de resíduos de agrotóxicos além de causar menor impacto ou risco à saúde humana e ao meio ambiente.

José Ivo Baldani
Chefe Geral da Embrapa Agrobiologia

SUMÁRIO

1. Introdução	7
2. Substâncias químicas secundárias das plantas: um mecanismo de defesa contra os insetos-herbívoros aplicável à agricultura.....	9
3. Que são inseticidas botânicos?.....	14
4. Quais são as vantagens de usar inseticidas botânicos? .	16
5. Quais são as desvantagens de usar inseticidas botânicos?	18
6. Como atuam os inseticidas botânicos?.....	19
7. Princípios ativos, modo de ação e uso dos inseticidas botânicos mais populares	22
7.1. Piretrinas	22
7.2. Rotenona.....	24
7.3. Nicotina.....	27
7.4. Cevadina e Veratridina	29
7.5. Rianodina	31
7.6. Quassinóides.....	33
7.7. Azadiractina	36
7.8. Inseticidas botânicos voláteis	44
8. Que inseticidas botânicos encontram-se no mercado? ...	49
9. Qual é o espectro de ação dos inseticidas botânicos?	50
10. Como se aplicam os inseticidas botânicos?	51
11. Considerações Finais	52
12. Referências Bibliográficas	53

GUEDES, A. G. L. Timbó (*Derris urucu*): defensivo alternativo para uso em agricultura. **Agroecologia Hoje**, Botucatu, n. 6, p. 18-19, 2001.

HARBONE, J. B. **Biochemical aspects of plant and animal coevolution**. London: Academic, 1978. 435 p.

HARBONE, J. B. **Introduction to ecological biochemistry**. 4. ed. London: Academic, 1994. 384 p.

ISMAN, M. B. Neem and other botanical insecticides: barriers to commercialization. **Phytoparasitica**, Rehovot, v. 25, n. 4, p. 339-344, 1997.

JACOBSON, M. **Insecticides from plants**; A review of the literature - 1954-1971. Washington DC: USDA, 1975. (Agriculture Handbook, 461).

JACOBSON, M. Botanical pesticides (past, present and future). In: ANARSON, J. T.; PHILOGENE, B. J. R.; MORAND, P. (Ed.). **Insecticides of plant origin**. Washington: Annual of Chemistry Society, 1989. 213 p.

KATHRINA, G. A.; ANTONIO, L. O. J. Controle biológico de insectos mediante extractos botânicos. In: CARBALL, M.; GUAHARAY, F. (Ed.). **Control biológico de plagas agrícolas**. Managua: CATIE, 2004. p. 137-160. (Serie Técnica. Manual Técnico/CATIE, 53).

MAKLOUF, L. A volta do timbó; o terror das pragas. **Globo Rural**, São Paulo, n.11, p. 86-89, 1986.

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). AGROFIT (Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários). Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/>>. Consultado em: 13 nov. 2005.

MARTINEZ, S. S. **O nim, *Azadiractina indica* – Natureza, usos múltiplos, produção**. Londrina: IAPAR, 2002. 142 p.

MATSUMURA, F. Naturally occurring botanical insecticides. In: MATSUMURA, F. **Toxicology of insecticides**. London: Plenum, 1976. p. 134-139.

CIOCIOLA Jr., A. I.; MARTINEZ, S. S. **Nim**: alternativa no controle de pragas e doenças. Belo Horizonte: EPAMIG, 2002. 24 p.

DAIDO, M.; FUKAMIYA, N.; OKANO, M.; TAGAHARA, K.; HATAKOSHI, M.; YAMAZAKI, H. Antifeedant and insecticidal activity of quassinoids against Diamondback Moth (*Plutella xylostella*). **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, Tokyo, v. 57, n. 2, p. 244-246, 1993.

EDWARDS, P. J.; WRATTEN, S. D. **Ecologia das interações entre insetos e plantas**. São Paulo: EPU, 1981. (Temas de Biologia, 27). 71 p.

ESCALONA, M. H.; FIALLO, V. R. F.; HERNÁNDEZ, M. M. A.; PACHECO, R. A.; AJA, E. T. P. **Plaguicidas naturales de origen botánico**. 2. ed. Habana: INIFAT, 2001.

EVANS, D.A.; KALEYSA, R.R. Effect of quassin on the metabolism of catecholamines in different life cycle stages of *Culex quinquefasciatus*. **Indian Journal of Biochemistry & Biophysics**, New Delhi, v. 29, n. 4, p. 360-3, 1992.

EVANS, D. A.; RAJ, R. K. Quassin: A mosquito larvicide with selective toxicity. **Journal of Ecotoxicology & Environmental Monitoring**, Palani, Índia, v. 1, n. 4, p. 243-249, 1991.

FERNANDES, M. C. A.; RIBEIRO, R. L. D.; AGUIAR-MENEZES, E. L. Manejo agroecológico de fitoparasitas. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. (Ed.). **Agroecologia**: Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. cap. 13. p. 273-322.

FLINT, M. L.; VAN DEN BOSCH, R. **Introduction to integrated pest management**. New York: Plenum, 1981. 240 p.

GARCÍA-GONZÁLEZ, M.; GONZÁLEZ-CAMACHO, S. M.; PAZOS-SANOU, L. Pharmacologic activity of the aqueous wood extract from *Quassia amara* (Simarubaceae) on albino rats and mice. **Revista de Biologia Tropical**, San Jose, v. 44-45, p. 47-50, 1997.

Inseticidas Botânicos: Seus Princípios Ativos, Modo de Ação e Uso Agrícola

Elen de Lima Aguiar-Menezes

1. Introdução

O aumento contínuo da população mundial e o impacto da globalização da economia promoveram aumento de demandas de produção de alimentos cada vez mais eficientes e competitivas. Satisfazer estas demandas depende do desenvolvimento da agricultura com base na geração de tecnologia que promova aumentos da produtividade das culturas.

Nesse propósito, desde a década de 60, com a chamada Revolução Verde, os sistemas de produção agrícola caracterizam-se pelas monoculturas extensivas, e portanto, com baixo nível de diversidade biológica e alto aporte de insumos externos, especialmente os fertilizantes químicos sintéticos e os agrotóxicos.

Apesar da utilização desses inseticidas sintéticos ter contribuído para um incremento significativo na produção de alimentos, especialmente grãos, assim como dos avanços obtidos no desenvolvimento de estratégias para o uso mais seguro desses produtos dentro dos princípios do manejo integrado de pragas (FLINT & VAN DEN BOSCH, 1981), a falta de conhecimento ou acompanhamento técnico sobre o seu manuseio adequado, com conseqüente aumento no número de pulverizações, doses acima das recomendadas e não obedecendo ao período de carência, tem contribuído para proporcionar efeitos maléficos sobre o meio ambiente e ao próprio homem, tais como o ressurgimento das pragas-alvo, o surgimento de pragas secundárias em função dos efeitos tóxicos sobre os inimigos naturais dessas pragas, desenvolvimento de resistências das pragas a esses produtos, intoxicação dos produtores rurais, contaminação da água e do solo, impactos negativos sobre os organismos não-alvo e presença de resíduos tóxicos nos alimentos (VAN DEN BOSCH, 1978; FLINT & VAN DEN BOSCH, 1981).

Outro aspecto não menos importante é a dependência econômica que esses insumos externos trazem para o país e para os produtores rurais, gerando perdas de divisas, descapitalização dos produtores e afetando a auto-sustentabilidade.

Na primeira metade do século 20, o Brasil foi um grande produtor e exportador de inseticidas botânicos, como piretro, rotenona e nicotina, que apresentam maior segurança em seu uso agrícola e de menor impacto ambiental. Os inseticidas botânicos foram muito populares e importantes entre as décadas de 30 e 40 para o controle de pragas. A importação de materiais botânicos ou derivados para uso como inseticidas representou um empreendimento comercial considerável. Por exemplo, acima de 6.700 toneladas de raízes de *Derris elliptica* foram importadas para os Estados Unidos do sudeste da Ásia em 1947, mas diminuiu para 1.500 toneladas em 1963 (WINK, 1993).

Isto reflete a extensão pela qual os inseticidas botânicos foram substituídos pelos inseticidas químicos sintéticos, também conhecidos como agrotóxicos, dentre eles, os organoclorados, organofosforados, carbamatos e piretróides, produzidos pelos países industrializados nas décadas de 50 e 60, especialmente quando se adotou o pacote tecnológico da Revolução Verde (KATHRINA & ANTONIO, 2004). O volume de agrotóxicos usados no mundo chegou a ultrapassar 20.000 toneladas de ingredientes ativos na década de 90, quando as importações de piretro para os Estados Unidos totalizaram apenas umas 350 toneladas. Hoje, os inseticidas botânicos constituem apenas 1% do mercado mundial de inseticidas (ISMAN, 1997).

Afortunadamente, o interesse em desenvolver e usar produtos botânicos para o manejo de pragas está novamente aumentando nos últimos anos, estimando-se um crescimento anual na ordem de 10 a 15% (ISMAN, 1997). Esse interesse vem ao encontro da necessidade de buscar por métodos alternativos de menor impacto ou riscos à saúde humana e ao meio ambiente, bem como pela crescente demanda por produtos alimentícios saudáveis e isentos de resíduos de agrotóxicos. São inúmeras as plantas possuidoras de poderes inseticidas, que deveriam não apenas ser pesquisadas

sempre ser utilizada como modelos para síntese de novos princípios ativos. Os conhecimentos adquiridos com os mecanismos de defesa das plantas têm auxiliado no desenvolvimento de métodos de controle de pragas menos agressivos ao ambiente. Conforme anteriormente mencionando, muitos desses princípios ativos têm ação específica para alguns grupos de organismos, sem afetar outros, e essa característica é importante para controlar apenas os organismos alvos.

12. Referências Bibliográficas

ALLEN, T. G.; DICKE, R. J.; HARRIS, H. H. Sabadilla, *Schoenocaulon* spp. with reference to its toxicity to houseflies. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 37, n. 3, p. 400-407, 1944.

ATKINS, M. D. Insects as pests – A human perspective. In: ATKINS, M. D. **Insects in perspective**. New York: Macmillan, 1978. p. 312-343.

BUSS, E. A.; PARK-BROWN, S. G. Natural products for insect pest management. Gainesville: UF/IFAS, 2002. Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu/IN197>. Consultado em: 2 out. 2005.

BUSTAMANTE, M. R. P. Plaguicidas botânicos, una mentira o una alternativa para el pequeño agricultor. In: SIMPOSIO NACIONAL SOBRE SUBSTANCIAS VEGETALES Y MINERALES EM EL COMBATE DE PLAGAS, 5., 1999, Aguascalientes. **Memorias...** Aguascalientes: SME, 1999. p. 62-69.

CAMINHA FILHO, A. **Timbós e rotenona: uma riqueza nacional inexplorada**. 2. ed. Rio de Janeiro: Serviço de Informação Agrícola, 1940. 14 p.

CHACON, J. O. O Timbó (rotenona) usado como inseticida e tóxico para peixes. **Boletim Técnico DNOCS**, Fortaleza, v. 31, n. 2, p. 123-129, 1973.

CHITWOOD, D. J. Nematicidal compounds from plants. In: NIGG, H. N.; SEIGLER, D. (Ed.). **Phytochemical resources for medicine and agriculture**. New York: Plenum, 1992. p. 185-204.

11. Considerações Finais

Pesquisas relacionadas à identificação e à avaliação de compostos químicos vegetais com propriedade inseticida, como também a realização de análises toxicológicas, são importantes para evitar problemas de toxicidade, envenenamento e risco para o ser humano. Pois são substâncias com atividade biológica, algumas com ação altamente específica contra os insetos (como por exemplo, as substâncias que agem como reguladores de crescimento de insetos), e portanto, mais seguros do ponto de vista de intoxicação humana; porém, outras podem ser tóxicas ao homem e a outros organismos não-alvo, como a nicotina, por exemplo. Assim, doses ou formas de aplicação inadequados podem causar problemas.

É importante salientar que a utilização correta do adequado Equipamento de Proteção Individual (EPI) contribui significativamente na prevenção dos acidentes de trabalho e seu uso é obrigatório, segundo a legislação que disciplina o assunto. Para obter na íntegra o texto desta legislação, visite o site <http://www.trabalho.gov.br/Empregador/segau/EPI/>. No caso dos inseticidas botânicos que não apresentam registro junto ao Ministério da Agricultura (MAPA, 2005), é recomendável contar com o auxílio de um engenheiro agrônomo ou técnicos agropecuários que estejam aptos a orientar sobre o uso correto de defensivos agrícolas.

BUSTAMANTE (1999) destacou a necessidade de elaboração de um processo de orientação e capacitação prática dos produtores de maneira a possibilitar o uso dos inseticidas botânicos. O autor ressaltou a importância do conhecimento de aspectos relacionados ao material da planta a se utilizado, forma de preparação, concentração, hora e época de aplicação, além de medidas preventivas durante o manuseio, de modo a proteger a saúde do operador, de sua família e o meio ambiente.

É importante ressaltar que a utilidade das plantas para o controle de pragas, não se limita apenas à utilização das substâncias delas obtidas ou de seus extratos. Essas substâncias ativas podem quase

em profundidade como também introduzidas nas propriedades agrícolas como fonte alternativa no controle de pragas, especialmente em sistemas orgânicos de produção.

2. Substâncias químicas secundárias das plantas: um mecanismo de defesa contra os insetos-herbívoros aplicável à agricultura

Há aproximadamente 308.000 espécies de plantas terrestres conhecidas no mundo, o que consiste em 22% de todas as espécies do reino Animal e Vegetal. Insetos herbívoros (isto é, que se alimentam de plantas) são responsáveis por cerca de 360.000 espécies, ou seja, 26% de todas as espécies. A maioria desses insetos se distribui entre oito das 29 ordens de insetos atualmente conhecidas, a saber: Orthoptera (grilos, gafanhotos, paquinhos etc.), Phasmatodea (bicho-pau), Thysanoptera (tripes), Hemiptera (percevejos, pulgão, cochonilha etc.), Coleoptera (besouros), Diptera (moscas, mosquitos e simúlidos), Lepidoptera (mariposas e borboletas) e Hymenoptera (vespas, abelhas, formigas etc.) (EDWARDS & WRATTEN, 1981; PRICE, 1997).

A associação entre plantas e insetos nos leva ao tempo de suas origens evolucionárias. Insetos alados estão entre os primeiros colonizadores da Terra à aproximadamente 320 a 250 milhões de anos atrás durante o período Carbonífero da era Paleozóica, quando as gimnospermas primitivas já haviam se estabelecido no ambiente terrestre. Cinco ordens de insetos que se originaram no período Permiano (280 a 240 milhões de anos atrás) têm muitas espécies sobreviventes que são ainda especializados nas plantas chamadas de primitivas. Por exemplo, muitas vespas fitófagas, membros da subordem primitiva Symphyta, alimentam-se de coníferas e de uma variedade de outras Gymnospermae. Um dos mais importantes eventos da evolução dos insetos foi a origem das Angiospermae, plantas que produzem sementes abrigadas no interior dos frutos (WEIS & BERENBAUM, 1986). Essas plantas evoluíram no período Cretáceo (110 milhões de anos atrás), quando os dinossauros atingiram seu apogeu. Novas famílias de insetos inteiramente fitófagos surgem nessa época, incluindo as dos

pulgões (Hemiptera: Aphididae) e das vespas cecidógenas (formadoras de galhas) (Hymenoptera: Cynipidae). Em adição, outras ordens surgem como quase que exclusivamente fitófagas, tal como a ordem Lepidoptera, cujos adultos (mariposas e borboletes) e lagartas contam exclusivamente com as plantas para sua sobrevivência, isto é, as mariposas e borboletas coletam pólen e néctar e as lagartas são conhecidas por alimentarem-se em várias partes da planta (EDWARDS & WRATTEN, 1981; WEIS & BERENBAUM, 1986; PRICE, 1997).

O grau de especialização para herbivoria varia entre as ordens de insetos. Algumas, como Lepidoptera e Phasmatodea, são exclusivamente fitófagas. Em outras, a subordem é constituída apenas por espécies herbívoras, tais como subordens Auchenorrhyncha (cigarras e cigarrinhas) e Sternorrhyncha (cochonilhas, pulgões, psilídeos e moscas brancas) da ordem Hemiptera e a subordem Symphyta (vespas fitófagas) em Hymenoptera. A especialização também ocorre em níveis taxonômicos mais inferiores, tais como uma família inteira. Por exemplo, todos os membros de Agromyzidae (moscas minadoras) e Tephritidae (moscas frugívoras) da ordem Diptera são fitófagos. A especificidade para herbivoria é também uma característica para muitas espécies de insetos que se alimentam de uma única ou poucas espécies de plantas intimamente relacionadas. Por exemplo, as larvas da mariposa monarca (*Danaus plexippus*) são herbívoras especialistas, alimentando-se apenas de plantas da família Asclepiadaceae (OBERHAUSER & SOLENSKY, 2005).

Esse número restrito de ordens que usam predominantemente as plantas com sementes como fonte alimentar (Tabela 1), sugere que as plantas possuem determinados aspectos que tornaram-nas um obstáculo evolutivo tão difícil de vencer (EDWARDS & WRATTEN, 1981). De fato, há evidências de que os seguintes aspectos estão envolvidos:

1. Exposição a extremos de temperatura, tornando os insetos vulneráveis à dissecação freqüentemente decorrente da alimentação em plantas;

organismo já terá sido bastante reduzida (MARTINEZ, 2002). Alguns trabalhos mostram uma menor toxicidade do nim sobre espécies predadoras, reforçando essas afirmações. Por exemplo, observou-se que a pulverização de extrato aquoso de óleo emulsionável de nim a 5 ml/L sobre adultos das joaninhas *Cycloneda sanguinea* e *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) não causa mortalidade. A pulverização sobre larvas de *C. sanguinea* na mesma dose, contudo, causa 40% de mortalidade das larvas, embora a metade dessa dose já não tenha causado mortalidade diferente da testemunha. Nenhum outro parâmetro biológico, como duração do ciclo de vida, fecundidade, fertilidade, razão sexual, foi afetado, tampouco foi afetado o consumo alimentar (MARTINEZ, 2002).

10. Como se aplicam os inseticidas botânicos?

Em geral, as indicações e as recomendações adequadas para a aplicação dos inseticidas botânicos são as seguintes:

- Aplicar quando os insetos pragas se encontram em seus primeiros estágios larvais ou ninfais, preferivelmente nas horas de pouca radiação solar e sem ameaça de chuva;
- Calibrar adequadamente o equipamento de aplicação;
- Fazer uma cobertura adequada, de modo que atinja principalmente a parte da planta atacada pela praga;
- Fazer uma amostragem da densidade populacional da praga antes da aplicação do produto e fazer uma avaliação dos danos após a aplicação;
- Não misturar com inseticidas sintéticos, embora se possam realizar aplicações combinadas com fungicidas e fertilizantes foliares.
- Utilizar Equipamento de Proteção Individual (EPI) de acordo com o princípio ativo e a formulação do inseticida.

- ✓ **Fazenda Santa Angelina**, Agropecuária Santa Angelina, Brejinho de Nazaré, Tocantins. Contato: Eduardo Barbosa, fone: (0xx11) 4688-0651/9975-0379 ou (0xx63) 521-1190 (sementes de nim)
- ✓ **Natural Rural** - Av. Feijó, 582, sl 8 Centro 14.801-140 - Araraquara - SP - fone:(0xx16) 235-8711 - endereço internet: www.naturalrural.com.br (óleo de nim)
- ✓ **Nim do Brasil Ltda.** - R. Clóvis Bevilacqua, 550, CEP: 13075-040, Campinas - SP, fone: (0xx19) 212-0906, e-mail: hverde@correionet.com.br (mudas e óleo de nim)
- ✓ **Orgânica Alimentos Ltda.** - R. Senador Souza Naves, 1664 - Londrina, PR - CEP: 86015-430, fone/fax: (0xx43) 3344-6718, e-mail: organica@sercomtel.com.br, www.organicaalimentos.com.br (óleo de nim, pour-on e publicações)
- ✓ **Passiflora** - Fones:(0xx43) 3339-7505 (0xx43) 9997-7488 - Londrina-PR - email: passifloras@bol.com.br (mudas)

9. Qual é o espectro de ação dos inseticidas botânicos?

As substâncias de origem botânica apresentam amplo espectro de ação, controlando diferentes pragas, tais como insetos mastigadores (lagartas e escarabeídeos), minadores (larvas de moscas e mariposas) e sugadores (ácaros, tripes, pulgões e percevejos) (KATHRINA & ANTONIO, 2004). O nim, por exemplo, sendo de médio a amplo espectro, não está livre de apresentar alguns efeitos sobre os inimigos naturais, embora esses efeitos pareçam ser menos intensos do que sobre as pragas. Essa ação menos prejudicial de um modo geral está mais relacionada ao comportamento dos insetos do que a sua fisiologia. O fato da azadiractina ser menos potente por contato do que por ingestão faz com que os predadores, que não se alimentam das plantas tratadas, recebam doses mais baixas. As presas excretam, em geral, cerca de 90% do composto ingerido num período de 7 a 24h. Assim, em curto período, após terem se alimentado dos extratos de nim pulverizados sobre as plantas, a quantidade de azadiractina em seu

2. Localização da espécie de planta hospedeira entre uma grande variedade de plantas das quais os insetos não pode sobreviver;
3. Fixação ou penetração em superfícies rijas, cerosas, peludas ou espinhosas;
4. Consumo e digestão de uma fonte alimentar que pode ser sub-ótima do ponto de vista nutritivo ou por outras razões; tais como a presença de substâncias metabólicas secundárias que agem como toxinas, repelentes ou análogos dos hormônios juvenis dos insetos.

Além das substâncias químicas intimamente relacionadas à fotossíntese, respiração e crescimento, as plantas contem uma grande variedade de substâncias químicas não diretamente relacionadas a esses processos metabólicos, sendo, por isso, chamadas de *substâncias químicas secundárias* (EDWARDS & WRATTEN, 1981). Essas substâncias também ocorrem em animais, porém mais de 80% de todas as substâncias químicas naturais conhecidas são de origem vegetal, sendo conhecidas mais de 30.000 estruturas químicas de compostos vegetais secundários (HARBONE, 1994). Essa riqueza deve estar relacionada, pelo menos, em parte com a imobilidade das plantas, uma vez que elas não podem escapar das pressões ambientais pelo movimento, inclusive da ação dos herbívoros, portanto, suas únicas defesas são suas estruturas físicas e composição química.

As Angiospermae tem normalmente pelo menos um tipo de composto secundário em concentrações suficientes para reduzir o ataque pelos insetos, mas é raro encontrar uma espécie de planta com várias classes diferentes de compostos secundários; ademais, certas substâncias podem estar presentes em determinadas famílias botânicas e em outras não (HARBONE, 1978). São substâncias que têm atividades biológicas e que foram desenvolvidas pelas plantas ao longo de sua existência, tendo sido útil para garantir a sua sobrevivência.

Tabela 1. Hábitos alimentares dos insetos terrestres: * principal, + secundário, (modificado de EDWARDS & WRATTEN, 1981).

Ordens de insetos	Decompositores ou saprófagos	Carnívoros	Hematófagos	Micófagos (Fungos)	Algas e/ou líquens	Musgos / samambaias	Plantas com sementes			
							Fitófagos / Herbívoros	Polinívoros	Xilófagos	Predadores de sementes
Archaeognatha					*					
Thysanura	*			+	+					
Ephemeroptera	*	+			+					
Odonata		*								
Plecoptera	*	*			*					
Blattodea	*									
Mantodea		*								
Orthoptera	*	*			*	+	*			
Dermaptera	*	*					+	+		
Phasmatodea		*					*			
Embioptera	*	*			+	+				
Zoraptera		+	*							
Isoptera	*								*	
Psocoptera	+			*	*					
Phthiraptera / Mallophaga		*								
Phthiraptera / Anoplura			*							
Hemiptera / Heteroptera		*	*	+	+	+	*			+
Hemiptera / Homoptera							*			
Thysanoptera	+	*		*			*			
Mecoptera	*	*								
Neuroptera		*						+		
Megaloptera		*						+		
Trichoptera	*	*			+		+			
Lepidoptera	+	+		+	+	+	*	*	*	*
Coleoptera	*	*		*	+	+	*	*	*	*
Hymenoptera	+	*		+		+	*	*	*	*
Diptera	*	*	*	*	+	+	*	*	*	*
Siphonaptera			*							
Strepsiptera		*								
Total: Principal	12	17	5	4	4	0	9	4	5	3
Secundário	4	3	0	4	8	7	2	3	0	1

8. Que inseticidas botânicos encontram-se no mercado?

O principal entrave à chegada dos inseticidas botânicos ao mercado é o registro. Em geral, não se trata de uma única substância de origem vegetal, senão um complexo de substâncias quimicamente similares, mas com distintas estruturas moleculares, de maneira que as instituições de registro em todos os países solicitam a identificação de todas as substâncias e os correspondentes testes toxicológicos.

Na Alemanha, o processo de registro de um extrato de nim (com azadiractina como ingrediente ativo) como inseticida para permissão em todos os cultivos leva em torno de 8 anos, a um custo médio de 8 milhões de dólares. Esse altíssimo custo não permite registrar e comercializar extratos de plantas de menor eficácia como alho e pimenta. Atualmente, existe no mercado internacional, somente inseticidas botânicos registrados a base de rotenona, piretrina e azadiractina, e nos mercados locais, produtos a base de alho, nicotina, rianodina, quássia e outras substâncias botânicas (ISMAN, 1997).

No Brasil, já existem produtos comerciais a base do nim, para aplicação em controle de insetos, sendo que mudas, sementes ou óleo já preparado podem ser adquiridos através dos seguintes fornecedores:

- ✓ **Agroecol** - Rua Guarujá, 38, Jd. Flórida, Londrina/PR, - fone:(0xx43) 3324-2083 - e-mail: agrocol@onda.com.br - Contato: Luís Henrichsen - Zootecnista e Cláudio Pinheiro - Eng. Agrônomo (mudas e óleo de nim)
- ✓ **Agroecologic** - São Paulo - SP - (0xx11) 3873-9954 - fax: (0xx11) 3676-0555 - e-mail: agroexotic@sti.com.br (mudas e óleo de nim)
- ✓ **Dalquim** - Departamento Comercial – Itajaí, SC –Contato: Arlindo Cervo fone: (0xx47) 346-2070, 0800-474848, e-mail: vendas@dalquim.com.br (óleo de nim e pour-on)

citoplasma e a parede celular, impedindo assim sua multiplicação e aparecimento de cepas resistentes. Controla doenças bacterianas causadas por *Pseudomonas carotovora*, *Xanthomonas cucurbitae*, *Xanthomonas campestris*, *Erwinia tracheiphila*, assim como algumas doenças fúngicas causadas por *Fusarium* spp. (KATHRINA & ANTONIO, 2004).

c) Limoneno e Linalol. Os óleos de citros são extraídos da casca de laranjas e outras frutas cítricas e refinados para originar os compostos d-limoneno e linalol (BUSS & PARK-BROWN, 2002). Ambos os compostos são registrados como seguros pela United States Food and Drug Administration (FDA), e são extensivamente usados como aromatizantes em alimento, cosméticos, sabão e perfumes. Limoneno e linalol são venenos de contato (neurotóxicos) e tem atividade fumigante contra pulgas. Eles têm baixa toxicidade oral e dermal (Tabela 3). Ambos compostos evaporam rapidamente a partir das superfícies tratadas e tem período residual muito curto. O modo de ação não é muito bem entendido, contudo, suspeita-se que eles aumentam a atividade dos nervos sensoriais, causando hiperexcitabilidade dos nervos motores que leva a convulsão e paralisia. Eles são efetivos contra ectoparasitos de animais domésticos, como pulga, piolhos, ácaros e carrapatos. Eles também são ativos contra pulgões, ácaros, formiga lava-pé, mosca doméstica, marimbondos e grilos (BUSS & PARK-BROWN, 2002). Produtos comerciais (comumente chamados “d-Limoneno”) estão disponíveis em aerossóis e xampus para animais domésticos. O d-limoneno e linalol atuam dissolvendo os lipídios da cutícula da exoesqueleto da pulga, causando desidratação e morte do inseto (SCHICK & SCHICK, 1986).

Produtos destinados ao controle de pragas à base de óleos essenciais já estão sendo comercializados, principalmente no exterior, e muitos deles se tratam de uma mistura de diversos óleos. A pesquisa ainda vem trabalhando numa melhor formulação para essas substâncias, principalmente para contornar o problema da volatilidade e da conseqüente perda da ação em pouco tempo.

Embora não tenhamos certeza do significado de todos esses compostos, foi demonstrado que alguns deles têm efeitos profundos no comportamento alimentar e de oviposição e no crescimento dos insetos fitófagos. Um breve sumário dos maiores grupos de substâncias químicas vegetais secundárias, sua distribuição taxonômica e atividade biológica é dado na Tabela 2.

Tabela 2. Principais classes de compostos vegetais secundários envolvidos nas interações planta-animal (modificado de HARBONE, 1994).

Classe	Número aproximado de estruturas	Distribuição	Atividade biológica
Compostos Nitrogenados			
Alcalóides	5.500	Amplamente nas Angiospermae, especialmente nas raízes, folhas e frutos	Muitas tóxicas e de gosto amargo
Aminas	100	Amplamente nas Angiospermae, especialmente nas flores	Muitas de cheiro repelente; algumas alucinógenas
Aminoácidos (não protéicos)	400	Especialmente em sementes de Leguminosae	Muitas tóxicas
Glicosídeos cianogênicos	30	Esporádico, especialmente no fruto e folha	Venonoso (como HCN)
Glucosinolatos	75	Cruciferae e dez outras famílias	Corrosivos e amargos (como isotiocianatos)
Terpenóides			
Lactonas sesquiterpenos	600	Principalmente em Compositae, mas encontradas cada vez mais em Angiospermae	Algumas amargas e tóxicas, também alergênicos
Diterpenóides	1000	Especialmente no látex e resinas de plantas	Muitas tóxicas
Limonóides	100	Principalmente em Rutaceae, Meliaceae e Simaroubaceae	Gosto amargo
Cucurbitacinas	50	Principalmente em Cucurbitaceae	Gosto amargo e tóxico
Cardenólídeos	150	Especialmente em Apocynaceae, Asclepiadaceae e Scrophularia	Gosto amargo e tóxico
Fenólicos			
Fenóis simples	200	Universal em folhas	Antimicrobianos
Outros			
Poliacetilenos	650	Principalmente em Compositae e Umbelliferae	Alguns tóxicos

Algumas vezes, essas substâncias químicas que as fazem indesejáveis como fonte de alimento para os insetos fitófagos ou fitopatógenos, também as fazem indesejáveis como plantas a serem cultivadas como alimento para o homem. Conseqüentemente, muitas das vezes, essas características tem sido descartadas no processo de melhoramento genético das plantas cultivadas. É particularmente verdadeiro que os terpenos e os alcalóides afetam o sabor das plantas cultivadas. Em outros casos, fatores de resistências que não afetam o sabor são acidentalmente perdidos nos programas de melhoramento desenvolvidos para melhorar outras características, tal como a produtividade da cultura. Assim, muitas plantas cultivadas são praticamente desprovidas de defesas contra seus pastadores, entre eles, os insetos fitófagos. Aliando essas características ao modelo de agricultura adotado na década de 60, cria-se um ambiente favorável ao crescimento populacional dos insetos que tem potencial para tornarem-se pragas, e assim, requerendo intervenção humana constante através da adoção de práticas que possam deter os aumentos populacionais dos insetos fitófagos. Por muitos anos, especialmente nas décadas de 30 e 40, o homem fez uso de compostos vegetais e vários inseticidas botânicos foram formulados para o controle de pragas de importância agrícola e médica (ATKINS, 1978; ISMAN, 1997).

3. Que são inseticidas botânicos?

Algumas plantas, ao longo de sua evolução, desenvolveu sua própria defesa química contra os insetos herbívoros, sintetizando metabólitos secundários com propriedades inseticidas; isto é, com atividade tóxica contra os insetos ou que causem sua morte por outros modos de ação, ou mesmo sua repelência. Os inseticidas botânicos são produtos derivados dessas plantas ou partes das mesmas, podendo ser o próprio material vegetal, normalmente moído até ser reduzido a pó, ou seus produtos derivados por extração aquosa ou com solventes orgânicos, tais como álcool, éter, acetona, clorofórmio, etc. ou destilação (WIESBROOK, 2004).

a) Extrato de Alho. Seu modo de ação é como repelente, por uma ação sistêmica do alho (*Allium sativum* L., Liliaceae) já que seu extrato é absorvido pela plantas e seu sistema radicular. O odor do alho modifica o odor natural que produz cada planta, enganando os insetos. Esse produto funciona a pH 6,5-7,5, sendo estável em água dura (contém sais de cálcio e magnésio), não alteram o sabor ou odor dos produtos tratados, são altamente solúveis em água e tem registro no EPA (Agencia Federal de Proteção Ambiental dos Estados Unidos), com marcas comerciais, tais como Garlic Barrier AG, Garlic Grow, Repellex AG (STROLL, 1986; KATHRINA & ANTONIO, 2004). É usado como repelente de insetos, de amplo espectro de ação, e formulado para uso na agricultura biológica ou orgânica. Exercem controle de insetos minadores, sugadores, broqueadores e mastigadores (STROLL, 1986; KATHRINA & ANTONIO, 2004). É uma prática popular para controle da lagarta da maçã, pulgões, míldio e ferrugem. Para uso como inseticida, o alho não deve ser cultivado com fertilizantes minerais visto que tem sido reportado que altas doses desses produtos reduzem a concentração de substâncias efetivas (Stroll, 1986). No preparo caseiro, utilizar 100g de dentes de alho, que devem ser finamente moídos e deixar em repouso por 24 horas em 2 colheres (de chá) de óleo mineral. À parte, dissolver 10 gramas de sabão em 0,5 litros de água, misturar bem à infusão de alho e filtrar com pano fino. Antes de usar o preparado, diluir o mesmo em 10 litros de água, podendo no entanto ser utilizado em outras concentrações de acordo com a situação (NASSEH, 1980; STROLL, 1986).

b) Extratos de Sementes de Cítricos. Os ingredientes ativos deste tipo de produto provêm de extratos de sementes de plantas cítricas, tais como ácidos graxos, aminoácidos, bioflavonóides (vitamina P), carboidratos, grupo metil-hidroxi não identificado, proteínas (como nitrogênio energético), peptinas e vitaminas C e E. As formulações desses extratos disponíveis na América Central são o Kilol e Long Life. Kilol é um bactericida-fungicida sistêmico, formulado a 11% com efeito preventivo e curativo. Kilol atua sobre o dióxido de carbono da célula microbiana, reduzindo e oxidando com altíssima potência e eficiência, danificando o

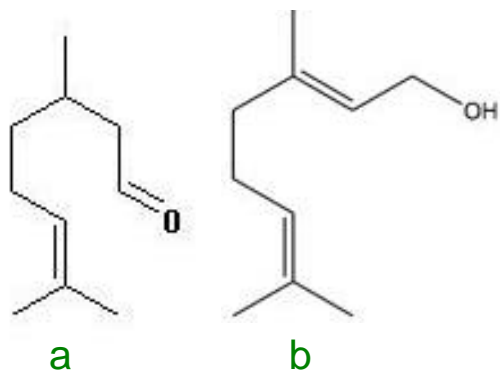


Figura 18. Fórmula estrutural dos principais princípios ativos do óleo essencial de *Cymbopogon*: a. citrônial; b. geraniol.

Outras substâncias que têm sido empregadas para controle de insetos e microorganismos e que fazem parte da composição de óleos essenciais de plantas são, por exemplo, os terpenos (α -pinenos e β -pinenos) presentes nos óleos extraídos da resina de pinheiro (*Pinus* sp), o nerol extraído do óleo essencial do capim limão (*Cymbopogon citratus* Stapf, Poaceae) (Fig. 17), o limoneno do óleo da casca do fruto de diversas espécies de *Citrus* (laranja, limão), e algumas substâncias obtidas de plantas utilizadas como condimento alimentar, como o eugenol do cravo da Índia (*Eugenia caryophyllata* Thunb., Myrtaceae), o mentol da hortelã (*Mentha piperita* L.; Labiatae), a piperina da pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.; Piperaceae) e as substâncias sulfuradas obtidas do extrato do alho (*Allium sativum* L.). Algumas plantas consideradas “invasoras” também produzem substâncias aromáticas que tem apresentado alguma bioatividade contra insetos, como o mentrasto (*Ageratum conyzoides* L., Asteraceae), cujos extratos de folhas são repelentes a insetos ou agem como reguladores de crescimento, sendo ativos contra gorgulhos (*Sitophilus zeamais*), e a erva-de-santa-maria ou mastruz (*Chenopodium ambrosioides* L.; Chenopodiaceae), cujos frutos tem compostos biotivos contra insetos de grãos armazenados, especialmente gorgulhos. Alguns inseticidas a base de óleo essencial de plantas são descritos a seguir:

O acervo bibliográfico a respeito das plantas inseticidas praticamente ficou estacionado desde os anos 40, época em que era bastante desenvolvido o comércio e a pesquisa da rotenona e de outras plantas com propriedades inseticidas. Vários pesquisadores e institutos vêm trabalhando para desenvolver fórmulas e métodos que permitam a utilização crescente dos inseticidas de origem vegetal. Em Honolulu, no Havaí, o botânico Salen Ahmed coordena um projeto pelo qual catalogou e iniciou o estudo sistemático de mais de duas mil plantas como atividade inseticida contra diversas espécies de insetos (NEVES et al., 2003). As plantas inseticidas mais promissoras encontram-se nas famílias Meliaceae, Rutaceae, Asteraceae, Annonaceae, Labiatae e Canellaceae (JACOBSON, 1989; MIANA et al., 1996; ESCALONA et al., 2001; FERNANDES et al., 2005).

No passado, o mercado de inseticidas botânicos era dominado por dois compostos orgânicos: as piretrinas e a rotenona. As piretrinas naturais, derivadas de *Chrysanthemum cinerariaefolium* Vis. (Asteraceae), sempre mantiveram um mercado estável, embora pequeno. A rotenona, derivada de *Derris* spp. e *Lonchocarpus* spp. (Leguminosae, Fabaceae), tem sido utilizada para controle de insetos em pequena escala. Outros inseticidas botânicos usados em pequena escala são os alcalóides, como a nicotina de *Nicotiana tabacum* L. (Solanaceae), quassin de *Quassia amara* L. (Simaroubaceae), rianodina de *Ryania speciosa* Vahl (Flacourtiaceae) e sabadila de *Schoenocaulon officinale* (Schltdl. & Cham.) (Liliaceae) (SMAN, 1997; VENDRAMIM & CASTIGLIONI, 2000; KATHRINA & ANTONIO, 2004; WIESBROOK, 2004). O nim, *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae) tem sido uma das plantas mais estudadas para uso como inseticida botânico nos últimos anos (CIOCIOLA JR. & MARTINEZ, 2002; MARTINEZ, 2002; WIESBROOK, 2004).

As informações disponíveis sobre a caracterização, o modo de ação, a toxicologia e os efeitos no ecossistema, para a maioria dos inseticidas botânicos, são ainda escassas, embora a maioria seja utilizada a mais de uma década. Um dos casos é da *Quassia amara*, a qual tem sido utilizada há muito tempo com bons resultados, mas não tem alcançado nível de produção industrial ou semi-industrial

por falta de disponibilidade permanente de matéria prima. Outras plantas como o fumo, crisântemo, derris, anona e riania, com substâncias bioativas de ação eficiente contra insetos, apresentam graus diferenciados de toxicidade para o homem e mamíferos, recomendando-se seu uso com precaução. O nim têm sido a única planta, que até o presente momento, a ser pesquisada plenamente, comprovando-se que é medicinal, não tóxica e contem um grupo poderoso de substâncias inseticidas.

4. Quais são as vantagens de usar inseticidas botânicos?

As principais vantagens da aplicação de inseticidas botânicos são (BUSS & PARK-BROWN, 2002; KATHRINA & ANTONIO, 2004; WIESBROOK, 2004):

- ✓ **Degradação rápida.** Os inseticidas botânicos são rapidamente degradados pela luz solar, ar, umidade, chuva e enzimas desintoxicantes. Degradação rápida significa baixa persistência, menor risco das pragas desenvolverem resistência e reduzido risco para organismos benéficos e não-alvo, o que permite que sua aplicação possa ser feita um pouco antes da colheita do alimento, por possuir baixo ou nenhum poder residual.
- ✓ **Ação rápida.** Embora a morte possa não ocorrer em poucas horas ou dias, os insetos podem parar de se alimentar quase que imediatamente após a aplicação do inseticida botânico. Todavia, sua ação em geral é mais lenta que a dos inseticidas sintéticos.
- ✓ **Baixa a moderada toxicidade.** Muitos inseticidas botânicos têm baixa a moderada toxicidade aos mamíferos, baseando-se na DL_{50} oral (Tabela 3), um termo usado para descrever a dose do inseticida, administrado por via oral, requerida para matar 50% dos indivíduos da população dos animais em teste (geralmente, ratos e coelhos), sendo expresso em miligrama (mg) do ingrediente ativo por quilograma (kg) de peso corpóreo.

7.8. Inseticidas botânicos voláteis

Uma classe de substâncias que tem merecido muita atenção, são as das substâncias que fazem parte do óleo essencial de algumas plantas. Os óleos essenciais ou óleos voláteis estão presentes nas plantas aromáticas e podem apresentar atividade atraente, repelente, e até tóxica a insetos e microorganismos. Exemplos do uso desses óleos já são observados no nosso dia-a-dia, como é o caso do óleo da citronela (*Cymbopogon* spp.; Poaceae; Fig. 17), como repelente de insetos. A citronela é uma planta aromática que ficou bem conhecida por fornecer matéria-prima (óleo essencial) para a fabricação de repelentes contra mosquitos e borrachudos. Considerado um ótimo repelente, o óleo da citronela é rico em citronelal e geraniol (Fig. 18a,b). As plantas mais ricas nessa substância são o “capim citronela” (*Cymbopogon nardus* (L.) Rendle. e *C. winterianus* Jowitt.) e uma espécie de eucalipto, o *Eucaliptus citriodora* Hook. (Myrtaceae), mas pode ser encontrada em menor concentração, também em espécies de outras famílias de plantas.



Foto: Anônimo

Figura 17. Touceira de capim limão (*Cymbopogon citratus*, Poaceae)

azadiractina (1.000 ppm) e tem propriedades inseticidas. É empregado para a conservação de grãos armazenados contra pragas de armazém, como Coleoptera (carunchos). As sementes de leguminosas armazenadas são facilmente atacadas por gorgulhos (Bruchidae), cujas larvas penetram e consomem os grãos. Esses gorgulhos podem ser facilmente controlados misturando-se as sementes de leguminosas com o óleo de nim. A quantidade de óleo a ser usada para essa finalidade é relativamente pequena: 300 ml para cada 100 kg de sementes (STROLL, 1986; CIOCIOLA JR. & MARTINEZ, 2002; MARTINEZ, 2002; NEVES et al., 2003; KATHRINA & ANTONIO, 2004).

d) Óleo formulado. Existem no mercado formulações concentradas que contêm 50% de óleo de nim, emulsificante e água. No momento de se aplicar, o formulado é misturado com água numa proporção de 5 cc (0,25% de óleo) ou 10 cc (0,5% de óleo) por litro de água. Isto significa um gasto de 2,5 ou 5 mililitros de óleo formulado, respectivamente, para a aplicação em um hectare (STROLL, 1986; CIOCIOLA JR. & MARTINEZ, 2002; MARTINEZ, 2002; NEVES et al., 2003; KATHRINA & ANTONIO, 2004).

e) Torta de nim. É o resíduo das sementes após a obtenção do óleo de nim, através da prensagem, e contém os princípios ativos em forma mais concentrada (90% do conteúdo de azadiractina da semente), requerendo menos matéria prima para a preparação do inseticida. Cada 4 kg de sementes com casca produz 1 kg de torta, que é usada para preparo de extrato aquoso (após a torta ser secada) ou ser diretamente incorporada ao solo, sendo usada como nematicida e serve como adubo orgânico. A dose recomendada é de 15 gramas por litro de água, o que significa 7,5 kg/ha (em 500 litros de água). A torta é útil para incorporação no solo de viveiros para controle de pragas subterrâneas. Recomenda-se usar uma razão de 200 a 400Kg/ha ou 1kg para 10 a 15 m² de terra contra pragas do solo, como grilos e nematóides (STROLL, 1986; CIOCIOLA JR. & MARTINEZ, 2002; MARTINEZ, 2002; NEVES et al., 2003; KATHRINA & ANTONIO, 2004).

Tabela 3. Toxicidade dos principais inseticidas botânicos e sinergistas a mamíferos (BUSS & PARK-BROWN, 2002; KATHRINA & ANTONIO, 2004; WIESBROOK, 2004):

Nome químico (marca comercial)	Classe	LD ₅₀ oral	LD ₅₀ dermal	Modo de ação
Piretrina	Botânico	1200 - 1500	> 1800	Atividade tóxica de contato (modulador de canais de sódio)
Rotenona	Botânico	60 - 1500	940 - 3000	Inibe a respiração celular
Nicotina (Black-Leaf 40®)	Botânico	50-60	50 - 60	Atividade tóxica de contato (agonistas/análogos da acetilcolina)
Sabadila (Red Devil®)	Botânico	5000	-	Atividade tóxica de contato e estomacal
Rianodina	Botânico	750 - 1200	4000	Atividade tóxica estomacal
d-Limoneno (VIP®)	Botânico	> 5000	-	Atividade tóxica de contato
Linalool	Botânico	2440 - 3180	3578 - 8374	Atividade tóxica de contato
Azadirachtina (Nim)	Botânico	13000	> 10000	Antialimentar, repelente de postura e alimentação e regulador de crescimento
MGK 264	Sinergista	2800	-	-
Butóxido de piperolina (PBO)	Sinergista	> 7500	7500	-

- ✓ **Seletividade.** A rápida degradação e o curto período residual fazem os inseticidas botânicos mais seletivos a certos insetos-praga e menos prejudiciais aos insetos benéficos.
- ✓ **Fitotoxicidade.** Muitos inseticidas botânicos não são fitotóxicos (tóxicos para as plantas) nas dosagens recomendadas. Todavia, os inseticidas saponáceos, sulfurosos e sulfato de nicotina podem ser tóxicos a alguns vegetais e ornamentais. Os extratos de nim podem causar fitotoxicidade em concentrações altas, embora dependa da espécie de planta sobre a qual o extrato foi aplicado, sua idade e fase de desenvolvimento. A fitotoxicidade causada por nim manifesta-se nas plantas tratadas como folhas enrijecidas, quebradiças, de cor verde-pálido, geralmente menores, com pontos necróticos. Geralmente, soluções aquosas de óleo emulsionável de nim acima de 1% causam fitotoxicidade. Essa característica é utilizada algumas vezes, para desenvolver herbicida, tendo como modelo, essas

substâncias. Um exemplo de herbicida com o esqueleto químico semelhante à substância extraída de óleo essencial de plantas, é a cinmetilina, cuja molécula é semelhante ao do eucaliptol, extraído de folhas de eucalipto.

- ✓ **Custo e disponibilidade.** Os inseticidas botânicos podem ser fabricados na propriedade rural a baixo custo quando se dispõe de material vegetal e que as substâncias sejam solúveis em água. Todavia, o preço dos produtos botânicos disponíveis no mercado pode ser mais elevado do que os dos inseticidas sintéticos, em geral por serem poucos disponíveis no mercado por causa da carência de fornecedores comerciais ou por problemas associados ao fornecimento estável de matéria-prima.

5. Quais são as desvantagens de usar inseticidas botânicos?

Entre as desvantagens dos inseticidas botânicos estão (BUSS & PARK-BROWN, 2002; KATHRINA & ANTONIO, 2004; WIESBROOK, 2004):

- ✓ **Necessidade de sinergistas.** Alguns inseticidas botânicos rapidamente se degradam ou são metabolizados por enzimas desintoxicantes dos insetos-alvo. Como a desintoxicação pode ocorrer rapidamente, o inseticida somente atordoa temporariamente o inseto, mas não causa sua morte. Para evitar que o inseto se recupere rapidamente, um sinergista deve ser adicionado ao inseticida para inibir certas enzimas desintoxicantes nos insetos. Isto aumenta a ação inseticida do produto. Os sinergistas apresentam baixa toxicidade (Tabela 3), tem pouca ou nenhuma propriedade inseticida inerente, e tem atividade residual muito curta. Piretrinas são freqüentemente misturadas com um sinergista, tal como butóxido de piperolina (PBO), MGK 264, rotenona ou rianodina para aumentar sua eficiência. O PBO é também um produto de origem vegetal, sendo derivado do óleo de sassafrás (*Ocotea pretiosa* (Ness.) Mez.; Lauraceae), nativa da região da Mata Atlântica, bastante abundante no vale do rio Itajai-Açú em Santa Catarina, sendo

que deve ser feita várias horas antes de sua aplicação, preferivelmente de 10 a 12 horas antes, de modo que as substâncias possam desprender-se bem, para passar para a água. Após esse período, o líquido é filtrado e pulverizado sobre as áreas infestadas. A quantidade de semente moída para a mistura dependerá da qualidade da semente (conteúdo de azadiractina) e do tipo e densidade da praga presente nos cultivos. Geralmente, recomenda-se de 25 a 40 gramas de sementes secas e moídas por litro de água. Os extratos de folhas têm menor concentração de azadiractina, recomendando-se de 40-50g de folhas secas trituradas por litro de água. Para se armazenar sementes para preparar o extrato posteriormente, os frutos devem ser colhidos, secos ao sol por dois a três dias, e mais uns dois dias à sombra e despolidos manualmente em água ou utilizando-se despoldadeira de café. Deixa secar bem e armazenar de preferência a baixa temperatura (STROLL, 1986; CIOCIOLA JR. & MARTINEZ, 2002; MARTINEZ, 2002; NEVES et al., 2003; KATHRINA & ANTONIO, 2004).

- b) **Extrato alcoólico.** Prepara-se a partir da torta de sementes de nim descascadas, resultante da separação do óleo de nim. É obtido através do uso de solventes, como etanol e álcool etílico. Para o processo de extração, um equipamento sofisticado e custoso é requerido. A dose recomendada é de 4,5 cc/litro de água (0,45%) (STROLL, 1986; CIOCIOLA JR. & MARTINEZ, 2002; MARTINEZ, 2002; NEVES et al., 2003; KATHRINA & ANTONIO, 2004).
- c) **Óleo cru.** É obtido por prensagem das sementes de nim descascadas. Essas contêm no máximo 47% de óleo de sua massa total. Cada 4 kg de sementes com casca produz 0,5 L de óleo, que contém 0,1% de azadiractina. Existem métodos caseiros para a extração do óleo, sem necessidade de equipamentos específicos. Todavia, há métodos mais sofisticados, com uso de prensa elétrica que esquenta o material antes de ser prensado. Outro método é a extração com solventes orgânicos, e, neste caso, utiliza-se um equipamento a vapor. Este método tem a desvantagem de extrair somente as substâncias mais voláteis. O óleo de nim contém 0,1% de

Foto: Martinez (2002)



Figura 15. Folhas de nim (*Azadirachta indica*)

Foto: Martinez (2002)



Figura 16. Frutos de nim (*Azadirachta indica*)

a) **Extratos aquosos das folhas ou sementes moídas.** As substâncias inseticidas encontram-se concentradas nos cotilédones das sementes do nim. Para elaborar o inseticida, as sementes ou as folhas devem ser trituradas. A farinha deve ser a mais fina possível para permitir uma melhor mistura com água,

um composto muito seguro, tendo uma DL_{50} oral aguda maior do que 7500 mg/kg, mas pode ser cronicamente tóxica em altas doses. PBO e MGK264 não devem ser misturadas com soluções saponáceas ou de óxido de cálcio por acelerar a degradação. PBO tem sido citado como carcinogênico, e não pode ser usado em alguns programas de certificação orgânica.

- ✓ **Baixa persistência.** Os inseticidas botânicos são rapidamente degradados, e assim, apresentam baixa persistência, o que pode exigir aplicações mais freqüentes e custos mais elevados. Todavia, essas características em conjunto permitem minimizar o impacto dessas aplicações.
- ✓ **Modo de ação.** Os inseticidas botânicos raramente têm ação sistêmica, ação que é exercida por um inseticida que é absorvido por uma planta e translocado em quantidades suficientes para tornar o local de translocação tóxico para os insetos por um tempo ilimitado. Desse modo, os inseticidas botânicos podem não controlar eficientemente insetos que passam parte de sua vida no interior de frutos, ramos etc., embora haja exceções (por exemplo, extrato de alho).
- ✓ **Carência de Pesquisas.** Resultados científicos sobre eficiência e toxicidade crônica aos mamíferos não estão disponíveis para muitos inseticidas botânicos. Tolerância de resíduos tóxicos em alimentos para inseticidas botânicos não tem sido estabelecida.
- ✓ **Dificuldade de Registro.** No Brasil, os inseticidas botânicos não são registrados pelo Ministério da Agricultura (MAPA, 2005), mas estão disponíveis no mercado sem registro para venda legal (ver item 8 deste documento). Verifique a presença de rótulo antes de comprar ou aplicar esses produtos.

6. Como atuam os inseticidas botânicos?

Algumas substâncias ou compostos de plantas podem atuar de várias formas, especialmente quando é um complexo que é responsável por sua ação sobre o inseto. Recentes estudos têm demonstrado que os metabólitos secundários de plantas com efeitos de inseticida podem agir como inibidores da alimentação de

insetos ou de quitina ou perturbadores do crescimento, desenvolvimento, reprodução, diapausa e comportamento. No geral, podemos distinguir três tipos que descrevem o modo de ação de uma substância de origem botânica sobre os insetos (KATHRINA & ANTONIO, 2004):

- ✓ **Ação tóxica, repelente e/ou antialimentar.** Por exemplo, os extratos de nim atuam como inseticida, que no sentido da própria palavra, causa a morte do inseto por intoxicação, mas, às vezes, são repelentes (fazem com que os insetos se afastem da planta, prevenindo a alimentação ou oviposição na mesma) ou agem como antialimentar (inibe o inseto a iniciar a alimentação). A ação tóxica dos extratos botânicos provém da ação de seus ingredientes ativos no sistema nervoso central dos insetos, interferindo na transmissão (sináptica ou axônica) normal dos impulsos nervosos, quando são denominados de neurotóxicos. Os inseticidas botânicos (assim como os inseticidas químicos sintéticos) que atuam no sistema nervoso central dos insetos são também tóxicos para os seres humanos.
- ✓ **Ação sobre órgãos ou moléculas-alvo.** Alguns inseticidas botânicos podem agir no sistema neuroendócrino, interferindo nos processos normais de troca de tegumento (ecdise) e/ou metamorfose, sendo denominados de reguladores de crescimento, ou podem interferir no metabolismo respiratório das células, interferindo na síntese de ATP. É sabido que a azadiractina atua no sistema hormonal dos insetos, ou melhor, nas glândulas anexas ao cérebro chamadas de glândulas protorácicas, *corpora cardiaca* e *corpora allata*, onde se produz o hormônio protoracicotrópico (PTTH), o qual regula a biosíntese e liberação dos hormônios da ecdise (ecdisona e 20-hydroxyecdisona) pelas glândulas protorácicas. Azadiractina inibe a biosíntese do PTTH e, como consequência, não ocorre a biosíntese dos dois hormônios, o que impossibilita os passos normais da troca de tegumento (ecdise) e também inibe a maturação dos ovos. Os primeiros estágios larvais ou ninfais dos insetos afetados perduram, às vezes, por 3 semanas em um mesmo estágio até que morre, enquanto que o quarto e quinto

Os Lepidoptera são extremamente sensíveis, e a supressão total da alimentação em lagartas pode ser obtida a concentrações que variam de 0,001 a 50 ppm. Os insetos sugadores (percevejos, cigarrinhas e cochonilhas) apresentam menor vulnerabilidade aos efeitos do nim, mas especificamente aos efeitos hormonais, respondendo a concentrações entre 100 e 500 ppm. Porém, os efeitos repelentes e antialimentares são fortes a moderados. Uma lista de outros insetos sensíveis a azadiractina e demais substâncias do nim é encontrada na Tabela 4 (CIOCIOLA JR. & MARTINEZ, 2002; MARTINEZ, 2002; KATHRINA & ANTONIO, 2004). A azadiractina também tem sido registrada agir como repelente contra fitonematóides (CHITWOOD, 1992; KATHRINA & ANTONIO, 2004).

A azadiractina pode afetar os insetos tanto por ingestão como por contato, porém, em geral, sua ação por ingestão é significativamente superior. Por exemplo, lagartas do cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda*, pulverizadas com extrato de folhas de nim a 1% (p/v), tiveram mortalidade de 32,2% após 10 dias, enquanto que lagartas da mesma espécie não pulverizadas, porém alimentadas com folhas de milho tratadas com o mesmo extrato tiveram 87,3% de mortalidade (MARTINEZ, 2002).

Quais são os diferentes produtos disponíveis a base de nim?

Como seu princípio ativo é uma molécula complexa, de difícil síntese, normalmente os extratos das folhas, sementes ou frutos (Fig. 15 e 16), bem como os subprodutos dessa extração, são aplicados como inseticida. Os compostos inseticidas do nim são solúveis em água e podem ser preparados de maneira simples e barata, de modo artesanal, por pequenos e médios produtores.

Tabela 4. Pragas controladas por extrato aquoso dos frutos de nim (CIOCIOLA JR. & MARTINEZ, 2002; MARTINEZ, 2002; KATHRINA & ANTONIO, 2004).

Cultivo	Praga		Dose (g/L)
	Nome científico	Nome comum	
Berinjela (<i>Solanum melongena</i>)	<i>Bemisia tabaci</i>	mosca-branca	50
	<i>Spodoptera</i> spp.	lagarta-militar	25
	<i>Phthorimea operculela</i>	traça da batata	25
	<i>Corythaica cyathicoliis</i>	percevejo de renda	50
Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	<i>Bemisia tabaci</i>	mosca-branca	37
	<i>Spodoptera</i> spp.	lagarta-militar	25
	<i>Manduca sexta</i>	mandarová-do-fumo	25
	<i>Helicoverpa zea</i>	lagarta da espiga	25
	<i>Helicoverpa virescens</i>	lagarta das maçãs	25
	<i>Lyriomyza trifolii</i>	mosca minadora	25
	<i>Lyriomyza sativae</i>	mosca minadora	25
	<i>Trichoplusia ni</i>	lagarta mede-palmo	25
<i>Pseudoplusia includens</i>	lagarta falsa-medideira	25	
Pepino (<i>Cucumis sativus</i>)	<i>Bemisia tabaci</i>	mosca-branca	50
	<i>Diaphania hyalinata</i>	broca das cucurbitáceas	25
Melão (<i>Cucumis melo</i>)	<i>Diaphania nitidalis</i>	broca das cucurbitáceas	25
	<i>Lyriomyza trifolii</i>	mosca minadora	25
Repolho, couve-flor etc. (<i>Brassica</i> spp.)	<i>Lypaphis erysimi</i>	pulgão das brássicas	50
	<i>Plutella xylostela</i>	traça das crucíferas	25
	<i>Brevicorrine brassicae</i>	pulgão do repolho	50
	<i>Trichoplusia ni</i>	lagarta mede-palmo	25
	<i>Spodoptera frugiperda</i>	lagarta do cartucho	25
Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	<i>Bemisia tabaci</i>	mosca-branca	50
Milho (<i>Zea mays</i>)	<i>Spodoptera frugiperda</i>	lagarta do cartucho	25
	<i>Helicoverpa zea</i>	lagarta da espiga	25
Alho (<i>Allium sativum</i>)	<i>Bemisia tabaci</i>	mosca-branca	50
	<i>Spodoptera</i> spp.	lagarta-militar	25
	<i>Manduca sexta</i>	mandarová-do-fumo	25
	<i>Helicoverpa virescens</i>	lagarta das maçãs	25
	<i>Aphis gossypii</i>	pulgão do algodão	50

estágios larvais podem conseguir empupar, mas os adultos emergem com as asas deformadas ou com outras deficiências. Sabe-se também que o aminoácido não-protéico, o L-3,4_dihidroxi-fenil-alanina (L-Dopa), tóxico para muitos insetos que se alimentam de leguminosas, especialmente suas sementes, interfere com o aminoácido protéico L-tirosina, uma vez que o inseto o incorpora por equívoco na síntese de proteínas, as quais tornam-se indisponíveis biologicamente e os insetos morrem por falta de boas proteínas, além daquelas necessárias para formar a cutícula do exoesqueleto dos insetos.

- ✓ **Ação por contato ou ingestão.** As substâncias que atuam por contato, que caracteriza o modo de ação de um inseticida que age e é absorvido pela pele (tegumento) do inseto, como a nicotina, rotenona e piretrina, afetam o sistema nervoso central, que é acessível para essas substâncias em toda a superfície do corpo do inseto ou pelas vias respiratórias, causando rapidamente a morte do inseto. As substâncias repelentes com as do alho, atuam somente por contato, mas agem por contato com os quimiorreceptores do inseto e não por contato com a cutícula ou os neurônios. As substâncias que atuam por ingestão, que caracteriza o modo de ação de um inseticida que age e penetra no organismo por via oral, como a capsina (da pimenta), quássia (*Quassia amara*), azadiractina (nim) e fenilalanina (mucuna), afetam o sistema de digestão, o sistema de biosíntese dos hormônios da ecdise ou a formação da camada de quitina da cutícula do inseto. Esta forma de atuar é mais específica porque está restringida a insetos herbívoros e, portanto, não apresenta toxicidade aos seres humanos ou é mínima, em geral devido a outras substâncias da mesma planta na mistura ou aos ingredientes da formulação. As substâncias antialimentares atuam somente por ingestão. Por exemplo, a salanina, presente nos extratos de nim, provoca uma redução dos movimentos das paredes do intestino e, por consequência, causa uma pronunciada perda de apetite, o que pode finalmente resultar na morte do inseto por inanição.

7. Princípios ativos, modo de ação e uso dos inseticidas botânicos mais populares

Já existem algumas plantas cujos princípios ativos foram exaustivamente estudados e experimentados, e podemos citar como exemplos clássicos os seguintes:

7.1. Piretrinas

Piretro é um pó obtido de flores moídas de *Chrysanthemum cinerariaefolium* (Trevir.) Vis. (Fig. 1) e espécies relacionadas como *C. coccineum* Willd. O piretro foi introduzido na Europa ao redor de 1800 e esteve em uso no mundo ao redor de 1850. A atividade inseticida do piretro é proporcionada por seis ésteres constituintes conhecidos como piretrinas e que são denominados de piretrina I e piretrina II (Fig. 2), jasmolina I e jasmolina II, cinerina I e cinerina II. As piretrinas I e II apresentam-se em maiores quantidades (MATSUMURA, 1976; STROLL, 1986; BUSS & PARK-BROWN, 2002; KATHRINA & ANTONIO, 2004; WIESBROOK, 2004).



Figura 1. Flores de *Chrysanthemum cinerariaefolium* (Asteraceae), que quando moídas constituem o inseticida botânico chamado de piretro.

A azadiractina também pode reduzir a fecundidade das fêmeas e causar esterilidade parcial ou total dos ovos (MARTINEZ, 2002). Quando lagartas de *Anticarsia gemmatalis* são pulverizadas com óleo emulsionável de nim em diferentes concentrações, a fecundidade das fêmeas adultas é levemente reduzida em concentrações acima de 2,25 ml/L, mas a fertilidade é drasticamente afetada, sendo que, não se observa germinação dos ovos depositados pelas fêmeas tratadas com concentração do óleo igual ou superior a 5 ml/L. A eclosão das lagartas do bicho-mineiro do café, *L. coffeella*, a partir de ovos tratados com solução de óleo emulsionável a 1,25 ml/L, é reduzida em mais de 50% (MARTINEZ, 2002).

Essa substância pode apresentar efeito antialimentar, tornando o alimento impalatável aos insetos, como demonstrado para gafanhotos e lepidópteros. Quando os insetos ingerem a azadiractina, param de comer e morrem depois de vários dias. Também atua como repelente, mantendo os insetos afastados das áreas tratadas com nim (CIOCIOLA JR. & MARTINEZ, 2002; MARTINEZ, 2002; KATHRINA & ANTONIO, 2004).

Os derivados do nim afetam ao redor de 400 espécies de insetos pertencentes às ordens Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera, ácaros e nematóides, proporcionando um efetivo controle de várias classes de pragas, entre elas *Bemisia tabaci*, *Liriomyza sativae*, *Spodoptera* spp., *Helicoverpa zea*, *Heliothis virescens* e *Aculops lycopersici*. Estudos realizados em cultivo de tomate, pepino e repolho demonstraram que o extrato aquoso de nim controla com eficiência as larvas de Lepidoptera e insetos sugadores (Tabela 4).

causam repelência de postura, obtendo-se redução superior a 50% no número de ovos depositados quando comparado com plântulas não pulverizadas com nim (MARTINEZ, 2002). Sua interferência no sistema neuroendócrino dos insetos é manifestada por uma desordem hormonal em diferentes etapas do processo de crescimento do inseto, afetando os hormônios da ecdise (ecdisona e 2-hydroxy-ecdisona) e o hormônio juvenil (MARTINEZ, 2002). Assim, os insetos não são capazes de desenvolver-se de maneira normal e resultam deformações do tegumento, asas, pernas e outras partes do corpo (Fig. 13 e 14). A maioria desses efeitos pode ser notada nos estágios larval ou ninfal, quando o nim é efetivamente mais ativo.



Foto: Acervo Embrapa Soja

Figura 13. Efeito de extrato de nim sobre ninfas de *Nezara viridula*. À direita, ninfa normal.



Foto: Martinez (2002)

Figura 14. Efeito de extrato de nim sobre pupas de *Spodoptera littoralis*. À esquerda, forma intermediária larva-pupa e pupa normal à direita.

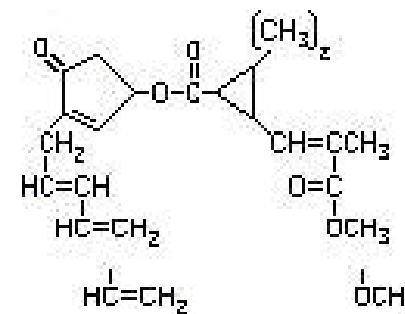


Figura 2. Fórmula estrutural da piretrina II

A maior produção atual está no Quênia, já que nesta região as flores apresentam uma concentração mais alta de piretrinas (1,3% a 3,0%) comparadas com as produzidas em países como Japão ou no leste da Europa. A planta é mais produtiva a altitudes de 1600m e em condições semi-áridas onde o inverno é ameno. Em solos muito fertilizados, a produção de piretrinas é diminuída. O pó puro de piretrinas pode ser usado como inseticida, mas os extratos obtidos com éter, acetona, ácido acético glacial e metanol são mais eficientes. Embora as piretrina derivadas das plantas sejam muito tóxicas e de rápida ação contra os insetos, elas não são muito tóxicas a mamíferos por via oral ou dermal, com DL₅₀ maiores a 1000 mg/kg (Tabela 3) (MATSUMURA, 1976; KATHRINA & ANTONIO, 2004). As piretrinas agem por contato ou ingestão e são ainda muito usadas como inseticida domissanitário, no controle de ectoparasitos em humanos e animais domésticos, aerossóis contra moscas e em grãos armazenados. Seu uso em cultivos agrícolas no campo tem sido limitado por sua baixa atividade residual, o que significa que freqüentes aplicações podem ser requeridas. As marcas comerciais incluem Pyrenone e Pyrellin. Muitos insetos são altamente susceptíveis a baixa concentração das piretrinas. As piretrinas apresentam ação neurotóxica, por interagir com os canais dos íons Na e K presentes na membrana do axônio, prolongando ou impedindo o fechamento normal dos mesmos e, dessa forma, permitindo um fluxo excessivo de íons Na⁺⁺ para o interior da célula nervosa. Por conseqüência, causam hiperexcitabilidade do sistema

nervoso central devido a transmissão continuada e descontrolada de impulsos nervosos, resultando em perda da postura locomotora, paralisia e morte (MATSUMURA, 1976; KATHRINA & ANTONIO, 2004). Os inseticidas sintéticos que mimetizam a ação das piretrinas são conhecidos como piretróides (por exemplo, bifentrina, cyflutrina e permetrina). Como os efeitos tóxicos das piretrinas são reversíveis, os inseticidas comerciais contêm sinergistas, como o butóxido de piperolina, que bloqueiam a metabolismos de desintoxicação dos insetos. As piretrinas têm atividade inseticida contra uma variedade de insetos, como moscas, pulgas, pulgões, tripes, mosquitos, mosca branca, cigarrinhas, lagartas, cochonilhas, besouros, piolho, e contra ácaros (STROLL, 1986; BUSS & PARK-BROWN, 2002; KATHRINA & ANTONIO, 2004; WIESBROOK, 2004).

O preparo caseiro de extratos pode ser feito adicionando 500g de piretro em 200 litros de água, deixar repousar por 30 minutos e misturar 20g de sabão de coco (não detergente), coar e aplicar logo em seguida. Como pó, o piretro pode ser usado com talco ou terra diatomácea como veículo. Apesar de ser de baixa toxicidade para os mamíferos, o contato prolongado do piretro com a pele pode produzir erupções cutâneas e a inalação do pó ou extrato pode causar vômitos e dor de cabeça (STROLL, 1986), portanto, deve-se evitar o contato direto com o produto, usando luvas apropriadas e aconselha-se o uso de máscara em seu manuseio.

7.2. Rotenona

É um composto inseticida (Fig. 3) presente em plantas Leguminosae do gênero *Lonchocarpus* na América do Sul, tais como *L. utilis* (Smith) e *L. urucu* Killip & Smith, onde são popularmente conhecidas como timbó ou cube, em plantas do gênero *Derris* na Ásia, tais como *D. elliptica* (Wallich) Benth e *D. malaccensis* (Benth.) Prain originárias da Malásia e sul da Índia, onde o produto seco é conhecido por derris ou tuba, assim como está presente em outras leguminosas tropicais, tal como as do gênero *Tephrosia* (CAMINHA FILHO, 1940; STROLL, 1986; BUSS & PARK-BROWN, 2002; KATHRINA & ANTONIO, 2004; WIESBROOK, 2004).

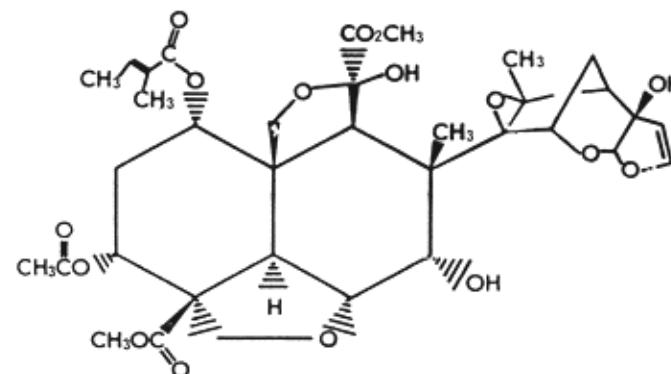


Figura 12. Fórmula estrutural da azadiractina

A azadiractina é suscetível à fotodecomposição e se decompõe com o calor, por isso a hora apropriada para sua aplicação é ao amanhecer ou entardecer. Após 4h de exposição à luz solar, a atividade da azadiractina pode ser reduzida a quase 60%. O efeito residual em geral dura de 2 a 7 dias (CIOCIOLA JR. & MARTINEZ, 2002; MARTINEZ, 2002).

Efeitos principais do nim contra pragas

Nimbina e salanina causam principalmente efeitos repelentes e antialimentar em vários insetos das ordens Coleoptera (adultos), Hemiptera (adultos) e Orthoptera. Nimbina tem também uma forte ação de repelência aos nematóides (CHITWOOD, 1992; CIOCIOLA JR. & MARTINEZ, 2002; MARTINEZ, 2002; NEVES et al., 2003).

A azadiractina e seus derivados causam, geralmente, inibição de crescimento e alteram a metamorfose de larvas de Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera e Diptera e ninfas de Orthoptera. Atua como antialimentar, principalmente em adultos de Coleoptera, Hemiptera e Orthoptera. É também repelente ou deterrente de oviposição e regulador de crescimento em diferentes ordens de insetos (RUSCOE, 1972; REMBOLD et al., 1982; MARTINEZ, 2002). A repelência de postura foi observada em alguns insetos, como no bicho-mineiro do café, *Leucoptera coffeella*. O óleo emulsionável (1,25 ml/L) e os extratos aquosos de folhas (20%) e de sementes (1,5%) quando pulverizados sobre plântulas de café

comestíveis. O preparado é extremamente amargo, estável e persistente (STROLL, 1986).

7.7. Azadiractina

É um princípio ativo de amplo espectro de ação derivado de diferentes partes da planta *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae), que é conhecida popularmente como nim, sendo originária da Índia. O cultivo dessa planta vem sendo disseminado por outros continentes. No Brasil já existem plantações dessa árvore em algumas regiões, como nordeste, centro-oeste e sul do país (MARTINEZ, 2002). É a espécie botânica atualmente mais estudada e destaca-se por sua alta eficiência e baixíssima toxicidade. A toxicidade oral e dermal em mamíferos é muito baixa, sendo a DL_{50} oral de 13.000 mg/kg, bem superior a do piretro, rotenona e nicotina, e a LD_{50} dermal > 10.000 g/kg (Tabela 3). Não tem sido encontrada resistência ou tolerância a esse composto depois de vários anos de uso. Os efeitos secundários sobre os predadores e parasitóides variam dependendo da espécie, concentração e do produto (STARK et al., 1992; SCHMUTTERER, 1997; SILVA et al., 2001). Os inseticidas naturais de nim são biodegradáveis, portanto não deixam resíduos tóxicos nem contaminam o ambiente. Por sua natureza, os extratos de nim são mundialmente aprovados para uso em cultivos orgânicos (CIOCIOLA JR. & MARTINEZ, 2002; MARTINEZ, 2002).

Durante os últimos anos, 25 diferentes ingredientes ativos do nim foram descobertos e pelo menos nove afetam o crescimento ou comportamento dos insetos. Os ingredientes típicos do nim são os triterpenóides, também chamados de limonóides, dos quais a azadiractina (Fig. 12), nimbina e salanina são os mais importantes, com efeitos específicos nas diferentes fases de crescimento dos insetos. Todas as partes da planta possuem esses ingredientes, porém a composição entre os mesmos depende da região da planta, e portanto, os efeitos dos extratos variam segundo a matéria prima. Geralmente, a concentração desses três ingredientes é mais alta nas sementes, porém depende das condições ambientais e do tratamento durante o processamento, o despulpamento, a secagem e armazenamento das sementes (CIOCIOLA JR. & MARTINEZ, 2002; MARTINEZ, 2002).

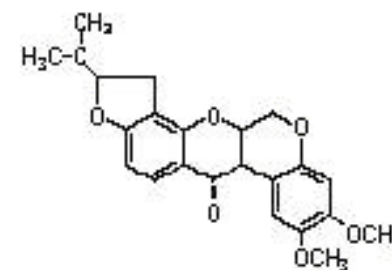


Figura 3. Fórmula estrutural da rotenona

A rotenona é altamente tóxica para peixes, sendo muito utilizada pelos indígenas para pescar (CHACON, 1973). É extraído das raízes mediante solventes orgânicos como o éter e a acetona. Suas características inseticidas foram reconhecidas desde o século XIX (CAMINHA FILHO, 1940). Para preparar os inseticidas comerciais se utiliza a resina extraída das raízes com a qual se preparam concentrados líquidos ou formulados em pó inertes ou outros veículos. A síntese da rotenona já é mais elaborada, não sendo viável comercialmente, e, neste caso, as raízes das plantas foram bastante comercializadas como inseticida. Assim, as raízes de *Lonchocarpus* e *Derris* podem ser secadas, pulverizadas ou misturadas diretamente com o veículo para produzir uma formulação em pó.

A rotenona interrompe o metabolismo energético nas mitocôndrias, interferindo na produção de adenosina trifosfato (ATP), por inibir o transporte de elétrons, uma vez que atua como inibidor da enzima $NADH_2$ -desidrogenase glutâmica da cadeia respiratória. Como a fosforilação oxidativa (um dos processos de formação do ATP) está acoplada ao transporte de elétrons, obviamente, o ATP não é produzido na presença da rotenona, o que leva a redução das taxas respiratória e cardíaca (MATSUMURA, 1976; KATHRINA & ANTONIO, 2004). É moderadamente tóxica para os mamíferos e o valor da toxicidade oral e dermal com base na DL_{50} é de 60 mg/kg e 1000 mg/kg, respectivamente (PACAN & LOUSTALOT, 1949; KATHRINA & ANTONIO, 2004) (Tabela 3). Os sintomas em insetos afetados incluem a rápida parada de alimentação, perda das funções locomotoras, paralisia e a morte ocorrem em pouco tempo

(várias horas a poucos dias após a exposição); todavia, ela age mais lentamente dos que os demais inseticidas botânicos. A rotenona apresenta amplo espectro de ação por contato e ingestão, mas decompõem-se rapidamente pela ação da luz e calor, apresentando curto período residual (uma semana a menos). Não é tóxica para as abelhas e moscas predadoras de pulgões (Syrphidae), mas é tóxica para peixes, joaninhas e ácaros predadores, e em geral não é fitotóxica. É usada contra besouros que se alimentam de folhas e frutos, tais como *Leptinotarsa decemlineata* (besouro do Colorado) e as vaquinhas *Diabrotica* e *Acalymma*, mas também tem atividade inseticida contra lagartas, tripes, piolho, mosquitos, pulgões, ácaros, carrapato, pulgas, moscas e formiga lava-pé. A rotenona pode ser misturada com piretrinas ou butóxido de piperonila para melhorar sua eficiência. É comumente vendida como um pó a 1% ou pó molhável a 5%. Nomes comerciais incluem Bonide Rotenone, Rotenone/Pyrethrum Spray (MAKLOUF, 1986; STROLL, 1986; BUSS & PARK-BROWN, 2002; KATHRINA & ANTONIO, 2004; WIESBROOK, 2004).

O preparo caseiro de extratos a base de rotenona, a partir de *Derris* spp., consiste em misturar 1 kg de raízes de 1cm, lavadas e cortadas em pedaços ou transformadas em pó, a 100 litros de água e 500g de sabão. Deixar descansar por 24h, filtrar e aplicar sobre as plantas. No caso de *Lonchocarpus* (timbó), preparar uma emulsão juntando 100g de sabão com 1 litro de água e adicionar 1 colher (de chá) de soda cáustica. Levar ao fogo, mexendo bem com uma colher de pau, até a completa dissolução. Retirar do fogo e deixar esfriar até ficar morno. Juntar 60 gramas de pó de raiz de timbó e 10 litros de água fria, coar e aplicar sobre as plantas logo em seguida (STROLL, 1986; GUEDES, 2001). Para controle de formigas cortadeiras (*Atta* spp.), recomenda-se aplicar 10g de pó de timbó no olheiro principal do formigueiro (FERNANDES et al., 2005). Embora moderadamente tóxica para os mamíferos por via oral e dermal, o contato prolongado com o pó de derris também pode causar erupções cutâneas e, portanto, deve ser evitado o contato direto com o produto, usando luvas apropriadas. Aconselha-se também o uso de máscaras, pois se o pó ou extratos de derris é inalado por

Pesquisadores da Índia descobriram a atividade inseticida do quassin contra vários tipos de insetos (pulgões, ácaros e lagartas em geral, *Plutella xylostella*, *Leptinotarsa decemlineata* e *Diaphania hyalinata*), incluindo os mosquitos, mas não tem efeito sobre *Myzus persicae*, *Cydia pomonella* e *Epilachna varivestis* (STROLL, 1986; EVANS & RAJ, 1991). Quassin inibe a atividade da tyrosinase em larvas de *Culex quinquefasciatus*, e sabendo que essa enzima está diretamente envolvida na esclerotização da cutícula, é sugerido que quassin age como um larvicida por inibir desenvolvimento da cutícula (EVANS & KALEYSA, 1992). Estudos de toxicidade desenvolvidos com ratos e camundongos não demonstraram toxicidade oral em dosagens de até 1g/kg de peso vivo (GARCÍA-GONZÁLEZ et al., 1997). Os quassinóides apresentam ação de contato e ingestão, mas também têm ação sistêmica quando os extratos são preparados a partir das raízes, sendo os princípios transportados até as folhas, onde agem como veneno estomacal contra os insetos, especialmente os sugadores. Esses alcalóides são altamente solúveis em água e, por ter ação sistêmica, podem ser usadas como extratos aquosos aplicados no solo (ROARK, 1947; STROLL, 1986). Joaninhas predadoras e abelhas não são afetadas pelos extratos de quássia (ROARK, 1947).

Os extratos devem ser usados imediatamente após seu preparo. Desde que os princípios ativos variam com o local e método de preparação, é aconselhável testar localmente para descobrir as quantidades ótimas e o método de preparo mais adequado (JACOBSON, 1975). Soluções saponáceas podem ser preparadas de duas maneiras. Pode-se misturar 500g de partes vegetativas de quássia secas e moídas com 500g de sabão em 20 litros de água. Ferver durante 2 horas. Filtrar e adicionar mais 20 litros de água. Aplicar logo em seguida, sendo eficiente no controle de pulgões, ou então, ferver 500g de partes vegetativas secas e moídas de quássia com 10 litros de água, deixar esfriar e repousar durante 1 dia e então filtrar. Separadamente, preparar uma solução com 2 kg de sabão em 5 litros de água. No momento da aplicação misturar as duas soluções e completar para 100 litros. Os preparados de quássia não devem ser aplicados em plantas com frutos ou folhas

VILLALOBOS et al., 1999). *Q. amara* é popularmente conhecida como amargo, uma vez que sua casca contém muitos constituintes e fitoquímicos de sabor amargo, sendo 50 vezes mais amargo do que o quinino. Amargo é um pequeno arbusto que cresce de 2 a 6 m de altura e é nativo do nordeste do Brasil, Venezuela, Suriname, Colômbia, Argentina, Panamá e Guiana. Os alcalóides quassin (Fig. 11) e neo-quassin são os de maior atividade inseticida. A maior concentração de quassin é encontrada na madeira, mas pequenos teores são encontrados nas raízes e folhas (STROLL, 1986).



Figura 10. Flores e folhas de *Quassia amara*.

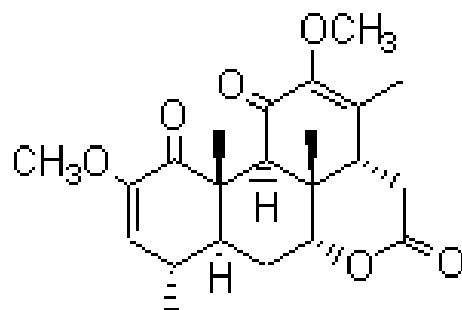


Figura 11. Fórmula estrutural da quassin

um determinado período pode provocar sensação de entorpecimento dos lábios, língua e garganta (STROLL, 1986).

7.3. Nicotina

É um alcalóide derivado de várias plantas, principalmente *Nicotina tabacum*, *N. rustica*, *N. glutinosa* e outras Solanaceae (Fig. 4). Os extratos de folhas de *N. tabacum* e *N. rustica* apresentam uma concentração de 2-5% e 5-14% de nicotina (Fig. 5), respectivamente (KATHRINA & ANTONIO, 2004).



Figura 4. Plantio de fumo (*Nicotiana tabacum*)

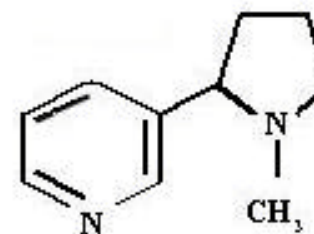


Figura 5. Fórmula estrutural da nicotina

Os extratos do fumo foram usados desde 1690 na Inglaterra para matar insetos. Em 1890, a nicotina foi reconhecida como o principal ingrediente ativo (KATHRINA & ANTONIO, 2004). Este composto pode ser extraído do fumo por álcali e destilação a vapor ou por extração com benzeno, éter e tricloroetileno.

A nicotina é neurotóxica, sendo uma substância estruturalmente semelhante a acetilcolina, o principal neurotransmissor excitatório no sistema nervoso central dos insetos. A nicotina é, portanto, um agonista (análogo) da acetilcolina, e assim, imita a sua ação, competindo com a acetilcolina pelos seus receptores presentes na membrana pós-sináptica. Ao contrário da ligação natural da acetilcolina com esses receptores, a ligação dos mesmos com a nicotina é persistente, uma vez que é insensível a ação da enzima acetilcolinesterase (enzima responsável pela degradação da acetilcolina). A ativação dos receptores da acetilcolina pela nicotina é, portanto, prolongada de modo anormal, causando hiperexcitabilidade do sistema nervoso central devido a transmissão contínua e descontrolada de impulsos nervosos, causando tremores e paralisia (MATSUMURA, 1976; KATHRINA & ANTONIO, 2004). A DL₅₀ oral para mamíferos é de 3188 mg/kg e a DL₅₀ dermal 50-60 mg/kg (KATHRINA & ANTONIO, 2004) (Tabela 3). É um dos inseticidas botânicos mais tóxicos aos seres humanos, sendo facilmente absorvido pelos olhos, pele e mucosa. Equipamento de Proteção Individual (EPI) é essencial quando usar um produto a base de nicotina. Os produtos usualmente comercializados apresentam, na formulação líquida concentrada, 40% de sulfato de nicotina, sendo diluído em água e pulverizado. Tem sido utilizado como fumigante em casa-de-vegetação e apresentam ação de contato quando pulverizado contra insetos sugadores, especialmente insetos de corpo mole, como pulgões, mosca branca, cigarrinhas, tripes e ácaros. Nicotina é mais efetiva quando aplicada em tempo quente, em geral a 30°C (STROLL, 1986; BUSS & PARK-BROWN, 2002; KATHRINA & ANTONIO, 2004; WIESBROOK, 2004).

O preparo caseiro consiste em verter 7 litros de água fervente sobre 500 gramas de talos e folhas frescas de fumo e adicionar 50 gramas de sabão de coco (não usar detergente). Deixar a mistura

(Myridae)] (STROLL, 1986; BUSS & PARK-BROWN, 2002; KATHRINA & ANTONIO, 2004; WIESBROOK, 2004).

A rianodina tem um modo de ação bastante particular, por ligar-se irreversivelmente os canais de cálcio das fibras musculares, que permanecem abertos, deixando os íons Ca⁺⁺ livres para inundar o interior das fibras, induzindo a contração dos músculos esqueléticos e causando paralisia muscular (KATHRINA & ANTONIO, 2004). A toxicidade oral em mamíferos (DL₅₀) é de 1000 mg/kg e a dermal é de 4000 mg/kg (Tabela 3). Apresenta ação de ingestão contra os insetos, causando parada de alimentação logo após a ingestão. Exerce um melhor controle de lagartas, como *Cydia pomonella*, lagarta do repolho e lagarta do milho, mas também tem atividade inseticida contra uma variedade de insetos, como tripes em citros e cebola, besouros (vaquinhas), percevejos, mosca branca e pulgão, mas não tem atividade contra ácaros (STROLL, 1986; BUSS & PARK-BROWN, 2002; KATHRINA & ANTONIO, 2004; WIESBROOK, 2004). A rianodina age lentamente, mas é altamente efetivo, até mesmo quando o inseto não parece ter sido imediatamente afetado. A alimentação, o movimento e a reprodução cessam gradualmente após contato com essa substância (JACOBSON, 1975). Marcas comerciais incluem Ryan 50, Ryania dust, Triple Plus e Veratran D.

Ryania pode ser usada como pó ou extrato. O pó é solúvel em água, álcool, clorofórmio, acetona ect. Depois de várias extrações em um solvente, torna-se muito estável e é 700 vezes mais efetivo do que no material da planta original. Raízes, folhas e ramos são secados e finamente moídos e misturados com um ingrediente inerte, tal como talco ou barro. O extrato consiste em misturar 30-40 g de pó de ryania (talos e raízes) em 7-8 litros de água, dissolver e em seguida aplicar em hortas a cada 10-14 dias (JACOBSON, 1975; STROLL, 1986).

7.6. Quassinóides

São alcalóides presentes nos tecidos de *Quassia amara* L. (Simaroubaceae) (Fig. 10), que são usados no preparo de extratos medicinais e inseticidas (EVANS & RAJ, 1991; DAIDO et al., 1993;

Foto: T. Croat.



Figura 8. Flores e folhas de *Ryania speciosa*

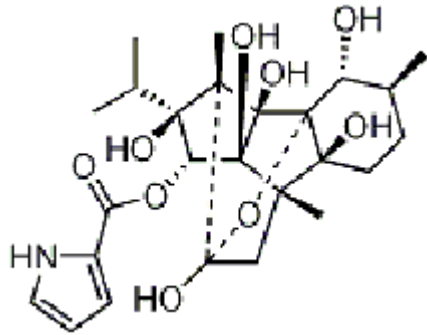


Figura 9. Fórmula estrutural da rianodina

A maioria das formulações comerciais é em pó (50% de pó de riania), embora os alcalóides possam ser extraídos em água, álcool, acetona, éter e clorofórmio para produção de formulações líquida ou pó molhável. A rianodina é mais estável do que a piretrina e rotenona e, portanto, tem atividade residual mais longa, proporcionando até duas semanas de controle após a aplicação, mas é mais seletivo. Não é tóxico para predadores e parasitóides; todavia, testes recentes têm comprovado sua ação tóxica sobre percevejos predadores [*Atractotomus mali* e *Diaphnocoris* spp.

descansar, cobrindo-o com um pano durante 24 horas e em seguida filtrar a mistura e aplicá-la imediatamente. Na prática, costuma-se utilizar o fumo em corda, que é triturado e extraído com solução hidroalcolica ou aquosa para borrifar as plantas atacadas por insetos. Assim, utiliza-se 100 gramas de fumo em corda, cortado em pedacinhos, e adicionar 0,5 litro de álcool mais 0,5 litro de água deixando curtir por 15 dias. Decorrido esse tempo, dissolver 100 gramas de sabão neutro em 10 litros de água e juntar com a mistura já curtida de fumo e álcool. Pulverizar nas plantas, nesta concentração, quando o ataque de pragas é intenso ou diluir até 20 litros de água no caso de baixa infestação de pragas. Depois da aplicação de extratos de nicotina sobre as plantas comestíveis, deve-se esperar um período de degradação biológica do produto de 3 a 4 dias.

7.4. Cevadina e Veratridina

São compostos derivados das sementes maduras de sabadila, conhecida botanicamente como *Schoenocaulon officinale* (Liliaceae) (Fig. 6), um lírio perene, de até 50 cm de altura, tropical e cresce na América Central e Sul. Peru e Venezuela são os principais produtores e fornecedores de sabadila (STROLL, 1986). A sua atividade inseticida provém da fração de alcalóides, a qual constituiu de 3-6% do extrato. Os alcalóides lipofílicos cevadina e veratridina (Fig. 7a,b) são os de maior atividade inseticida, sendo que o veratridina tem maior potencial inseticida (KATHRINA & ANTONIO, 2004).

Sabadila apresenta amplo espectro de ação de contato e ingestão, afetando a transmissão axônica dos impulsos nervosos, de modo similar as piretrinas (KATHRINA & ANTONIO, 2004). Os insetos afetados apresentam paralisia e morrem em pouco tempo. É um dos inseticidas botânicos menos tóxicos aos mamíferos (Tabela 3), mas são muito irritantes para a pele e mucosas dos humanos.



Figura 6. Estruturas botânicas de *Schoenocaulon officinale*.

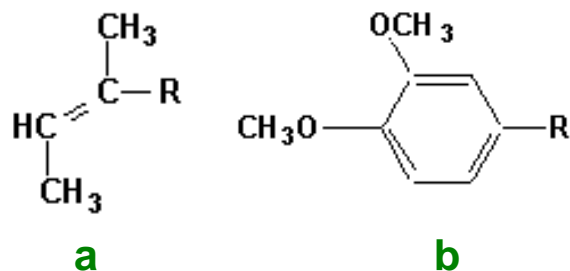


Figura 7. Fórmula estrutural dos principais alcalóides da sabadilla: a. cevadina; b. veratridina.

As sementes devem ser aquecidas ou tratadas com álcali para ativar os alcalóides (ROARK, 1947). Os alcalóides ativos podem ser extraídos a calor e usados em aspersão ou aplicados como pó em veículos inertes. Os extratos devem ser armazenados no escuro para evitar sua deterioração porque são rapidamente degradados pela luz solar e chuva, sem deixar resíduos tóxicos. Recomenda-se que as sementes de sabadilla sejam usadas até 24h depois de colhidas. São muito efetivas contra percevejos como *Blissus*

leucopterus, e também ativas contra lagartas, cigarrinhas, tripes, besouros e moscas, mas não têm atividade inseticida contra pulgões e ácaros. Tem pouco efeito tóxico sobre insetos predadores e parasitóides, mas testes recentes têm mostrado sua ação tóxica sobre ácaros predadores (*Typhlodromus pyri*). É altamente tóxico para as abelhas por ação de contato, devendo ser utilizado ao entardecer, após as abelhas terem retornado para suas colméias. Produtos comerciais incluem Concern, Red Devil Dust, Natural Guard e Veratran. Formulações incluem isca, pó e extratos (STROLL, 1986; BUSS & PARK-BROWN, 2002; KATHRINA & ANTONIO, 2004; WIESBROOK, 2004).

A toxicidade das sementes moídas pode ser obtida quando são aquecidas. A aplicação de calor às sementes moídas e tratadas com carbonato de sódio (soda cáustica) antes da extração também aumenta a toxicidade de compostos inativos a um grau considerável. O tratamento com carbonato de sódio (soda cáustica) e tratamento a calor a uma temperatura de 60°C é suficiente para produzir uma combinação inseticida efetiva. Cal e cinza de madeira também podem ser usadas para alcalinizar a solução (ALLEN et al., 1944; ROARK, 1947).

7.5. Rianodina

Os preparados inseticidas a base de rianodina são derivados dos talos e raízes de *Ryania speciosa* Vahl (Flacourtiaceae) (Fig. 8), que contém de 0,16-0,20% de alcalóides de propriedades inseticidas e é nativa da América do Sul (KATHRINA & ANTONIO, 2004). A principal produção provém de plantas cultivadas em Trinidad. Tem sido usada nos Estados Unidos desde 1940. Dos onze compostos alcalóides identificados nos extratos dessa planta, os mais abundantes e os mais tóxicos são rianodina (Fig. 9) e 9,21-deshidrorianodina (KATHRINA & ANTONIO, 2004).