

植物杀虫剂成分及作用机理

(讲 义)

赵善欢 曾鑫年 胡美英 主编

华南农业大学植保系昆虫毒理研究室

一九九五年九月·广州

前言

这门课是根据我校昆虫毒理研究室各位教师及研究生十余年来从事杀虫植物研究取得的成果以及国内外有关的研究报道综合整理而开设的。除讲课及讨论外，还配有几个实验项目，与讲课内容紧密结合。开设这门课的目的是尽快尽力帮助中青年教师及研究生掌握这门课的最新知识及进展动态，并通过讲课、实验、讨论及研究一系列活动，让他们充分发挥独立思考、独立工作的能力，更好地施展他们的才干，共同把这门课搞好，使这门课的内容不断得到更新、丰富和发展。总结起来，大家已做了不少工作，并且都认为有所收获。这门课第一次开设我只讲授了二次，其他内容分别由邱宇彤、胡美英、徐汉虹等各位中青年同志主讲，这是我开设研究生课程历四十余年中首次作出革新教学方法的尝试，这也可说是一项教学改革吧。最近曾鑫年同志加入到此门课程的教学当中，并为本教材的编印付出了辛勤劳动。在大家共同参予讲课的基础上，还着重加强这门课每个专题内容的讨论，此外，在考试及考查方法上也作了新的规定。每位中青年教师讲课前都备好课，我分别给他们修正讲稿。我们计划过一些时间，将出版“杀虫植物的成分及作用机理”的一本专书，籍以抛砖引玉，让国内从事植保及农药工作的广大人员对杀虫植物的应用前景加深认识，我国杀虫植物资源丰富，开发的潜力巨大。国内不少单位已具备充实的力量（包括科技人员和研究设备），完全有可能藉助先进的化学及生物研究手段，对国产杀虫植物开发进行广泛深入的研究，从中筛选出应用价值较高的植物品种，就地采集加工利用。同时，还结合探求一些效果突出或作用特异、且较易于模拟合成的活性成分，进行创制新类型化学农药的研究，走我国自己独特的发展农药事业的道路，同时也为世界各国的同行工作者提出我们自己应有的贡献。

华南农业大学植保系昆虫毒理室

赵善欢 教授、院士

一九九五年六月

目 录

前 言

第一章	楝科植物杀虫剂 (赵善欢)	1
第二章	豆科植物杀虫剂 (邱宇彤)	12
第三章	卫茅科植物杀虫剂 (邱宇彤)	20
第四章	杜鹃花科植物杀虫剂 (胡美英)	31
第五章	唇形花科植物杀虫剂 (邱宇彤)	49
第六章	菊科植物杀虫剂 (乐海洋)	59
第七章	植物精油的化学与杀虫活性 (徐汉虹)	68
第八章	生物碱类杀虫剂 (罗万春)	95
第九章	其他杀虫植物 (曾鑫年)	111
第十章	植物质杀虫剂与合成杀虫剂的比较 (赵善欢)	121
第十一章	植物质杀虫剂的开发前景 (赵善欢)	124
第十二章	植物质杀虫剂试验研究方法 (曾鑫年)	126

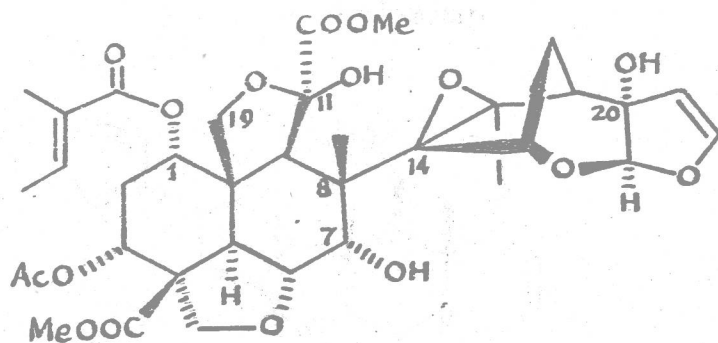
第一章 楝科植物杀虫剂

赵善欢

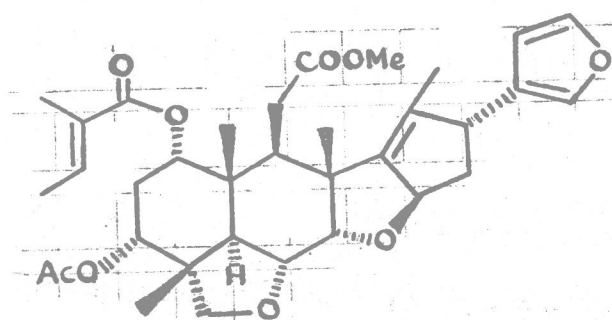
可供杀虫用的楝科植物的种类是比较多的。全世界共有50属，500余种，中国的楝科共有15属，64种。广东记载有33种。从楝科植物中已分离出超过300种柠檬素化合物(Limonoids)，其中一部分对昆虫的活性是比较高的。最近Siddipui等(1993)在第四次国际印楝会议上报道，从印楝植株的各部分已分离出100余种化合物。就全世界植物源杀虫剂来说，迄今已报道的，印楝应列居第一位。关于印楝的专门国际会议已召开四次，有关的文献很多，德国H. Schmutterer教授计划最近出版一本专著。

印楝 (*Azadirachta indica* A. Juss)

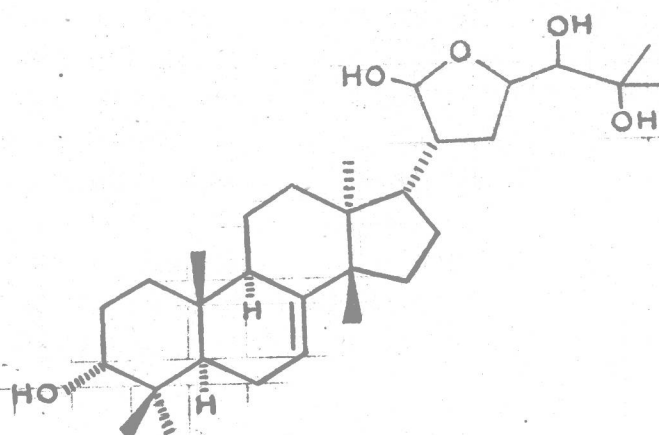
印楝是一种乔木，分布很广，生长在热带和亚热带，海拔700米的高地上也可生长。在印度及亚洲另一些国家出产最多。我国于1986年在海南省一些地区及广东省徐闻县首次成功地从国外引种印楝，生势良好。在非洲、美国、中美洲、南美洲及澳洲等地也都已引种成功。最近报道，用组织培养法已能大量繁殖印楝种苗。印楝的杀虫有效成分主要存在种子里，在树皮及叶片中亦有微量活性成分，每株印楝树一年的结果量最多达50公斤，产于不同地区的印楝杀虫有效成分含量不同，表现有明显的生态型。一般每公斤种核含印楝素1~8克，但在塞内加尔产的种核每公斤含印楝素可高达9克。印楝种子含有多种杀虫物质，但主要是4种四环三萜类化合物，或称为柠檬素类化合物，它们是印楝素Azadirachtin、Salannin、Meliantriol及Nimbin。它们的分子化学结构是相似的，分子大，结构复杂，因此难于人工合成。



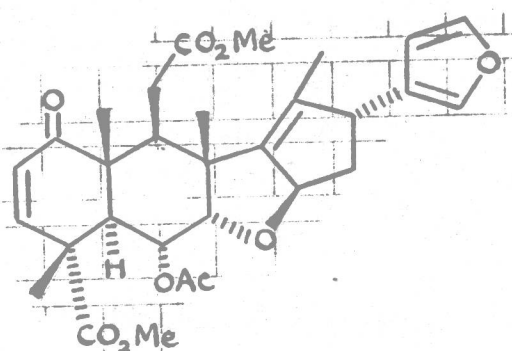
印楝素 (Azadirachtin)



salannin

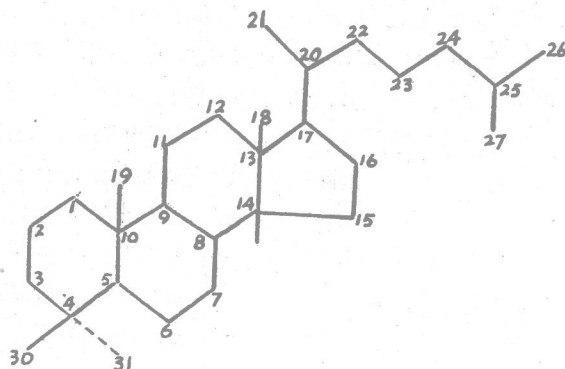


meliantrial



nimbin

四环三萜类化合物: 具有四环三萜结构的化合物除含有 C_{30} 外, 也有含有 C_{31} 或 C_{32} 的衍生物。其分子结构中大多数具有环戊烷骈多氢菲的基本母核, 侧链上有8个碳原子, 母核上有5个甲基, C_{10} 为角甲基。



四环三萜的基本结构

(周荣汉 1988 《药用植物化学分类学》
上海科学技术出版社 第143页)

印楝素——是第一个从印楝素种子分离出来的高效化合物, 对害虫防治广谱性强, 但作用缓慢, 属于缓效型类杀虫剂, 具有特别显著的拒食、忌避及生长发育抑制作用。此外, 对一些害虫具有不育、改变昆虫行为及内吸毒杀作用。例如用于飞蝗防治上的作用, 可以使它从群居型变为散居型, 这是很突出的。具体来说, 印楝种子抽提物 (主要有效成分是印楝素) 对不同的昆虫有如下的作用:

- (1) 破坏或干扰卵、幼虫或蛹的生长发育;
- (2) 阻止若虫或幼虫的蜕皮;
- (3) 改变昆虫的交尾及性行为;
- (4) 对若虫、幼虫及成虫的拒食作用;
- (5) 阻止成虫产卵及破坏卵巢发育;
- (6) 使成虫变为不育 (例如对马铃薯甲虫);
- (7) 胃毒及触杀作用;
- (8) 内吸毒杀作用 (例如对水稻飞虱及叶蝉、麦二叉蚜、烟草天蛾幼虫等)。

最近研究结果表明,印楝素的作用机理主要是作用于昆虫神经内分泌系统,降低蜕皮激素的释放量,作用于咽侧体、心侧体及脑细胞的神经肽,此外,还可阻止表皮几丁质的形成。印楝素不影响胆碱酯酶活性,因此对人及其他高等动物是安全的。

应用含很低浓度印楝素(0.001%)的印楝种子水悬浮液处理寄主植物,对沙漠飞蝗(*Schistocerca gregaria*)即有明显的拒食作用。总的来说,印楝产品可防治的害虫在200种以上,对卫生害虫如蚊幼虫的防治有特效。但对一些害虫如蚧壳虫是无效的,印楝树本身也受一些害虫为害。到目前为止,国际市场上已有商品化的印楝素产品达10余种,如美国生产的“Margosan-0”及印度生产的“Neemark”等,印楝种核的各种溶剂(一般用甲醇)抽提物对多种昆虫具有活性,甚至用水抽提作成悬浮液,亦可应用来杀虫,而且对害虫天敌比较安全,不易产生抗药性,这些特点在实践中已得到证明。

印楝种子含有丰富的印楝油。印度每年可生产印楝油83,000吨。来自不同地区的印楝油,其杀虫效力与其印楝素含量有关。印楝油制成乳剂,可防治多种农作物害虫。在贮粮害虫防治上,印楝油对豆象的防治效果可持续达半年之久,而且对人安全。水稻上喷25%印楝油乳剂,可有效地防治飞虱等害虫。

长期喂食含印楝油的饲料,可使小白鼠肝肾受到损害。但在害虫防治上实际使用的浓度,对人还是安全的。

关于印楝的研究报道,可参考最近出版的普及本“Neem—A Tree for Solving Global Problems 1992 National Academy Press, Washington, D. C.”及 H. Schmutterer 的专著“Neem Monograph”1995。

其他文献选录于这章之后,到1993年召开过四次国际印楝会议。会议后都出版有论文专集(Proceedings),是重要的参考文献。我国海南省及广东省湛江地区,可选择适当地点大量种植印楝,其发展前途是十分广阔的。

苦楝 (*Melia azedarach* L.)

苦楝分布于世界上许多国家,有不少变种或地理亚种。我国广东、海南等省有不少农村,在公路的两旁或居民点都可见成片的苦楝树。在海南省国营农场的居民点种植苦楝更为普遍。在海南省种植的苦楝是速生树种,4—5年可成材。苦楝的根皮、叶及果实都含有杀虫活性成分,特别集中于果实中。现已分离出数十种四环三萜类化合物,其中一些化合物含量虽极少,但对害虫的药效仅次于印楝素。这些化合物通称为Meliacarpins。(见图1-1)试验证明,这些化合物对墨西哥瓢虫(*Epilachna varivestis*)及荔枝蜡蛾(*Tessarotoma papillosa* Drury)有破坏生长发育、引致畸形的作用(见图1-2)。华南农业大学昆虫毒理研究室曾对苦楝种核进行多方面的研究。1984年该室根据已有的研究成果,编写了《楝科种核杀虫有效成分的提取及其对农业害虫的忌避和拒食作用》的一份研究报告。近年来,我们又曾和中国科学院上海药物研究所合作,进行了苦楝种核化学成份及活性研究。

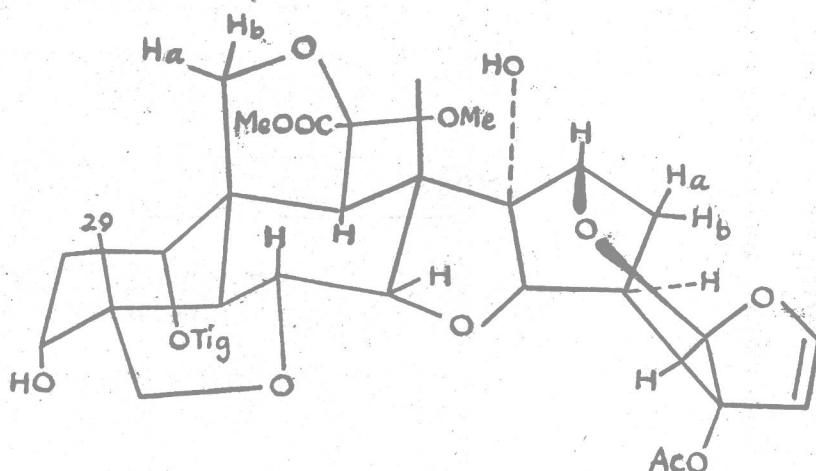


图1—1 1, tigloyl-11-methoxy-20-acetylmeliacarpin
(from *Melia azedarach*)

结果表明, 苦楝的树皮如同川楝种核一样含有较多量的川楝素(Toosendanin), 因而苦楝也成为川楝素来源之一。结果还发现苦楝种核含有的一个新化合物, 名为Melianoniol (Han et al, 1991)。

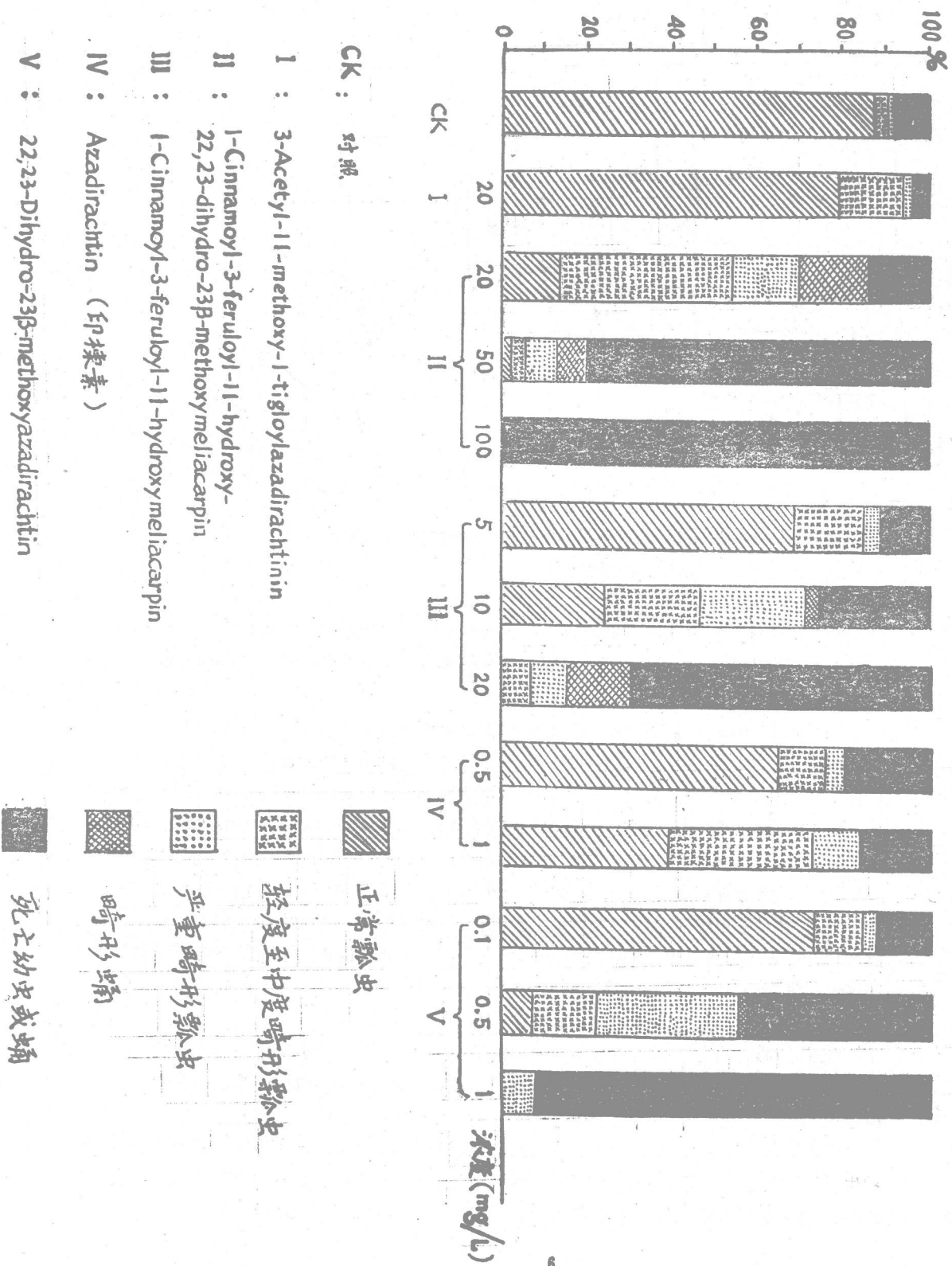
我们应用苦楝种核抽提物对多种农业害虫、仓库害虫、家白蚁及松突圆蚧等进行了系列活性测定试验研究。取广州地区产的苦楝果, 分别用氯仿和乙酸乙酯进行抽提, 所得的活性成分基本相同, 只是量的差异。这些溶剂的抽提物再用氯仿萃取, 经柱层析分离得到一个组分CB-2, 初步证明对草地夜蛾 (*Spodoptera frugiperda*) 及烟草夜蛾 (*Heliothis virescens*) 幼虫具有很高的杀虫活性及生长发育抑制作用, 使用此组分 50mg/L 的药液处理幼虫, 死亡率达80%, 存活的幼虫体重显著减少(胡美英, 1990未发表)。

2%苦楝种核甲醇抽提物对为害小麦的粘虫 (*Mythimna separata*) 高龄幼虫 (5-6 龄) 具有显著的拒食效果。室内用非选择性方法试验, 此抽提物的拒食活性与质量高的印楝油 (每毫升含印楝素400 μg 相同, 拒食率达60.7%, 对高龄幼虫有如此高效是值得注意的(赵善欢、黄彰欣等, 1984)。

苦楝木材对家白蚁 (*Coptotermes formosanus*) 有显著的拒食作用和毒杀作用, 室内结果, 白蚁死亡率达100%。由于苦楝木材具有抗御白蚁的性能, 适于作为制作家具及房屋建筑之用。

产于海南省三亚府城附近一带的苦楝, 其种子对害虫的毒力特别强, 这可能代表一种生态型。其氯仿抽提物对斜纹夜蛾 (*Prodenia litura*) 五龄幼虫的拒食中浓度 (AFC₅₀) 为0.057%, 而产于贵州沿河地区的苦楝种子则为0.16% (王义, 1988)。

图 1-2. 印楝和苦楝的有效成分对麦西哥大豆瓢虫 (*Epilachna varivestis*) 的影响 (W. Kraus et al, 1985)



苦楝种核含有约10%脂油，苦楝油对于高等动物也有一定的毒性，但在农作物害虫防治应用上对人是安全的；苦楝油乳剂对柑桔木虱 (*Diaphorina citri*) 成虫具有显著的忌避作用，因此可以同时用于控制黄龙病的发生。苦楝油乳剂对抗药性品系的柑桔全爪螨 (*Panonychus citri*) 具有显著的触杀作用，大田试验结果表明，喷施0.25~0.5%苦楝油乳剂，防治效果可达94%，但对天敌捕食螨 (*Amblysius. newsami*) 则比较安全。苦楝油的油脂其中皂化部分对害螨防治有效，而非皂化部分则无效 (魏喜葵等, 1989)。

川楝 (*Melia toosendan* Sieb et Zucc)

川楝分布于我国西南各省，其分布区域不及苦楝那样广泛。川楝的树型与苦楝相似，但其果子较大 (川楝近球形，长2.5~4cm，宽2~3cm，而苦楝果为椭圆形，长1.5~2cm)，而树皮的形态与苦楝不同。川楝化学成分的特点是在树干韧皮部及根皮中含有川楝素 (Toosendanin)，此化合物的结构经由舒国钦等作出鉴定 (舒国钦, 1980)，它的结构和Sendanin相似，只少了一个乙酰基 (图1-3)。川楝树皮中川楝素的含量为苦楝的2~3倍。川楝素的一些衍生物如川楝素脲对昆虫有较高的活性，而粗品川楝素制剂 (含川楝素75%左右) 比纯川楝素的活性更高。最近陈文奎等从粗品川楝素中分离出活性很高的化合物。

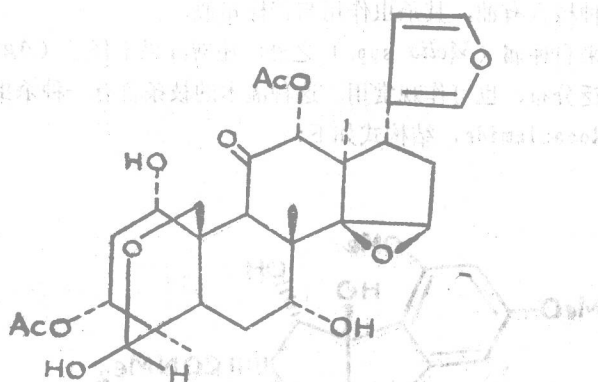


图1-3 川楝素 (Toosendanin)

川楝素对昆虫具有胃毒、拒食及生长发育抑制作用，而没有触杀及熏杀作用。值得注意的是：根据室内试验结果，它对水稻三化螟初孵幼虫具有显著的内吸毒杀作用 (赵善欢等, 1982)。川楝素对斜纹夜蛾幼虫的拒食作用比较突出，然而在非选择性和选择性两种不同条件下拒食效果差异很大。用1%川楝种核甲醇抽提物处理斜纹夜蛾五龄幼

虫, 选择性条件下的拒食率为99.6%, 而非选择性的则为37.7% (张冀光, 1984)。这点鲜明的对比在害虫防治实际工作上可能有一定的指导意义。

川楝素的杀虫作用机制, 已经证明它是一种突触前的神经肌肉传递阻塞剂 (Presynaptic blocking agent) 它和沙蚕毒素类化合物 (如巴丹) 作为突触后的神经肌肉传递阻塞剂有所不同。它的胃毒作用表现为抽搐、麻痹、昏迷, 于症状出现24—48小时后才死亡。因此, 川楝素可称为中等缓效型药剂, 试虫中毒后有拉稀现象, 肛门突出。生长发育抑制作用表现为: 中毒的菜青虫蛹体呈畸形或缩小, 幼虫表皮不能脱离或成虫翅端部位形成水泡状突出。

川楝素的拒食作用十分显著, 有关这方面的研究比较多。1983—1986年期间, 我们曾进行了川楝素对粘虫幼虫拒食作用的研究, 应用电生理技术作精密的测定 (廖春燕等, 1986)。川楝素的作用与杀虫脒相似, 它作用于幼虫口器中的化学感受器, 主要作用于下颚须丹锥感受器, 对下颚瘤状体栓锥感受器也有抑制作用, 从而导致取食刺激传递受到破坏而中断。

张兴等 (1994) 通过历时三年的一系列试验, 确定在川楝素粗制品中, 混配少量的灭幼脲及菊酯类药剂, 制成川楝素乳油, 商品名称为“蔬果净”已由西北农业大学设厂大量生产, 供应全国。此商品乳油对菜青虫等多种害虫防治效果良好, 这是继鱼藤之后第二个在中国市场出售的植物源杀虫剂, 在陕西省西乡县川楝树出产很丰富, 是原料来源的一个基地。川楝种核含有油, 其杀虫作用与苦楝相似。

楝树杀虫植物除来自楝属 (*Melia* spp.) 之外, 还有红果米仔兰 (*Aglaia odorata* Lour.), 在华南广泛分布, 也可作观赏用。这种灌木的枝条含有一种杀虫高效的苯并呋喃类化合物, 名为Rocaglamide, 结构式如下:

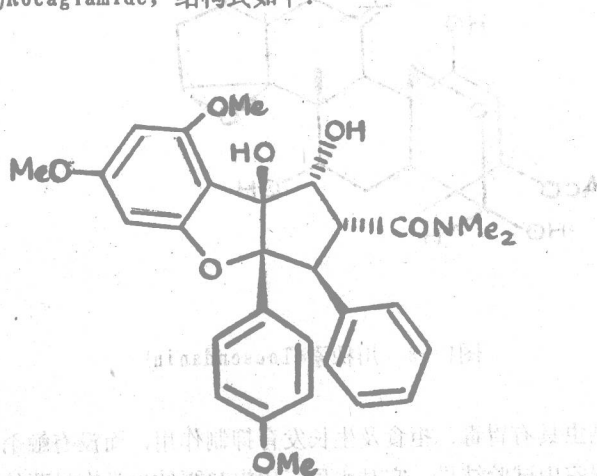


图1—4 Rocaglamide (from *Aglaia odorata*)

这个化合物对菜青虫及夜蛾 (*Peridroma saucia*) 幼虫具有很强的拒食及生长发育抑制作用, 用点滴法对夜蛾幼虫进行毒力试验, 药量为 $0.3 \mu\text{g}/\text{头}$, 死亡率达50%, 此外, 大叶山楝 (*Aphanamixis grandifolia* Bl.) 的种子含有一种柠檬素类化合物, 称为Aphana-statin. 又如红椿 (*Toona* spp.)、鹧鸪花 (*Trichilia* spp.) 等也都具有一定的杀虫活性。

介绍杀虫植物的一本新书

印楝树 (The Neem Tree) 是德国著名昆虫学家H. Schmutterer教授编写, 由德国VCH书店于1995年出版。编著者邀请40余位关于这方面的专家分别编写。中国方面则只请华南农业大学赵善欢编写川楝一章。这本书内容丰富, 把世界上著名的印楝 (*Azadirach indica* A. Juss) 的分布、栽培, 有效成分抽提方法, 对各种昆虫、病菌及线虫等的作用, 化学成分, 以至叙述在一些国家利用印楝在医学上的应用包括对人生殖控制人口的可能性。这本书是关于印楝及楝属 (*Melia* spp.) 叙述最完备的书, 全书共696页。

鉴于我国是可以种植印楝, 在海南及徐闻县已初步种植成功, 建议海南省领导考虑大面积种植此树, 以供制成安全杀虫剂, 比现今常用的有机合成杀虫剂有很多优越的地方。

主要参考文献

- (1) 魏喜葵、赵善欢、黄彰欣 1989 苦楝油防治桔全爪螨的研究。华南农业大学学报10 (4): 48-55.
- (2) 廖春燕、赵善欢、1986 川楝素对粘虫幼虫拒食作用研究。华南农业大学学报 (71): 1-6.
- (3) 韩玖、林文翰、徐任生、汪文陆、赵善欢 1991 苦楝化学成分的研究。药化学报 26 (6): 426-429.
- (4) 赵善欢、许木成、张兴、陈循渊、廖长青 1982 应用楝科植物防治柑桔害虫试验。植保学报9 (4): 271-278.
- (5) 赵善欢、黄炳球、胡美英 1983 几种楝科植物种核油对褐稻虱的拒食作用试验。昆虫学报26 (1): 1-9.
- (6) 赵善欢、张兴、刘秀琼、黄端平 1984 印楝素对亚洲玉米螟幼虫生长发育的影响。昆虫学报27 (3): 241-248.
- (7) 赵善欢、黄彰欣、黄端平、黄炳球、许木成、胡美英 1984 楝科种核杀虫有效成分的提取及其对农业害虫的忌避和拒食作用。华南农业大学昆虫毒理研究室研究报告第3号。1-32页.
- (8) 赵善欢、黄端平、张兴 1985 楝科物质对亚洲玉米螟幼虫取食和生长发育的影响。昆虫学报28 (4): 450-453.

- (9) 赵善欢、曹毅、彭中健、黄家总 1985 应用天然植物产品川楝素防治菜青虫试验。植保学报12(2): 125-132。
- (10) 赵善欢、黄炳球、胡美英 1986 楝科植物油及种核粉抽提物对稻瘿蚊产卵忌避作用及防治试验。昆虫学报29(2): 221-224。
- (11) 赵善欢、张兴 1987 植物性物质川楝素的研究概况。华南农业大学学报8(2): 57-67。
- (12) 赵善欢、张业光、蔡德智、林冠亚 1989 印楝引种试验初报。华南农业大学学报10(3): 34-39。
- (13) 赵善欢、黄炳球、胡美英 1989 川楝素与青虫菌等农药混用对菜青虫增效作用试验。昆虫学报32(2): 158-165。
- (14) 赵善欢、刘秀琼、黄彰欣、陈文奎、魏喜葵、温佛仪 1993 松实圆蚧的化学防治。昆虫学报36(2): 177-183。
- (15) 张兴、赵善欢 1983 楝科植物对几种害虫的拒食和忌避作用。华南农学院学报4(3): 1-7。
- (16) 张兴、张民力、赵善欢 1988 楝属川楝素含量与生物活性的关系。华南农业大学学报9(4): 21-30。
- (17) 张兴 1994 植物杀虫剂川楝素的开发研究。昆虫学研究论文集359-362页, 广东科技出版社。
- (18) 汪文陆、赵善欢 1993 苦楝果实中化学成分进一步研究及生物活性测定。华南农业大学学报14(3): 64-69。
- (19) 汪文陆、王义、赵善欢 1994 苦楝果实中某些化学成分对菜青虫的生物活性。昆虫学报37(1): 20-24。
- (20) 华南农业大学昆虫毒理研究室 1987 植物性杀虫剂研究新进展。研究报告第4号 1-19页。
- (21) Chiu Shin-Foon 1983 Active principles and insecticidal properties of some Chinese plants, with special reference to Meliaceae. Proc. 2nd Int. Neem Conf. Rauischholzhausen, Germany, pp. 255-262.
- (22) Chiu Shin-Foon 1985 Recent findings on Meliaceae and other promising botanical insecticides in China. Journal of Plant Diseases and Protection 92(3): 310-319. (Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart, Germany).
- (23) Chiu Shin-Foon 1986 Experiments on the practical application of china-berry, *Melia azedarach* and other naturally occurring insecticides in China. Proc. 3rd. Int. Neem Conf., Nairobi, 1986, pp. 661-668.
- (24) Isman, M. B., J. T. Arnason and G. H. Neil Towers 1993 Plants of the family Meliaceae as potential sources of botanical insecticides. (To be published).

(25) Janprasent J. et al. 1993 Rocaglamide, a new insecticide from *Aglaia odorata* (Lour.) (Family Meliaceae) Phytochemistry (to be published).

(26) Neem, A Tree for Solving Global Problems 1992 Report of an Ad Hoc Panel of the Board on Science and Technology for International Development, National Research Council National Academy Press, Washington, D. C.

(27) Schmutterer, H. (Ed) 1995 The Neem Tree Source of Unique Natural Products for Integrated Pest Management, Medicine, Industry and Other Purposes. VCH Weinheim New York Basel, Cambridge. Tokyo P696

第二章 豆科植物杀虫剂

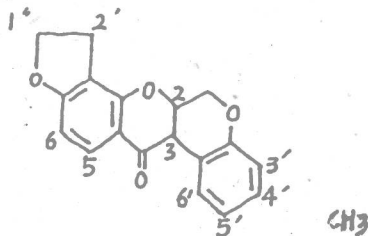
邱宇彤

豆科 (Leguminosae) 是高等植物中种类较多的一个类群。该科650属, 18,000余种, 遍布几乎世界上所有国家、地区。我国有172属, 1485种。豆科植物许多种类带有根瘤菌, 可利用空气中的游离氮, 故较耐贫脊, 易种植。许多种类可作为绿肥、牧草、饲料, 是植物蛋白质、氨基酸的重要来源, 豆科中的抗虫性次生化合物也相当丰富, 其中以黄酮类和生物碱为主。

一、鱼藤是鱼藤属植物的统称, 藤本, 盛产于热带和亚热带, 在我国广东、福建、云南、台湾等省区都有广泛的分布, 此属约80余种 (Roark, 1941), 常见的有:

毛鱼藤:	<i>Derris elliptica</i>
鱼藤:	<i>D. trifolita</i> Lour
马来鱼藤:	<i>D. malacinsis</i> Brain
锈色鱼藤:	<i>D. feruginea</i> Benth
多蕊鱼藤:	<i>D. polyantha</i> Perkins
菲律宾鱼藤:	<i>D. philippinsis</i> Merr
七叶鱼藤:	<i>D. heptaphylla</i> (L.) Merr
	<i>D. thysiflora</i> Benth

Power于1902年从鱼藤 (*D. trifolita*) 中分离得到 Anhydrotetrin。同时, Nagai从中华鱼藤 (*D. Chinesis*) 中分离得到一个结晶体, 由于结晶体带有酮基, 将其定名为 Rotenone, 即鱼藤酮。各国工作者从鱼藤类植物中先后分离并鉴定了鱼藤酮、灰叶素 (Tephrosin)、鱼藤素 (Degullin)、灰叶酚 (Toxicarol) 等多种有杀虫活性化合物。鱼藤酮是分离出最早, 且杀虫活性最高, 含量也最高的化合物。Takei和Koide首先提出鱼藤酮的分子式为 $C_{22}H_{22}O_6$, 紧接着由四组化学家几乎同时在1932年提出相同的结构式 (Butenandt等, 1932; Laforge等, 1932; Robertson, 1932; Takei等, 1932)。随后一系列与鱼藤酮具有相似结构的化合物被分离鉴定出来, 这类化合物都具有一个四环结构, 通常把这些化合物统称为鱼藤酮类化合物 (Rotenoids)。

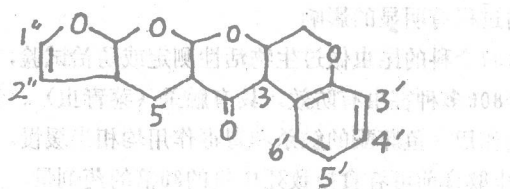


鱼藤酮 Rotenone 4', 5' - OCH_3 ; 1'' - $C=CH_2$

毛鱼藤酮 Elliptone 4', 5' - OCH_3 ; 1'', 2'', 双键

马来鱼藤酮 Malaceol 5 - OH; 4', 5' - OCH_3 ; 1'', 2'', 双键

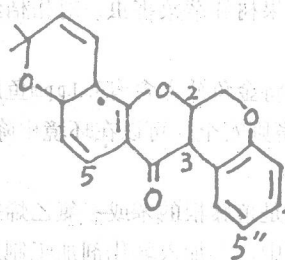
异毛豆酚 Sumatrol 5 - OH; 4', 5' - OCH_3 ; 1'' - $C=CH_2$



异毛鱼藤酮 Isoelliptone 4', 5', -OCH₃

肥根酮 Pachyrrhizone 3-OCH₃

斗淋酮 Dolineone 4', 5' -O-CH₂-O-



鱼藤素 Deguelin 4', 5' -OCH₃

灰叶酚 Toxicarol 5-OH; 4', 5' OCH₃

异灰叶素 Isolephrosin 2-OH; 4', 5' -OCH₃

脱氢鱼藤素 Dehydrodeguelin 2, 3双键; 4', 5' -OCH₃

鱼藤的主要有效成分存在于根部。在某些品种中含量可达10%以上。根据赵善欢等(1965)的测定, 南海毛鱼藤(产于海南)鱼藤酮含量可达13.52%。

鱼藤酮是一种代谢抑制剂和神经毒剂, 它的作用与一般神经毒剂不同, 中毒昆虫的症状通常是: ①活动迟滞, 拒食; ②击倒; ③麻痹; ④缓慢死亡。用许多鱼藤酮的衍生物做了结构活性关系分析, 发现L-谷氨酸氧化的抑制水平与杀虫药剂的毒性有关, 与神经传导的阻断也有关。L-谷氨酸在脊椎动物脑中的含量比在其他任何组织、器官中都多,

并且是呼吸过程中大脑中唯一氧化的氨基酸，昆虫中可能也起着同样重要的作用，因此，对L-谷氨酸氧化的抑制是对昆虫毒杀作用的重要机制。鱼藤酮是与吡啶核苷酸（NAD）相联系的氧化酶的特异性抑制剂。通常认为鱼藤酮对呼吸的抑制作用发生在呼吸链的第一个部位即由NADH与辅酶之间，而对氧化磷酸化和ATP的形成的影响则是间接的。此外还发现鱼藤酮对某些鳞翅目昆虫有生长发育抑制作用（张双喜，1989；张业光，1990），且对幼虫表皮的正常代谢过程有明显的影响。

Roark等曾对15目，137个科的昆虫做过生物活性测定或防治试验，结果证明对多种蚜虫、菜青虫、小菜蛾等800多种害虫有防效。具有触杀（菜青虫）、胃毒（菜青虫）、拒食（日本甲虫）和薰蒸作用。鱼藤酮的触杀和胃毒作用均相当缓慢。Shepard指出，家蚕在停止取食前可吞食掉致死中量的30倍的药剂剂量。因此鱼藤酮不适用于单独用于防治取食迅速的害虫。鱼藤酮类化合物对不同昆虫的毒力相差很大。赵善欢等（1956年）研究表明，鱼藤根粉水悬液对铁甲虫（*Hipsa armigera*）、白背飞虱（*Liburnia furferia*）、茄叶虫（*Pavawaca ang-ulicalis*）、桑毛虫（*Arcternis chrysorrhoea*）、黄条跳甲（*Phyllotreta vitatta*）、烟蚜（*Myzus persicae*）、二十八星瓢虫（*Epilachna* sp.）、茶毛虫（*Euproctis pseudoconspesa*）桃蚜（*Myzus persicae*）均有一定的防治效果。害虫对鱼藤酮极为敏感，如蚜虫用0.001%的浓度就可收到理想的防治效果，对鳞翅目害虫也有较高的效果，但对二十八星瓢虫和夜蛾科幼虫效果较差。鱼藤制剂在生产上可用于防治果树和蔬菜害虫，对柑桔红蜘蛛和锈蜘蛛也有效。此外还可用来防治茶毛虫。

鱼藤酮虽对鱼类有极强烈的毒性，如：将金鱼放入含有0.1ppm鱼藤酮水里，25℃条件下，5小时后即死亡，但这类化合物对人畜则安全，可以在环境中降解，没有残留污染，因此适用于蔬菜、果树、桑、茶害虫的防治。

鱼藤制剂有鱼藤精和鱼藤粉等。鱼藤精是鱼藤根的苯或三氯乙烯等有机溶剂的提取浓缩物（称为鱼藤树酯）溶解在樟脑油或苯中，再加入乳化剂加工制成的一种透明油状液体。鱼藤粉可直接施用，与草木灰混合后用，也可用鱼藤粉水浸液或石油浸出液进行喷雾。石油溶液喷雾可用于防治柑桔上的蚜虫、粉虱、红蜘蛛及一些介壳虫，且不易引起抗性的产生，并且对害虫天敌比较安全，不污染环境。鱼藤对人有毒性，切勿吞食。但对皮肤接触则安全，作为防治害虫是一种可靠的安全杀虫剂。

二、灰叶属杀虫植物

灰叶属包括17种杀虫植物，其主要杀虫活性成分大都是鱼藤酮及其类似物，分布于植株的根、叶、种子、茎、豆荚或全株。

（一）非洲山毛豆（*Tephrosia vogelii*）

非洲山毛豆俗称福代灰毛豆、窝代灰叶，为多年生灌木或小乔木，原产于热带非洲，主要分布北纬15°至南纬20°之间的广大地区。在东非各国、西非、东丹、卢德西亚、