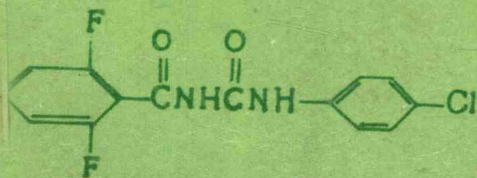
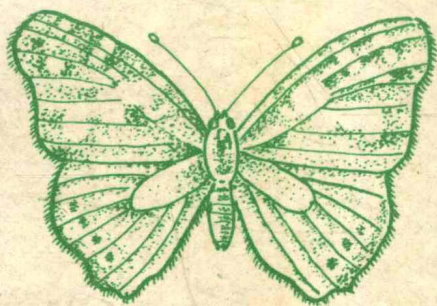


无公害杀虫剂及应用技术

苗建才 编著



黑龙江科学技术出版社

无公害杀虫剂及应用技术

苗建才 编著



黑龙江科学技术出版社

责任编辑：杨桂亭

封面设计：刘连生

无公害杀虫剂及应用技术

苗建才 编 著

黑龙江科学技术出版社出版

(哈尔滨市南岗区建设街35号)

东北林业大学出版社印刷厂印刷

(哈尔滨市和兴路8号)

787×1092毫米 32开本 11.5印张 230千字

1990年4月第1版·1990年4月第1次印刷

印数：1—2000册 定价：4.70元

ISBN 7-5388-1103-3/S·88

前 言

人类与害虫已进行了长期的斗争，使杀虫剂的发展经历了几个较大的变革。最早使用无机杀虫剂（砷剂、硫磺、波尔多液等）和植物性杀虫剂（烟草、鱼藤、除虫菊等）防治害虫，一般将这些杀虫剂称为“第一代杀虫剂”。第二次世界大战后，滴滴涕（DDT）、六六六（BHC）、对硫磷（一六〇五）等有机杀虫剂的出现，导致了有机合成农药的大发展，是杀虫剂的最盛时期。人们将有机氯、有机磷、氨基甲酸酯类称为“第二代杀虫剂”。这些杀虫剂的出现为人类造福不浅，约使粮食增产30%。在防治农林、仓库和卫生害虫，促进农林业增产，保障人类健康方面确实发挥了重大的作用。但另一方面，由于长期广泛使用这些稳定性强而且不具选择性的杀虫剂，对环境及人类产生了不良的副作用，使害虫对杀虫剂产生了抗性，农药的公害威胁到人类自己的安全。在这种情况下，迫使人们去寻找防治害虫的新途径和新技术，就出现了“第三代杀虫剂”的研究和开发。1967年美国的 Williams 首先提出将昆虫激素制剂发展成为“第三代杀虫剂”的初步设想，到1976年 Bowers 从植物中分离出具有抗保幼激素活性的物质——早熟素（precocene）后，又将这类物质称为“第四代杀虫剂”，但生产实践上的应用仍未获得成功。赵善欢教授（1987）认为当前统称的昆虫生长发育调节剂（insect growth regulators）将发展成为“第三代杀虫剂”，目前如灭幼脲杀虫剂（详见第二章）已进入

实际应用阶段，在害虫防治上已显示它的威力。这类药剂的特点是干扰、破坏昆虫的正常生长发育及生殖，使昆虫缓慢致死，故又称为“缓效型”杀虫剂。这类药剂对人畜安全，不易形成抗药性，对天敌影响较小，对环境无公害，具有突出的选择性，因而在害虫综合治理上作用显著，是农药发展的方向。

当今杀虫剂正向着高效、安全、经济、无公害的方向发展。现在是正要跨进第三个时代，即将进入“无公害杀虫剂”的时代。为了确保人类的粮食和绿色的环境，农药便成为不可缺少的物质，但必须是对于食品、环境没有污染、安全的农药才行。因此，要避免使用重金属和自然界不存在的化学物质，将选择来自天然物的生理活性物质及与其化学构造类似的物质。如从植物、昆虫、动物及微生物等生产的物质，以及用这些生物体制造的农药，在环境中易于分解还原为原来的自然物。因此，作为“无公害杀虫剂”的研究应从来自天然的生理活性物质中去开发。

本书重点介绍了植物性杀虫剂、昆虫几丁质抑制剂、保幼激素类似化合物及昆虫信息素等新一代杀虫剂的开发和应用技术。作者收集国内外有关的大量科学文献，并结合本人多年来参加教学、科学研究和生产实践写成本书初稿。本书初稿曾作为近几年东北林业大学森保专业开设的“昆虫毒理学”的讲稿。鉴于目前对于开发无公害杀虫剂和应用技术，以及教学、科研及害虫综合治理的迫切需求，且此类专著目前国内甚少，笔者广泛收集这方面资料，并总结了这方面的实践经验，对初稿进行充实、完善、编著了这本书。本书可供植物保护、森林保护、卫生防疫、环境保护和农药等

方面的科研、生产人员、大专院校师生参考。

在本书出版之际，谨对多年指导工作的赵喜欢、郭鄂、张履鸿教授致以深切的感谢。并对给予大力支持的林业部三北防护林建设局、黑龙江、辽宁、吉林、河南、内蒙、大兴安岭地区森保站等单位表示深切的谢意。

参加本书灭幼脉类和昆虫信息素应用部分编写工作的还有杜兴堂、林鹰、李清宇、白绵涛、迟德富、王振华、高文韬、徐柏荣等。

由于作者业务水平有限，编写时间仓促，错误及不当之处在所难免，恳请读者提出批评指正。

苗建才
1989年5月

序 言

昆虫同人类的关系是十分复杂的。人们要从大自然获得生活资料，得到相对稳定的生存环境，要利用、开发大自然的一切资源。昆虫也是地球上占优势的生物类群之一，必然会出现人与昆虫发生争夺资源的问题。例如人与某些农业害虫共同以禾本科的粮食作物为食物来源之一，人以森林、木材为建筑和造纸材料，某些林业害虫要以森林和树木为食物，这样就发生了人与昆虫实际上争夺地球上有限的资源。另外，吸血昆虫如蚊、虻之类常常以人及家畜为进攻吸血对象，所以人与害虫之间的无声的非常残酷的“战争”由来已久。到20世纪，人与有害昆虫之间的“战争”仍然是一个严重的问题。每年全世界受害虫侵食而损失的粮食价值就达几百亿元，每年全世界因疟蚊传染而患疟疾的人就达几千万人甚至更多。害虫是人类的大敌，已越来越为人们所认识。

20世纪初叶人们徒手或用简单的物理机械和一些天然的矿物药剂来防治害虫；20世纪中叶人们开始利用合成的有机农药，如滴滴涕、六六六来消灭害虫，取得过相当显著的成效，但长期应用某种化学农药引起害虫对有机农药产生抗性，到80年代已发现有抗性昆虫400多种。不合理地大量使用有机农药后产生环境污染，杀伤天敌，破坏生态平衡，恶化了人类赖以生存的环境，以致使世界有关专家呼吁停止使用某些有不良后果的有机农药。20世纪70年代有识学者纷纷制造、合成生物有机农药，开发易被生物降解的无公害的

农药，目的在于抑制昆虫体内某一生理生化过程，从而抑制昆虫的生长和繁殖，降低虫口密度，其中如生长调节剂 (growth regulators)、改变昆虫行为化学物质 (behaviour modifying chemicals)、生态化学 (ecochemicals)、昆虫信息素 (pheromones)、信号化合物和昆虫通讯物质等。近 20 年中这类生物有机化合物或生物活性物质的研究取得较快进展，并具较大成效。害虫防治发展中的这种新途径引起各国的广泛重视，其中如灭幼脲类和昆虫性诱剂的大面积使用和推广就是较好的例证。

灭幼脲类是在 1972 年发现的，在应用过程中，一些学者发现其作用是防止昆虫表皮中几丁质的合成；后来一些专家又认为灭幼脲作用于几丁质酶而分解几丁质；或者灭幼脲钝化 β -蜕皮素，进而影响几丁质的合成；最近又有一些学者认为灭幼脲能强烈抑制昆虫体内几种蛋白酶的合成。这些研究工作是在大量应用生物有机化合物防治害虫实践中取得的。看来这类生物有机化学物质是具有开发和探索远景的，是值得深入研究的新领域。

昆虫信息素的研究是 20 世纪中外科学家所开拓的新领域，中国昆虫学家陈世骧教授早在 1943 年即报道家蚕 (*Bombyx mori*) 的雌蛾在羽化后香腺释放出的物质能引诱雄蛾。德国化学家 Butenandt 教授自 1939 年开始研究家蚕的性引诱物质，在 1950 年报道分离出和鉴定了家蚕的性信息素蚕醇 (bombykol)，1961 年通过合成出蚕醇证实了化学结构。此项发现极大地促进和鼓舞了各国科学家去探索生物界中的新天地，从而发现和鉴定出一大批生物活性物质。1959 年 Karlson 和 Butenandt 提议将这类分泌到外界环境中的

同种两性之间的引诱物质叫做 pheromone。在科学发展的道路上，独创的见解和精益求精的实验技术相结合，对研究人员的取得成就起很大作用，而坚持不懈的努力，又常是开创新领域的必备基础。对这个领域的成就，本书作了概括性总结。从信息素的种类、昆虫信息素的结构鉴定，到信息素的生物学特性、研究方法，测报利用技术、以及昆虫信息素防治害虫的实例等均详细列举，这些重要篇章会给读者很大帮助。

本书作者一直从事昆虫毒理、化学保护的教学和研究工作，充分利用实验室内外的条件，大量进行有机生物农药的研究和实用化，取得较多的成绩。本书内容新颖丰富，系统和详细总结当前有机生物农药——植物性杀虫剂、灭幼脲类、昆虫激素及信息素的成就和进展，又介绍室内外大量应用的经验和措施。我们有机会在出版前阅读全部章节，欣然看到本书作者将新领域所得成果作全面介绍，以嘉惠于广大读者，特作此序，以示祝贺和欣慰。

赵如松
郭 郭
张启鸿

1989年6月

目 录

第一章 植物性杀虫剂	(1)
第一节 植物性杀虫剂的种类及作用	(4)
一、忌避及拒食性物质	(4)
二、化学不育物质	(11)
三、蜕皮激素及保幼激素类似物	(12)
四、早熟素类似物质	(13)
五、具有麻痹作用的物质	(14)
六、具有熏杀作用的物质	(14)
七、具有引诱活性的物质	(14)
第二节 植物的抗虫性机制	(15)
第三节 植物化学信息素研究的进展	(18)
第四节 楝科植物物质对害虫的拒食及抑制生长发育作用的研究	(24)
一、印楝素及其类似化合物	(24)
二、川楝素及其类似化合物	(41)
三、苦楝油及种核抽提物	(57)
参考文献	(68)
第二章 灭幼脲类杀虫剂	(76)
第一节 灭幼脲类的开发研究概况	(77)
一、苯甲酰基取代苯基脲类	(77)
二、苯甲酰基吡啶氧基苯基脲类	(81)

三、苯甲酰基烷(烯)氧基苯基脲类	(83)
四、苯甲酰基氧基苯基脲类	(86)
五、苯甲酰基取代氨基苯基脲类	(87)
六、苯甲酰基杂环(或取代杂环)基脲类	(88)
七、苯甲酰基苯基脲类似物硫脲异硫脲类 衍 生 物	(89)
第二节 灭幼脲的杀虫机理	(91)
一、灭幼脲的中毒症状	(91)
二、灭幼脲的作用机制	(92)
三、灭幼脲的不育机制	(98)
第三节 灭幼脲的安全性	(100)
一、对哺乳动物的毒性	(100)
二、对鸟类和家禽的毒性	(101)
三、对水生生物的毒性	(102)
四、对蜜蜂的影响	(103)
五、对天敌昆虫的影响	(104)
第四节 灭幼脲的代谢与降解	(109)
一、光降解作用	(109)
二、在土壤中的降解作用	(110)
三、在水中的代谢	(111)
四、在植物体内及体表的代谢	(113)
五、在动物体内的代谢	(114)
六、在昆虫体内的代谢	(115)
七、在生态系统中的降解与转移	(117)
第五节 灭幼脲的抗药性	(119)
第六节 灭幼脲类杀虫剂防治害虫	(122)

一、森林害虫	(123)
二、农业害虫	(147)
三、卫生害虫	(156)
四、贮藏害虫	(166)
五、家畜害虫	(168)
参考文献	(169)
第三章 昆虫保幼激素类似物	(174)
第一节 昆虫激素的种类和作用	(175)
一、昆虫激素的种类	(175)
二、昆虫激素的作用	(180)
三、激素的作用方式	(182)
第二节 昆虫保幼激素及保幼激素的类似物	(186)
一、天然保幼激素	(186)
二、保幼激素类似物	(187)
第三节 保幼激素的生理作用	(190)
一、阻止正常变态和导致异常变态	(190)
二、打破滞育	(190)
三、不育和杀卵	(190)
第四节 保幼激素的代谢	(191)
第五节 保幼激素类似物防治害虫的试验	(193)
一、防治果树、森林害虫	(194)
二、防治蚜虫	(197)
三、防治粮食及甘蔗害虫	(200)
四、防治仓库害虫	(201)
五、防治卫生害虫	(202)
六、对天敌昆虫的试验	(203)

参考文献	(205)
第四章 昆虫信息素	(211)
第一节 昆虫的化学通讯	(214)
一、释放系统	(215)
二、传递系统	(215)
三、接收系统	(216)
第二节 昆虫信息素的种类	(217)
一、种内信息素	(217)
二、种间信息素	(233)
第三节 昆虫信息素的结构鉴定	(239)
一、昆虫信息素结构的研究概况	(239)
二、昆虫信息素结构的鉴定	(241)
第四节 昆虫信息素的生物学特性	(251)
一、产生信息素与性别有关	(251)
二、信息素分泌腺的位置	(252)
三、信息素的分泌时间	(253)
四、信息素的感受机制	(254)
五、信息素的引诱能力	(256)
六、信息素的专一性和生殖隔离	(256)
七、影响信息素产生的因素	(258)
第五节 昆虫信息素的研究方法	(261)
一、昆虫信息素的生物学效应	(261)
二、昆虫信息素的制备	(263)
三、诱捕器的设计	(268)
四、生物测定方法	(275)
五、诱捕效果的测定指标和计算方法	(277)

第六节 昆虫信息素在测报上的应用	(279)
一、性信息素的用途	(280)
二、性信息素在测报上应用情况	(284)
第七节 昆虫信息素防治害虫的方法和原理	(291)
一、昆虫信息素防治害虫的方法	(291)
二、迷向法释放技术	(298)
第八节 昆虫信息素防治害虫	(303)
一、白杨透翅蛾	(303)
二、舞毒蛾	(316)
三、小蠹虫	(319)
四、果树害虫	(322)
五、棉花、蔬菜害虫	(325)
六、仓库害虫	(328)
七、卫生害虫	(329)
八、展 望	(330)
参考文献	(331)
附：舞毒蛾性信息素研究的进展	(337)

第一章 植物性杀虫剂

我国植物性杀虫剂的资源丰富，应用历史悠久，早在公元前我国的几部古书如《周礼》、《神农本草经》、《汜胜之书》中已有记载。公元540年贾思勰的《齐民要术》中已有描述。明朝万历24年（1596年）李时珍的《本草纲目》、徐光启的《农政全书》（1639年）中对杀虫植物的种类、分布及使用等方面作了详细的论述。这些早期的研究主要用于家庭卫生、人畜寄生虫及贮藏害虫的防治。近代以来，植物性杀虫剂逐步用于农业生产，特别是烟草、鱼藤、除虫菊类的应用已达世界范围。我国于1959年编写了《中国土农药志》，详细记载85个科220种植物性农药及成方183种。最近30多年来，对植物性杀虫剂活性物质的分离鉴定，作用方式及机制等方面作了较深入的研究，并在模拟合成方面有了突破。最早，如优良的氨基甲酸酯类杀虫剂便是以毒扁豆碱为模板而合成的。1949年，第1个化学合成的除虫菊酯称为丙烯菊酯（allethrin），它的化学结构和天然除虫菊素类似，故称为拟除虫菊酯。特别是70年代以来，在人工合成拟除虫菊酯研究中，发掘了一批抗光解、超高效的优秀杀虫剂品种，这是杀虫剂在理论的探索上及生产应用上的一个重大突破，为农药科学作出了卓越贡献。拟除虫菊酯类杀虫剂具有的突出的优点是高效、广谱、用量少，对环境基本上没有污染。目前国外较大量生产的品种有氰戊菊酯（fenvalerate）、

氯菊酯 (permethrin) 和溴氰菊酯 (deltamethrin) 等。1982年世界销售额达 5 亿美元, 1984年已达 9 亿美元, 1986 年为 15.7 亿美元, 预计到 1990年杀虫剂销售额中占比例将超过有机磷杀虫剂而跃居首位。但是拟除虫菊酯与滴滴涕的作用机制相似, 而两类杀虫剂的化学结构是不同的, 但都是神经毒剂, 作用部位是在神经细胞膜的钠离子通道, 二者都具有毒力负温度系数的特点。值得注意的是最近发现一些昆虫对拟除虫菊酯与滴滴涕有交互抗性的现象, 这将会构成对发展拟除虫菊酯类的一个隐患。这类属于“速效型”触杀、胃毒杀虫剂, 与有害生物综合治理 (IPM) 原则的要求还有一定的距离。近年来国际杀虫剂研究的进展, 越来越趋向那些并不直接、快速杀死害虫的“缓效型”杀虫剂的方向发展。这类药剂并不使害虫种群数量立即发生明显的变化、致使害虫死亡率达 95% 以上, 而是对其种群的控制产生深远的、长期的作用。最大优点是能与综合防治相协调, 有利于保护害虫的天敌, 可以较长期有效地控制害虫种群的大发生。在这样的形势下, 近 10 余年来, 植物源杀虫剂的研究便又重新引起了人们的重视, 但在研究的内容和方向上发生了根本的改变: 国内外均已转向探讨那些对害虫具有比较缓慢毒杀作用, 而又高效的特异性杀虫物质, 如昆虫忌避剂、拒食剂和生长发育调节剂等。这类物质的生物靶标专一性强, 作用方式和机制特殊而多样, 对环境、人畜及其它有益生物比较安全, 对环境保护具有良好的作用, 较适于综合防治原则的要求。

国际上近年来在这一领域的研究是很活跃的。特别是对一种楝科植物——印楝 (*Azadirachta indica*) 广泛深入的研

究，引起了科学家们的极大兴趣，掀起了一个国际性的研究热潮。曾在1980年6月、1983年5月在西德召开了两次国际印楝专门会议。1984年8月在菲律宾又召开了一次国际性的杀虫植物讨论会。1986年7月在肯尼亚内罗毕召开第三届国际印楝会议。我国华南农业大学赵善欢教授，自1980年以来对楝科植物及其他50多种杀虫植物进行了一系列室内及田间试验研究，已取得可喜的成果。在植物杀虫剂的研究中，楝科植物为当前最主要的研究对象。从印楝 (*Azadirachia indica*)、苦楝 (*Melia azedarach*)、川楝 (*M. toosendan*) 中已先后提取出13种三萜烯类化合物，对多种害虫表现出拒食、忌避、拒产卵、破坏表皮形成和破坏生长发育调节作用。到1982年从楝科植物中已分离出280多种柠檬素类化合物，其中以印楝提取物最为有效，对多种昆虫具有强烈的拒食活性。印楝提取物还可显著干扰昆虫的生长发育，可导致菜白蝶幼虫全部化为畸形蛹，使亚洲玉米螟 (*Ostrinia furnacalis*) 幼虫长期不化蛹而成“永久性”幼虫，对棉铃虫、红铃虫 (*Pectinophora gossypiella*)、粘虫等的生长发育均有抑制和干扰作用。苦楝在我国分布广泛。我国从川楝中分离出了川楝素 (toosendanin)，并进行了结构的鉴定，经过试验已初步证明它对昆虫有拒食、胃毒和抑制生长发育活性 (赵善欢，1982)，最近又用川楝素的衍生物川楝素肟 (Oxime derivative of toosendanin) 进行试验，对菜青虫、斜纹夜蛾等多种害虫也有显著的拒食活性，效果优于川楝素。目前印楝产品已被初步认为可以发展成为一类安全的广谱性防虫剂。经研究结果表明，印楝素首先影响昆虫的中枢神经及内分泌系统，干扰大脑神经肽的生成，表现出不