

昆虫生长调节剂 及应用技术

迟德富 苗建才 主编

KUNCHONG
SHENGZHANGTIAOJIEJI
JI YINGYONG JISHU



黑龙江科学技术出版社

昆虫生长调节剂及应用技术

迟德富 苗建才 主编

黑龙江科学技术出版社

中国·哈尔滨

图书在版编目(CIP)数据

昆虫生长调节剂及应用技术/迟德富,苗建才主编.
哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,2005.7

ISBN 7-5388-4950-5

I.昆... II.①迟...②苗... III.杀虫剂
IV.TQ453

中国版本图书 CIP 数据核字(2005)第 084936 号

责任编辑 张坚石

封面设计 张洪冰

昆虫生长调节剂及应用技术

KUNCHONG SHENGZHANG TIAOJIEJI JI YINGYONG JISHU

迟德富 苗建才 主编

出版 黑龙江科学技术出版社

(150001 哈尔滨市南岗区建设街 41 号)

电话(0451)53642106 电传 53642143(发行部)

印刷 东北林业大学印刷厂

发行 黑龙江科学技术出版社

开本 850×1168 1/32

印张 15.75

字数 395 千字

版次 2005 年 10 月第 1 版·2005 年 10 月第 1 次印刷

印数 1-2 000 册

书号 ISBN 7-5388-4950-5/TQ·41

定价 28.00 元

《昆虫生长调节剂及应用技术》编委会

(按姓氏笔画排序)

主 编	迟德富	苗建才		
副主编	王贵强	张作芳	潘宏阳	
编 委	万广军	万四新	王宝清	王建娜
	王贵强	王翠英	石秀珍	申富勇
	付觉民	朱丽娟	朱秀凤	朱 岩
	孙 强	孙晓辉	李静华	吴 艳
	何擎元	沈 红	迟德富	张 军
	张作芳	张 兴	张 辉	张家利
	陈纪敏	苗建才	范丽清	林晓安
	杨进高	赵清安	姜其军	段群迷
	夏安平	夏瑞瑞	常国彬	梁洪勇
	蒋维平	潘宏阳	魏亚欣	
主 审	郭 鄂	萧刚柔		

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三个时代。最早使用的无机杀虫剂(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”。20世纪中叶开始合成了滴滴涕、六六六等有机化学农药,导致了有机合成农药的大发展。人们将有机氯、有机磷、氨基甲酸酯类等农药称为“第二代杀虫剂”。这些杀虫剂在防治农林、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,由于长期大量使用这些稳定性的化学农药,对环境及人类产生了不良的副作用,使害虫产生了抗药性,污染了环境,杀伤天敌,破坏生态平衡,农药的公害威胁了人类赖以生存的环境。在这种情况下,为克服这些弊端和副作用,迫使人们去寻找防治害虫的新途径和新技术,就出现了选择来自天然产物的生物活性物质作为“第三代杀虫剂”的研究和开发。20世纪70年代各国科学家纷纷制造、合成出“生物合理农药”、开发出易被生物降解的“无公害农药”,其中包括昆虫几丁质合成抑制剂和昆虫激素类杀虫剂。目前把这些新型药剂统称为昆虫生长调节剂,它的杀虫机理与常规杀虫剂决然不同,它不是直接杀死害虫,而是通过干扰、抑制昆虫的正常生长发育,抑制脱皮变态、抑制繁殖等。这些药剂对人畜和环境安全,具有突出的选择性,对害虫高效,对害虫天敌、对鱼类、对鸟类和蜜蜂等非靶标生物很安全。因此,昆虫生长调节剂作为“第三

代杀虫剂”、“21 世纪杀虫剂”的开发和应用是实施可持续发展战略,生产无公害绿色食品,保护生态环境,协调综合治理的一种理想的生态型药剂。

本书重点介绍了昆虫几丁质合成抑制剂、昆虫激素类似物及其作用机制的研究和昆虫生长调节剂的主要品种的开发和应用技术。作者搜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而编著了这本书。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,谨对为本书主审并撰写序言的郭鄂教授和萧刚柔教授致以衷心的感谢。并对给予大力支持的国家林业局森林病虫害防治总站、各省市有关的森保站、植保站及有关的农药厂等单位表示深切的谢意。

由于我们业务水平有限,编写时间仓促,错误及不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

编著者

2005 年于东北林业大学

序 言

害虫防治和益虫利用是昆虫学中两大重要内容,中国在4 000多年以前就已经开始发展了这方面的工作。中国商代甲骨文中就出现蚕字和蠡蝗,《山海经》中记载贫齿目动物玃狢出现,蝗蠡虫口就减少。《诗经》中歌咏人工捕捉害虫,秉畀炎火,放到火中烧死。3世纪嵇含记载黄惊蚊是防治柑橘害虫的天敌。11世纪宋代捕打蝗蝻,利用法规防蝗,并在蝗区种植蝗虫不食的碗豆。16世纪徐光启提倡在蝗区改良水旱无常的“润泽”以防蝗虫发生,这是生态防治的萌芽。

20世纪初,中国采用砒剂防治地下害虫。此时,中国从害虫防治的人工防治、生物防治、食物防治、生态防治、无机化学防治等几个方面,已同世界上害虫防治先进水平差距不大。但在20世纪中叶,由于有机化学迅速发展,DDT、666等化学农药先后合成生产,起初对农业、卫生害虫等起到决定性的毒杀作用,中国应用有机农药防治害虫工作落在世界先进国家的后面。后来中国紧赶急追,有机农药防治规模不比别国逊色。

20世纪60年代由于有机农药毒性较强,害虫的抗药性增大,引起人畜死亡和致病,作物产生畸变和减产,人们发现应用有机氯化学农药防治害虫是一条危险的道路,于是各国科学家纷纷寻找新的途径。其中最引人注意的是综合防治理论和实际应用的提出,也就是生物防治、物理防治、遗传防治、生物活性物质——有机生化调节剂、昆虫生长调节剂等的综合应用。在害虫防治中生物活性物质之一的昆虫生长调节

剂,包括昆虫激素类似物,在现阶段主要有两大类:一类是模拟昆虫保持昆虫幼态的昆虫保幼激素类似物;另一类是抑制昆虫脱皮的类似物,如抗脱皮素等。至于昆虫信息素,如性引诱剂或称为外激素,台湾地区称为费洛蒙,这是德国学者 Karlson. P. 所拟新名词 Pheromone 的音译,正好与激素 hormone 对等命名。它也是一类生物活性物质,在目前仍是一类大有希望的活性物质。上述这些活性物质的开发和应用是有前途的,中国对这些物质的研究、开发和应用,处在世界的前沿,为未来的基因调节剂的研究,开辟一条新的途径。

苗建才教授从事昆虫活性物质,昆虫生长调节剂的研究,已有 30 年,取得很多成果,特别在林业害虫防治领域内是独树一帜。不仅他本人勤奋不辍,还带领一班人,开辟新的领地,将昆虫活性物质的研究推进到 21 世纪的前沿,而且他笔耕不止,将本领域的成就和专业的研究成果,进行了系统的总结,为 21 世纪科学前沿铺路搭桥,这是一项值得称颂的工作。他们的《昆虫生长调节剂及应用技术》一书出版在即,我们乐意为他们出版此书写一篇序言,告诉我们的同道们,科学是在前进发展的,而前进发展的铺路石子,就落在像苗建才教授这样千千万万辛勤耕耘者的身上。本书的出版正是为 21 世纪昆虫活性物质和这一领域研究和应用设置的指示座标。

郭邦 副序

2005 年 5 月

目 录

第一章 昆虫几丁质合成抑制剂	(1)
第一节 昆虫几丁质合成抑制剂的研究开发	(1)
1 苯甲酰脲类几丁质合成抑制剂	(3)
1.1 苯甲酰基取代苯基脲类	(3)
1.2 苯甲酰基烷(烯)氧基苯基脲类	(6)
1.3 苯甲酰基吡啶氧基苯基脲类	(8)
1.4 苯甲酰基苯氧基苯基脲类	(10)
1.5 苯甲酰基取代氨基苯基脲类	(12)
1.6 苯甲酰基杂环(或取代杂环)基脲类	(12)
2 杂环类几丁质合成抑制剂	(14)
第二节 灭幼脲类的杀虫机理	(17)
1 灭幼脲类中毒症状学	(18)
1.1 灭幼脲类对松毛虫的中毒征象和表皮组织的病变	(19)
1.2 除虫脲对黄粉甲幼虫的中毒征象和组织病变	(22)
1.3 除虫脲引致蚊畸形的扫描电镜组织病变观察	(24)
2 灭幼脲类杀虫剂的杀虫机理的研究	(25)
2.1 灭幼脲类对昆虫几丁质合成的抑制作用	(25)
2.2 灭幼脲类作用于内分泌系统与干扰激素的调控作用	(32)
2.3 灭幼脲类的不育机制	(39)
第三节 灭幼脲类的安全性	(51)
1 毒性与残留	(51)
1.1 对哺乳动物的毒性	(51)
1.2 农药残留	(53)
2 对鸟类和家禽的影响	(56)
3 对蜜蜂的影响	(58)

4 对水生动物的毒性与影响	(60)
4.1 对鱼类的毒性	(60)
4.2 对甲壳类动物的影响	(61)
5 对家蚕的影响	(61)
6 对有益微生物的影响	(62)
第四节 灭幼脲类对天敌昆虫的影响	(65)
第五节 灭幼脲类的代谢与降解	(75)
1 光降解作用	(76)
2 在土壤中的降解作用	(77)
3 在水中的代谢	(80)
4 在植物体内及体表的代谢	(81)
5 在动物体内的代谢	(83)
6 在昆虫体内的代谢	(85)
7 在生态系统中的降解与转移	(87)
第六节 昆虫对灭幼脲类的抗药性	(89)
参考文献	(94)
第二章 昆虫激素类似物	(103)
第一节 昆虫激素的种类和作用	(104)
1 昆虫激素的种类	(104)
1.1 脑激素	(104)
1.2 蜕皮激素	(108)
1.3 保幼激素	(109)
2 昆虫激素的作用	(110)
2.1 昆虫激素的生理作用	(110)
2.2 激素的作用方式	(112)
第二节 昆虫蜕皮激素类似物	(115)
1 蜕皮激素研究的简史	(115)
2 植物源蜕皮激素	(119)

2.1 植物蜕皮激素的分布	(119)
2.2 植物蜕皮激素的种类	(127)
2.3 植物蜕皮激素的作用机制	(144)
2.4 植物蜕皮激素对家蚕的蜕皮活性试验	(150)
2.5 筋骨草中蜕皮激素的分离鉴定和对森林害虫的杀虫活 性的及其对天敌影响的试验	(155)
3 蜕皮激素类似物——双酞胍类杀虫剂的研究开发	(160)
4 蜕皮激素的作用机制	(164)
4.1 昆虫的蜕皮过程	(164)
4.2 蜕皮激素的生理作用	(166)
4.4 蜕壳激素和蜕皮激发激素的生理作用	(172)
4.5 蜕皮激素的代谢	(177)
5 双酞胍类杀虫剂的作用机制	(181)
5.1 双酞胍类中毒症状	(181)
5.2 双酞胍类杀虫剂的作用机制	(183)
5.3 双酞胍类的不育机制	(184)
第三节 昆虫保幼激素类似物	(185)
1 保幼激素研究的简史	(185)
2 植物源保幼激素	(186)
2.1 植物源保幼激素的种类	(186)
2.2 植物源保幼激素的分布	(188)
3 保幼激素类似物的研究开发	(190)
4 抗保幼激素(早熟素类似物质)	(196)
4.1 抗保幼激素的种类	(196)
4.2 抗保幼激素的作用机制	(199)
5 保幼激素类似物的作用机制	(201)
5.1 保幼激素及其类似物对昆虫的生理作用	(202)
5.2 保幼激素的作用机制	(203)

5.3 保幼激素的代谢	(206)
参考文献	(208)
第三章 昆虫生长调节剂主要品种及防治技术	(215)
第一节 灭幼脲及防治技术	(216)
1 灭幼脲(灭幼脲Ⅲ号)	(216)
2 防治技术	(218)
2.1 森林害虫	(218)
2.2 果树和茶树害虫	(323)
2.3 蔬菜害虫	(342)
2.4 农业害虫	(348)
2.5 卫生害虫	(354)
第二节 除虫脲及防治技术	(357)
1 除虫脲(灭幼脲Ⅰ号)	(357)
2 防治技术	(359)
2.1 森林害虫	(359)
2.2 农业害虫	(380)
2.3 卫生害虫	(382)
第三节 杀铃脲、氟铃脲及防治技术	(388)
1 杀铃脲及防治技术	(388)
1.1 杀铃脲(杀虫隆)	(388)
1.2 防治技术	(389)
2 氟铃脲及防治技术	(407)
2.1 氟铃脲(伏虫灵)	(407)
2.2 防治技术	(409)
第四节 定虫隆、氟虫脲、伏虫隆及防治技术	(416)
1 定虫隆及防治技术	(416)
1.1 定虫隆(抑太保)	(416)
1.2 防治技术	(418)

2 氟虫脲及防治技术	(426)
2.1 氟虫脲(卡死克)	(426)
2.2 防治技术	(427)
3 伏虫隆及防治技术	(432)
3.1 伏虫隆(农梦特)	(432)
3.2 防治技术	(434)
第五节 噻嗪酮、灭蝇胺及防治技术	(436)
1 噻嗪酮及防治技术	(436)
1.1 噻嗪酮(优乐得)	(436)
1.2 防治技术	(438)
2 灭蝇胺及防治技术	(444)
2.1 灭蝇胺	(444)
2.2 防治技术	(446)
第六节 抑食肼、虫酰肼、双氧威及防治技术	(447)
1 抑食肼及防治技术	(447)
1.1 抑食肼(虫死净)	(447)
1.2 防治技术	(448)
2 虫酰肼及防治技术	(459)
2.1 虫酰肼(米满)	(459)
2.2 防治技术	(461)
3 双氧威及防治技术	(465)
3.1 双氧威(苯氧威)	(465)
3.2 防治技术	(467)
参考文献	(472)

第一章 昆虫几丁质合成抑制剂

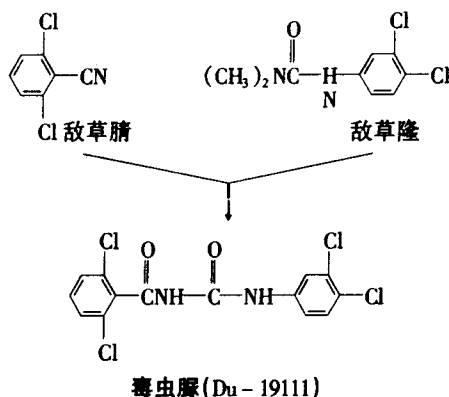
第一节 昆虫几丁质合成抑制剂的研究开发

几丁质合成抑制剂(chitin synthesis inhibitor)是抑制幼虫、卵、蛹表皮几丁质的合成,使昆虫不能正常蜕皮而死亡的特异性害虫控制剂。

昆虫几丁质合成抑制剂是一类干扰昆虫表皮几丁质合成的苯甲酰基脲类衍生物(benzoylphenyl urea)。经研究证明,对某些昆虫有杀幼虫效应及杀卵效应。1970年荷兰菲利普-道弗尔(Philips - Duphar)公司从除草剂的筛选中发现,由美国汤普森-海迈德(Thompson - Hayward)公司对该药进行了发展,并对作用机制和作为害虫控制剂进行了广泛的研究。这种新型害虫防治剂,它的杀虫机理与常规杀虫剂决然不同,它不是直接杀死昆虫,而是通过干扰、破坏昆虫的正常生长发育及生殖,干扰昆虫蜕皮生理过程,使昆虫缓慢致死,故又称为“缓效型”抑制剂。这类药剂对人、畜及环境比较安全,且对天敌影响较小,具有突出的选择性,因而在害虫综合治理(IPM)上作用显著。由于更加注重保护利用自然天敌因素,可以更好地解决化学防治与生物防治协调的问题。由于苯甲酰基脲类几丁质合成抑制剂以其独特的作用机制,极高的环境安全性,对非靶生物具有较高的选择性,使用浓度极低,降解速度快等传统农药所无法比拟的优点,被列为昆虫生长发育抑制剂(insect development inhibitor),已发展成为第三代杀虫剂(赵善欢,1987)。它是一类具有抗蜕皮激素的生物活性的化合物,目前已进入实际应用和进一步开发阶段。它是当前化学仿生合成开发非常成功的一个范例,具有广谱性的杀虫效果,在整个幼虫期均能使体表的几

丁质合成受到抑制,在蜕皮时不能形成新表皮,因而变态受阻,或形成畸形或死亡。对成虫具有不育作用,它有抑制产卵及使卵不孵化的作用。由于对环境无公害,符合人类保护生态环境的总目标,因此又被誉称为是一种高效而又安全的“理想的环境化合物”(Verloop 等,1977)。国外把它们称为抑虫剂(insectistatics),与历来的杀虫剂(insecticide)相区别,是当今国际开发的一种理想的选择性防治药剂,我国称为灭幼脲类杀虫剂。目前,已成为创新开发无公害新一代农药的一个非常活跃的研究领域。

20 世纪 70 年代初期, Van Daalen 等在筛选新的除草剂时,设想将敌草腈(dichlobenil)和敌草隆(diuron)结构相结合的苯甲酰脲类化合物,合成了第一个具有杀虫作用的化合物毒虫脲(代号 Du-19111)。生物试验表明,该化合物无除草活性,却意外地发现它对昆虫有特殊的生物活性。它被菜粉蝶幼虫食用后,破坏昆虫的蜕皮过程,因而,昆虫的变态受阻,出现畸形终至死亡。经生物化学和组织学研究结果表明,其作用机理在于抑制昆虫表皮几丁质的生物合成,故称为昆虫几丁质合成抑制剂。这一意外的发现,由于具有和常规杀虫剂不同的独特作用方式而越来越引起人们的兴趣。为寻找新一代杀虫剂开辟了一条新途径。



在发现 Du-19111 具有杀虫活性以来,为寻找新杀虫剂的开

发,在世界各国已先后合成了 200 多种类似物,实用和商品化的品种不断出现,已在 40 余个国家获准登记使用。

几丁质是昆虫表皮组成中最主要的部分,因此以破坏昆虫表皮的几丁质沉积为主要症状的药剂为几丁质合成抑制剂。该类药剂从化学结构上看,多属苯甲酰基苯基脲类(Benzoyl Phenyl Ureas, BPUs, 简称灭幼脲类),也发现一些活性很好的杂环类化合物,噻二嗪类如噻嗪酮(buprofezin),三嗪(嘧啶)胺类如灭蝇胺(cyromazine)具有类似中毒症状,也归在此类。

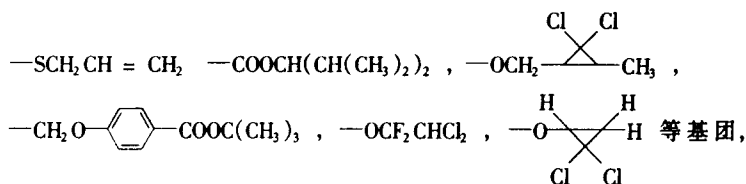
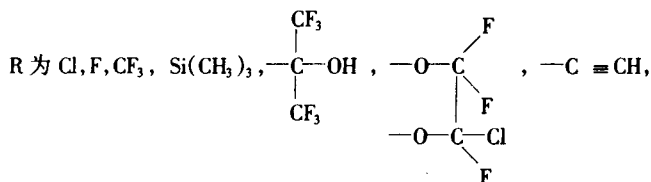
1 苯甲酰脲类几丁质合成抑制剂

1.1 苯甲酰基取代苯基脲类

通式为:



式中 X, X¹ 为 H, Cl, F, CH₃ 等基, X, X¹ 可相同或不相同;



n = 1 ~ 4, 取代位置主要为 4 位, 有两个以上基团时, 另一个基团在 2, 3, 5 位。

此类化学结构的化合物是荷兰道弗尔公司最早研究的, 第一个化合物为毒虫脲 [Du - 19111, 1 - (2, 6 - 二氯苯甲酰基) - 3 - (3, 4 - 二氯苯基)脲], 最先商品化除虫脲(灭幼脲 I 号、TH6040)即

属于此类结构。目前国际上许多公司均以苯甲酰基苯基脲为基本母核进行大量的研究工作,这类化合物发展到今天,可谓品种繁多,结构变化万千,其原因是该类杀虫剂杀虫谱很广,除对鳞翅目有特效外,对鞘翅目、双翅目、半翅目和直翅目的一些种类,如对瓢虫、象甲虫以及蚊、蝇等卫生害虫和多种畜牧、森林害虫均有很好的效果。此类商品化的品种有除虫脲(灭幼脲 I 号),灭幼脲 II 号 (TH6038)、灭幼脲 (灭幼脲 III 号)、伏虫隆 (农梦特)、氟幼脲 (TH6044)、双三氟虫脲等。

除虫脲 (diflubenzuron), 又名灭幼脲 I 号、氟脲杀、伏虫脲、二氟脲、二氟苯隆、dimilin、TH6040、PH6040。



1 - (2,6 - 二氟苯甲酰基) - 3 - (4 - (氯苯基)脲

1972 年荷兰菲利普 - 道弗尔公司 (Philips - Duphar BV) 筛选出来了第一个商品化的苯甲酰脲类杀虫剂——除虫脲 (灭幼脲 I 号、TH6040), 我国由江苏省昆虫激素研究所 (1976)、河北省唐山市化工研究所 (1978) 研制, 现由石家庄化工厂生产。除虫脲对农、林、果树、蔬菜、贮粮、家畜、卫生等害虫均有很好的防治效果。国产品为 20% 悬浮剂, 用于防治菜青虫、粘虫、柑橘潜叶蛾、松毛虫、天幕毛虫等。笔者于 1985 ~ 1987 年对松毛虫、天幕毛虫等害虫进行地面和飞机防治达 7 000 余 hm^2 , 取得显著的防治效果。

灭幼脲 II 号 (difubenzon), 又名氟脲杀、三氟脲、灭虫隆、草虫脲、二氯苯隆、TH6038、PH6038。



1 - (2,6 - 二氯苯甲酰基) - 3 - (4 - 氯苯基)脲