



罗万春 主编

世界新农药与环境

——发展中的新型杀虫剂——

世界知识出版社

世界新农药与环境

——发展中的新型杀虫剂

罗万春 主编

罗万春
张新

江苏工业学院图书馆

藏书章

世界知识出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

世界新农药与环境: 发展中的新型杀虫剂/罗万春, 张新编著. —北京: 世界知识出版社, 2002.1

ISBN 7-5012-1689-4

I. 世… II. ①罗…②张… III. 杀虫剂-无污染技术-进展-世界 IV. TQ453.6-11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 003786 号

书 名	世界新农药与环境——发展中的新型杀虫剂 SHIJIE XIN NONGYAO YU HUANJING
主 编	罗万春
责任编辑	李 锋
封面设计	木 木
责任出版	王勇刚
责任校对	胡卫东
出版发行	世界知识出版社
地址电话	北京东城区干面胡同 51 号 (010) 65265951
邮政编码	100010
经 销	新华书店
排版印刷	河北省高碑店市鑫昊印刷有限责任公司
开本印张	850 × 1168 32 5¼ 印张 129 千字
版次印刷	2002 年 2 月第 1 版 2002 年 2 月第 1 次印刷
定 价	12.00 元

版权所有 翻印必究

序

农药学是一门发展非常迅速的科学。20 世纪 40 年代有机合成农药开始广泛应用于农业生产,至今实践证明它在对农业有害生物防治中成为不可缺少的手段之一。我国于解放前除在个别地方偶尔使用植物杀虫剂外,对有机合成农药的研制、生产与应用完全处于空白状态。解放后,农药学在我国可说是平地而起的一门科学。在此我们应该感谢农药合成与加工界的黄瑞伦、杨石先、程暄生、胡秉方、陈茹玉、张立言、王君奎、张少铭等及农药毒理与应用界的赵善欢、张宗炳、龚坤元、齐兆生、尤子平等为我国农药学的建立和发展所作出的突出贡献。上述诸位前辈们的工作处于传统农药学时期,加之我国农药学当时处于以仿制为主的年代,不可能先知先觉地将现代新出现的农药类群及毒理学等介绍给我们。由山东农业大学农药毒理与应用技术省级重点实验室罗万春教授主编的“世界新农药与环境——发展中的新型杀虫剂”一书,内容比较新颖,可作为这一学科以及近期由韩熹莱教授及吴文君教授分别主编的“农药学概论”、“农药学原理”中的杀虫剂内容的补充。

杀虫剂本身,尤其是它的不合理应用会带来这样或那样的问题,但也应当以一分为二、动态的观点来看待。有的人总是以已被淘汰的滴滴涕、六六六为例来审视杀虫剂的现状与未来,这是偏面的。农药尤其是杀虫剂已经由杀生性朝向非杀生性、选择性方向发展;经济发达国家包括我国已经淘汰或正在逐步淘汰高毒、高残留杀虫剂品种;在单位面积上的农药用量,已经由过去

的每公顷几十公斤、几公斤的大用量朝向少用量、低用量、极低用量发展，例如已问世的甲胺基阿维菌素的每公顷有效成分用量仅为1克左右。这种发展的观点，从本书介绍的杀虫剂品种中可以得到启发。除本书介绍的内容外，从农药剂型上说，已经很少生产或停产对环境污染大、供喷粉使用的粉剂，而是大力发展与环境相协调剂型如水性化剂型、粒状剂型、缓释性剂型等；再从药械和应用技术上说，已经基本废除了地毯式施药而朝向对靶施药、局部施药等方向发展。沿着这方面科学技术发展，杀虫剂仍然是具有光明前途的。

世界上任何事物包括植物保护的各项技术措施在内，都不可能是十全十美的，要求它一步到位也是不现实的。对某项植保方案或技术措施的评价应当从它与生态环境相协调性、实效性和具有可操作性整体去衡量。作为化学防治法，后两条有其优势，而它一旦能满足或在某种程度上达到它与生态环境相协调则为比较好的技术措施，本书所介绍的新型杀虫剂往往具有这一特性。

1997年国家修订了农业高校的学科发展规划，农药学已经由过去的三级学科上升为二级学科，一些学校纷纷设立了农药学系或应用化学系或制药工程系，除了招收本科生外，近年来又大量招收农药学硕士和博士研究生，我认为该书可作为研究生“农药学”课程教学的补充教材，当然本书对农药化学合成界也具有参考价值。

全国高等农(林)业院校教学指导委员会 慕立义
农 药 学 科 组 组 长 、 教 授

2001年7月18日

前 言

“新型”杀虫剂是相对于“常规”杀虫剂而言的。人们习惯上将 20 世纪中叶及以后发展起来的有机合成杀虫剂包括有机氯类、有机磷酸酯类、氨基甲酸酯类及拟除虫菊酯类等称为常规杀虫剂，而此书将近几年发展起来的作用机制独特的杀虫剂称为“新型杀虫剂”，其中包括了用于熏蒸作用的植物精油类。

农药学是一门发展非常迅速的学科。随着人们环保意识的日益增强，对“环境友好农药”的呼声越来越高。也正是在这种形势下，近年来发展起来的新型杀虫剂也愈来愈符合人们的愿望。我有幸作为教育部派遣的高级访问学者去美国加州伯克利大学进行合作研究，有机会读了一些书籍和有关材料，归纳成了这一本小书。

我们编写这本书的初衷是希望将其作为农药学专业硕士研究生课程“农药学”的补充内容。近年来我国先后增设了多个农药学硕士学位授权点，“农药学”是该专业的必修课程。2000 年 7 月份由全国农业高校教学指导委员会同意在山东农业大学召开了“第六届全国农业高校农药学科教学科研研讨会”，实际上这次研讨会是国家将农药学确定为二级学科以来的第一次大型专业研讨会，会上来自全国各地的专家、教授对硕士研究生“农药学”课程发表了许多建设性意见。目前国内外有关农药学领域的专著很多，但作为 60 学时的研究生教材，无论从内容和难易程度上都存在问题。实际上绝大多数学校都在使用自编教材，内容取材不尽一致。值得庆幸的是，我国先后有韩薰莱教授和吴文君教授分

别编写了《农药学概论》(1995年,北京农业大学出版社)和《农药学原理》(2000年,中国农业出版社),许多院校将其作为硕士研究生的主要参考教材。此书意为在这两本基本教材中杀虫剂部分作一些补充。

全书共九章,第一章至第六章分别叙述了近年来发展起来的六类作用机制新颖的杀虫剂,侧重从生理毒理学方面进行了介绍。这六类新型杀虫剂为氯化烟酰类、吡啶类、吡咯类、苯甲酰苯脲类和噻二嗪类、蜕皮激素类及阿维菌素类。第七章为植物精油类,植物性杀虫剂本不属于“新型”,而且此领域已有许多专著,但植物精油主要用于熏蒸防治仓库害虫,况且侧重其生理毒理的专门论述尚未见到,故此将其加入本书。第八章为新型杀虫剂对非靶体生物的影响。第九章介绍了新型杀虫剂的抗性管理。

本书主要为编译,囿于外语水平的限制,对作者原意的理解或许出现偏差,加之我们的学识水平有限,无疑会有不少欠妥及错误之处,敬请使用本书的读者和各方面专家批评指正。

本书第八章为张新老师编写,其余各章节均为罗万春编写。

罗万春

2001年5月于山东农业大学

目 录

序	(3)
前 言	(7)
绪 论	(1)
第一章 氯化烟酰胺类杀虫剂	(5)
一、概述	(5)
二、生物活性	(6)
1. 对靶标害虫的活性	
2. 内吸活性	
3. 在不同作物中的输导性	
4. 亚致死剂量效应	
5. 害虫对吡虫啉的抗性	
三、毒理学、选择性和生态效应	(13)
四、吡虫啉在农业上的应用	(15)
参考文献	(16)
第二章 吡啶类杀虫剂	(19)
一、概述	(19)
二、作用方式和毒理学	(20)
三、防治范围及应用	(22)

参考文献	(25)
第三章 吡咯类杀虫剂	(26)
一、概述	(26)
二、作用方式和毒理学	(27)
三、防治范围及应用	(28)
参考文献	(31)
第四章 苯甲酰苯脲类和噻二嗪类杀虫剂	(33)
一、概述	(33)
二、作用方式和毒理学	(35)
三、苯甲酰苯脲类杀虫剂的降解代谢和安全性	(37)
1. 代谢与降解	
2. 安全性	
四、灭幼脲类杀虫剂在农林业害虫防治上的应用	(39)
1. 苯甲酰苯脲类杀虫剂	
2. 噻嗪酮	
参考文献	(41)
第五章 蜕皮激素类杀虫剂	(47)
一、概述	(47)
二、作用方式和毒理学	(48)
三、防治范围、选择性、安全性及应用	(50)
参考文献	(53)
第六章 阿维菌素类杀虫剂	(57)
一、概述	(57)

二、作用方式和毒理学	(59)
三、生物活性及应用	(60)
1. 防治谱及效力	
2. 光学稳定性和穿透	
3. 阿维菌素在农业上的应用	
4. 选择性和在综合治理中的和谐性	
5. 害虫(螨)对阿维菌素的抗药性	
参考文献	(68)

第七章 植物精油类	(72)
一、概述	(72)
二、食用油和脂肪酸	(73)
三、植物精油	(77)
四、作用方式和毒理学	(79)
参考文献	(81)

第八章 新型杀虫剂对非靶标生物的影响	(84)
一、概述	(84)
1. 杀虫剂类型及其概貌	
2. 对非靶标生物和超靶标生物的影响	
3. 毒理与专化性	
二、特异性昆虫生殖和发育干扰剂对非靶标生物的作用	
.....	(96)
1. 影响外骨骼合成和组织构成的化学物质	
2. 干扰激素调节的化学物质	
三、特异性生物杀虫剂阿维菌素对非靶标生物的作用	
.....	(112)

四、具有不同作用方式的新型杀虫剂对非靶标生物的作用	
.....	(117)
1. 吡咯类杀虫剂	
2. 吡啶类杀虫剂	
3. 氯化烟碱类杀虫剂	
4. 硫脲类杀虫剂	
五、讨论	(122)
1. 新型杀虫剂对脊椎动物的作用	
2. 新型杀虫剂对有益昆虫的作用	
参考文献	(136)
 第九章 新型杀虫剂的抗性管理	(140)
一、概述	(140)
二、抗性风险评估	(142)
1. 基因因子	
2. 生态因子	
3. 操作因子	
三、挑战抗性	(150)
1. 害虫抗药性管理的基本原则	
2. 害虫抗药性治理策略	
参考文献	(153)

绪 论

20 世纪 50 年代至 60 年代, 由于稳定的化学合成农药推向市场, 人们一度对害虫防治的前景表示出非常乐观。然而, 随着使用化学农药后一些副作用的出现, 人们又提出了许多批评。随之, 研究和发展对环境友好的农药的呼声越来越高涨。

诚然, 使用了半个多世纪的化学杀虫剂如有机氯类、有机磷酸酯类、氨基甲酸酯类及 70 年代后大量应用的拟除虫菊酯类, 以及其他类, 在卫生害虫及农业害虫的防治中立下了不可磨灭的功劳, 但人们为了自身安全及环境的需要, 仍不满足其诸如有机氯类在环境中的高残留性, 有机磷酸酯类及氨基甲酸酯类部分品种对高度动物的高毒性以及害虫对拟除虫菊酯类易产生的抗药性。其中, 绝大部分杀虫剂对有益生物的高杀伤性, 即使用中“敌我不分”, 尤其是人们所不满意的。尽管人们力图通过制剂加工、改善使用方法以及发展害虫综合治理体系去解决这些问题, 但仍然不能交出一份满意的答卷。这些杀虫剂的缺点, 成为督促科学家去研究、发现和发展新颖杀虫剂的动力。

在人们的不懈努力下, 杀虫剂的研究开发近年来取得较大发展。如对传统的有机磷酸酯类杀虫剂, 主要在低毒化及对付害虫抗药性方面做了不少工作。丙硫基不对称型硫赶磷酸酯及引入杂环杀虫剂的开发成功, 可以说是此类杀虫剂发展史上的重大事件。如已商品化的丙硫磷、丙溴磷、毒死蜱、啉啉氧磷和啉啉硫磷等。对氨基甲酸酯类的低毒化也出现了可喜的成果, 如在高毒品种克百威和灭多威的基础上, 开发出了丁硫克百威、硫双灭多

威、丙硫克百威和棉铃威等。这些化合物既保留了其母体化合物对害虫高效的特点，又大大降低了对哺乳动物的毒性。拟除虫菊酯类杀虫剂，由于其出于天然产物仿生合成品种的诸多优点，在 20 世纪末发展极快，除了在其化学结构中引入氟原子增加了其杀螨活性外，还在积极开发诸如对蜜蜂安全和用于防治土壤中地下害虫的品种，这个领域也初见成果，如 1983 年开发的氟胺氰菊酯对蜜蜂安全，1987 年开发成功的七氟菊酯则是第一个适用于地下害虫防治的品种。

除了对传统杀虫剂品种的改造以外，一些新颖杀虫剂在理论上逐渐趋于成熟并陆续用于生产实践。这些新颖杀虫剂各具特点，在作用机理和应用上各具千秋，实在为杀虫剂家庭中注入一股清新的春风。氯化烟酰类杀虫剂，由于其作用机制独特和强有力的内吸杀虫作用，一问世就得到了各界的普遍赞誉；吡啶类杀虫剂如吡蚜酮，虽然对其作用机制还不是很清楚，但使用该剂后能引起正在危害作物的害虫即刻停止取食，起到对害虫危害的实际控制作用；吡咯类杀虫剂与常规杀虫剂不同，不是干扰昆虫的神经系统，而是干扰其呼吸作用，影响氧化磷酸化过程而使昆虫中毒死亡；苯甲酰苯脲类化合物（Benzoylphenyl ureas, BPUs）已有几个品种作为杀虫剂使用，如除虫脲（diflubenzuron）、伏虫隆（teflubenzuron）和氟啶脲（chlorfluazuron）被称作杀虫剂的一个新天地（new perspective）。苯甲酰苯脲类化合物能影响昆虫几丁质的合成（尽管对其影响几丁酶的活性还是影响其他步骤仍存在争议），这为人们研究开发新的对环境友好的杀虫剂指出了非常光明的前景。我们知道，作为外骨骼的昆虫，其主要由几丁质组成的体壁对其生命过程是何等的重要。与其同理，昆虫保幼激素（Juvenile Hormone, JH）及其类似物以及蜕皮激素（Ecdyson or Molting Hormone, MH）及其类似物化学结构的确定及其后的仿生合成，亦成为另一类作用机制独特的、对环境友好的、新颖的害

虫控制剂。从链霉菌 *Streptomyces avermitilis* 发酵液中分离得到的阿维菌素 (avermectins) 是一个十六元环内酯和两个六元环的螺酮醇缩合而成的化合物, 它们对家畜寄生虫、线虫、昆虫和螨类表现了极强的毒杀作用。它们的作用机制不同于传统杀虫剂, 其作用位点为神经和动物效应器间的传递介质—— γ -氨基丁酸 (γ -aminobutyric acid, GABA), 干扰昆虫体内神经末梢的信息传递, 即激发神经末梢放出神经传递抑制剂 γ -氨基丁酸 (GABA), 促使 GABA 门控的氯离子通道延长开放, 对氯离子通道激活, 使神经膜处于抑制状态, 从而阻断神经末梢与昆虫效应器的联系, 使昆虫麻痹、拒食、死亡。Bt (*Bacillus thuringiensis*) 是另一类对环境友好的杀虫剂, 人们直接利用其生物体杀虫, 故常将其列为“生物杀虫剂”。有关 Bt 的专著很多, 这里不作讨论。植物油类 (phyto oils or essential plant oils) 一些化合物, 特别是一些多萜类的植物次生代谢物质, 可视为取代仓库熏蒸防治贮藏粮害虫的一类新颖杀虫剂。

正如传统杀虫剂在使用中存在的“敌我不分”缺点, 新颖杀虫剂对非靶标生物的毒性也同样引起人们的关注。新颖杀虫剂较之传统的“广谱性”杀虫剂在对环境安全性如对脊椎动物和有益昆虫的影响方面进步了许多, 但许多品种仍然达不到理想农药 (ideal pesticides) 的要求。如阿维菌素对高等动物的毒性可以说降到了最低点, 甚至可以将它们饲喂牲畜以驱逐其体内的寄生虫, 但对有益昆虫仍然存在较高的毒性。氯化烟酰类, 除尽 (chlorfenapyr, CL303, 630) 和杀虫隆 (triflumuron) 等对鸟类仍具有毒性; 阿巴菌素、丁醚脲 (diafenthiuron)、噻嗪酮 (buprofezin)、苯氧威 (fenoxycarb)、氟环脲 (flucycloxuron)、烯虫酯 (methoprene) 和虫酰肼 (tebufenozide) 等, 对鱼类仍然是不安全的。Bt、氟啶脲 (chlorfluazuron)、氟铃脲 (hexaflumuron)、虱螨脲 (lufenuron)、吡蚜酮 (pymetrozine) 和伏虫隆 (teflubenzuron)

对脊椎动物是相当安全的。理想农药要求其品种应具有广谱活性但又不伤害非靶标昆虫。尽管新颖杀虫剂许多品种较之传统性品种已进步了许多，但这仍需在科学使用中去加以实现。

害虫抗药性是由于使用杀虫剂后而出现的一类农药“副作用”，当然，人们也同样非常关心新颖杀虫剂的抗性问题。害虫抗药性是生物进化的一种表现，它与基因、生态和操作因子有关。广义讲，只要施用杀虫剂，被接受杀虫剂的昆虫种群就有产生抗性的可能。对于不同的昆虫种群，对于不同的杀虫剂，其抗性产生的程度悬殊很大。理论上讲，新颖杀虫剂作用机理不同于传统使用的杀虫剂，其间存在交互抗性的机率较小，其中如氯化烟酰类化合物，在抗性选育中发现较难产生较高程度的抗性。抗性可以产生也可以避免，只要作到科学合理使用，害虫对新颖杀虫剂的抗性是可以解决的。

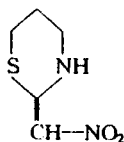
编写本书的目的主要是想通过介绍新颖杀虫剂的理论及实践，使人们了解农药学科的发展动态及前景，以促使更多的有志于农药学的人士为新农药的理论及应用发展贡献才华。本书可供农药学科教学和有关从事农药学研究与应用的人士参考。

第一章 氯化烟酰类杀虫剂

一、概述

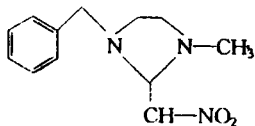
氯化烟酰杀虫剂这个名词指硝基甲撑、硝基胍及其开链类似物,植物性杀虫剂烟碱属于此类化合物。1978年,在苏黎世的国际纯粹化学与应用协会(IUPAC)会议上,Soloway等人提出了一类称为杂环硝基甲撑(heterocyclic nitromethylenes)类杀虫剂的新化合物(I),并提出此类化合物中杀虫活性最高的为SD35651。1979年,Soloway等又提出过一种此类化合物(II),但未报道其生物活性。此后,日本拜耳农业化学(Nihon Bayer Agrochem)的化学家们对此类化合物的杀虫潜能表现了极大的乐观。1984年,日本特殊农药制造公司合成了硝基胍NTN33893(III)作为杀虫剂,1985年进行了登记并推荐通用名为咪蚜胺(imidacloprid),现中文通用名为吡虫啉。吡虫啉是第一个作用于烟碱型乙酰胆碱受体的氯化烟酰类化合物,现已在60多个国家进行了登记,用于防治对常规应用的杀虫剂具有高抗性的害虫。

继吡虫啉之后,1995年日本武田药品工业株式会社合成了烯啶虫胺(nitenpyram),同年日本曹达株式会社合成了acetamiprid,即吡虫清。吡虫啉和吡虫清最早得到了商品化。总结这些年的研究,结果表明吡虫啉对不同作物上的害虫特别是蚜虫类和白粉虱等有卓越的生物活性,在不同的生物体间有明显的选择性,以其独特的生化性质而具有良好的内吸性,这些特点决定了吡虫啉等氯化烟酰类杀虫剂在农业害虫防治中的重要地位。

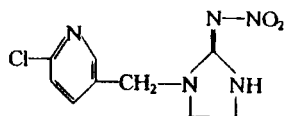


(I)

硝噻嗪 SD35651

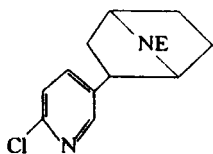


(II)



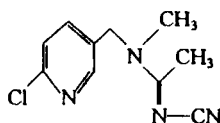
(III)

吡虫啉 (咪蚜胺)



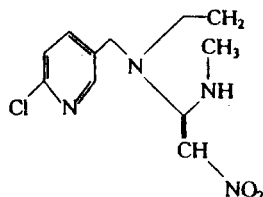
(IV)

epibaidine



(V)

吡虫清 (NI-25)



(VI)

nitenpyram

二、生物活性

1. 对靶标害虫的活性

吡虫啉对同翅目害虫如蚜虫、叶蝉、飞虱、白粉虱和缨翅目害虫蓟马表现极高的活性,对鞘翅目、双翅目和鳞翅目的一些种类也具有不同程度的杀伤作用,但还未发现其对线虫和螨类的效果。吡虫啉在植物的木质部有很好的移动性,这个特性使其进行虫子处理和土壤处理防治一些害虫具有很好的效果。当然,吡虫啉用于叶部处理的效果也非常优越,土壤处理和茎叶喷洒能达到同样的防治效果。