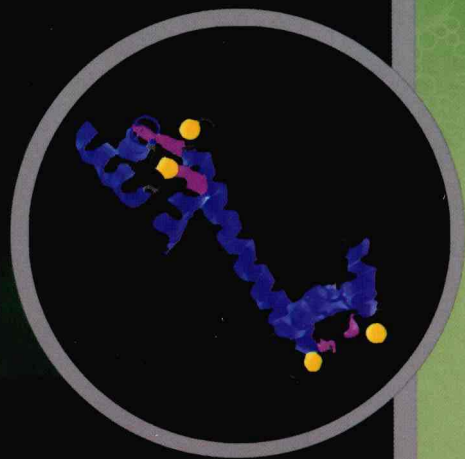


天然杀虫剂

——番茄碱杀虫机理的研究

段江燕 / 著



科学出版社

www.sciencepress.com

内 容 简 介

本书结合国内外杀虫剂研究概况,系统总结了运用生物化学研究手段对番茄碱的分离纯化、杀虫效果及机理的研究成果。提出了天然杀虫剂植物次生代谢物——番茄碱杀虫的新视点,明确了番茄碱的杀虫效果与钙调蛋白有关,初步判断出番茄碱可能作为钙调蛋白的拮抗剂,通过拮抗钙调蛋白被钙离子激活的位点,影响其与靶酶的结合而发挥杀虫作用。这为应用现代化科学技术手段研究新型、无毒害的杀虫剂,特别是利用有生物活性的植物代谢物进行防治病虫害的基础研究和开发,从生物学角度找到一条更有效的途径。

本书可供生物、农林、环境、土壤等领域的科研人员参考,也可以作为综合类院校以及农林院校的本科生、研究生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

天然杀虫剂:番茄碱杀虫机理的研究/段江燕著. —北京:科学出版社, 2008

ISBN 978-7-03-021276-4

I. 天… II. 段… III. 植物性杀虫剂—研究 IV. TQ453.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第030794号

责任编辑:张会格 霍春雁 / 责任校对:刘亚琦
责任印制:钱玉芬 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年5月第一版 开本:B5(720×1000)

2008年5月第一次印刷 印张:12 3/4

印数:1—1 000 字数:238 000

定价:45.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

向山西师范大学
五十华诞献礼！

序

21 世纪, 面对人口增长和社会发展所带来的生存、环境、粮食、资源和健康等诸多棘手问题, 摆在我们面前的是如何科学地利用资源、保护生态环境和防治病虫害。农作物病虫害是制约种植业经济发展的主要原因之一。化学农药的广泛应用, 虽为人类挽回了许多农作物的损失, 但长期依赖和大量使用化学农药, 已经带来众所周知的一系列严重后果, 如有害生物抗药性的提高、环境污染、生态平衡的破坏以及食品安全等, 对农业经济的可持续发展带来诸多不利影响。

该书是作者在完成相关科研项目的基础上整理而成的。书中系统地介绍了国内外杀虫剂的研究概况和天然杀虫剂的作用特点, 对天然活性物质番茄碱的分离纯化、杀虫效果和杀虫机理进行了研究, 提出了植物次生代谢物——番茄碱杀虫的新视点, 明确了番茄碱的杀虫效果与钙调蛋白的作用有关, 初步判断了番茄碱的作用机制, 可能是作为钙调蛋白的拮抗剂, 拮抗钙调蛋白被钙离子激活的位点, 影响其与靶酶的结合而发挥作用。对具有较好应用前景的番茄碱杀虫剂的杀虫机理从生物化学角度进行了较详细的分析。

相信该书的出版, 能够为应用现代化科学技术手段研究新型、无毒害的杀虫剂, 特别是利用有生物活性的植物代谢物进行防治病虫害的基础研究和开发, 从生物学角度找到一条更有效途径; 当然也为从事杀虫剂方面研究的科技人员提供了可操作的实验基础和科学数据。

在我祝贺我的学生出版此书的同时, 也真诚地将此书推荐给相关领域的研究人员。

张金红

2008 年 3 月 28 日

前 言

农作物病虫害是制约种植业经济发展的主要原因之一。随着化学农药的出现和广泛应用,人类挽回了许多病虫害造成的损失。但长期依赖和大量使用化学农药,已经带来众所周知的一系列严重后果,如有害生物抗药性的提高、环境污染、生态平衡的破坏以及食品安全等,给农业经济的可持续发展带来诸多不利影响。

番茄碱是存在于番茄植物中的甾体生物碱糖苷,是番茄生长过程中的次生物质,番茄碱在绿色果实中的含量比红色果实中高出三倍多,因此生长中的番茄植物极少招虫。但番茄碱的分离纯化在国内仍属空白,对作用机制的研究亦未见报道。鉴于此,我们曾立项分析了番茄碱对依赖钙调蛋白(CaM)的 Ca^{2+} - Mg^{2+} -ATPase、 Na^{+} - K^{+} -ATPase以及环腺苷酸磷酸二酯酶(cAMP-PDE)的影响,首次发现番茄碱对 Ca^{2+} - Mg^{2+} -ATPase、 Na^{+} - K^{+} -ATPase以及cAMP-PDE有明显的抑制作用,却不影响基本酶活性。并且发现番茄碱对菜青虫、棉铃虫(*Helicoverpa armigera*)的杀伤作用与虫体内钙调蛋白的含量有关。

钙调蛋白是钙传感器家族——结合钙的蛋白质中的一种,对于任何微量的钙都能敏感地捕获,虽然它本身不具有酶的活性,但是其通过调控细胞内诸多的酶系统而影响着细胞的生长和代谢,是一种细胞内具有多种生理功能的调节因子,目前对钙调蛋白的研究集中在两方面:一是直接起作用的靶酶;二是通过活化依赖于 Ca^{2+} -CaM复合物作用的蛋白激酶。我们已经报道了番茄碱对棉铃虫的杀伤作用与钙调蛋白有关,初步判断出番茄碱可能作为钙调蛋白的拮抗剂,通过拮抗钙调蛋白被钙离子激活的位点,影响其与靶酶的结合而发挥杀虫作用。

本书是在完成山西省青年科研基金项目的基础上整理总结的,分为两部分:第一部分为研究概况,主要对杀虫剂、生物碱的研究进展进行了阐述;第二部分对分离纯化、杀虫效果和机理研究进行了阐述,提出了天然杀虫剂植物次生代谢物——番茄碱杀虫的新视点,明确了番茄碱的杀虫效果与钙调蛋白的作用有关,为应用现代化科学技术手段研究新型、无毒害的杀虫剂,特别是利用有生物活性的植物代谢产物进行防治病虫害的基础研究和开发,从生物学角度找到一条更有效的途径。同时为致力于虫害防治研究的科技人员提供了可操作的实验基础和科学数据。

由于作者水平有限,加之客观条件所限,书中会有许多不足之处,敬请读者批评指正!

段江燕

2007年10月

目 录

序 前言

第一篇 研究概况

第一章 杀虫剂	3
1.1 杀虫剂的分类	3
1.2 杀虫剂的使用	4
1.3 防治病虫害的方法	5
1.4 植物性杀虫剂的研究	6
1.5 天然产物在杀虫剂中的应用	9
1.6 天然植物成分在植物病害防治中的应用	14
1.7 我国杀虫剂研究现状	17
1.8 世界杀虫剂发展趋势	19
第二章 生物碱	22
2.1 生物碱的分类	22
2.2 生物碱的物理性质	23
2.3 生物碱的研究	24
2.4 重要的生物碱	28
第三章 蛋白质	36
3.1 蛋白质的水解	36
3.2 蛋白质的元素组成与相对分子质量	36
3.3 蛋白质的分类及性质	37
3.4 蛋白质的结构层次	40
3.5 蛋白质功能的多样性	41
3.6 钙调蛋白研究	42

第二篇 分离纯化

第四章 蛋白质的分离纯化	53
4.1 分离纯化的一般原则	53
4.2 兔脑钙调蛋白的分离纯化	58
4.3 棉铃虫幼虫蛋白质提取工艺的比较研究	64

第五章 番茄碱的分离提取	70
5.1 实验材料	70
5.2 实验方法	70
5.3 结果与分析	75
5.4 讨论	79
5.5 小结	79
第六章 酶的分离纯化	81
6.1 酶的特性	81
6.2 磷酸二酯酶的分离纯化	83
6.3 胆碱酯酶的分离纯化及活性分析	93

第三篇 杀虫效果

第七章 番茄碱对棉铃虫毒性分析	105
7.1 实验材料	106
7.2 实验方法	107
7.3 实验结果讨论	108
第八章 番茄碱对菜青虫毒性分析	111
8.1 实验材料	112
8.2 实验方法	112
8.3 结果分析	113
8.4 讨论	115

第四篇 机理研究

第九章 番茄碱对蛋白质的影响	119
9.1 番茄碱对棉花幼苗蛋白的影响	119
9.2 聚丙烯酰胺凝胶电泳 (PAGE) 分析番茄碱与钙调蛋白的相互作用	126
第十章 番茄碱对酶活性的影响	134
10.1 番茄碱对磷酸二酯酶作用机理的探讨	134
10.2 番茄碱对乙酰胆碱酯酶的影响	140
10.3 番茄碱对谷丙转氨酶活性影响探究	149
第十一章 紫外分光光谱分析番茄碱与钙调蛋白的作用机制	155
11.1 实验材料	155
11.2 实验方法	155
11.3 结果与讨论	158
11.4 小结	162
第十二章 荧光法研究番茄碱的作用机理	163

12.1 实验材料	164
12.2 实验方法	164
12.3 结果与讨论	167
12.4 小结	172
第十三章 电化学分析法研究番茄碱对乙酰胆碱酯酶活性的影响	173
13.1 实验材料	174
13.2 实验方法	174
13.3 结果与讨论	175
13.4 小结	178
第十四章 荧光猝灭法研究番茄碱与钙调蛋白的相互结合作用	179
14.1 实验材料	179
14.2 实验方法	179
14.3 结果与讨论	180
主要参考文献	185
附录 聚丙烯酰胺凝胶电泳 (PAGE)	189
附表 威氏盐配方	190

第一篇 研究概况

第一章 杀 虫 剂

在农业生产中，每年因有害生物所造成的损失巨大。据联合国粮食及农业组织（FAO）统计，全世界农业生产中每年因虫害、病害和杂草危害造成的损失占总产值的 37%。其中，虫害占 14%，病害占 12%，杂草占 11%。因此，有害生物防治是农业生产中的一个重要环节，它直接影响农业的可持续发展。

1.1 杀虫剂的分类

杀虫剂，即用来毒杀害虫的药剂。按其化学成分与来源，可分为有机合成杀虫剂、无机杀虫剂、天然杀虫剂与微生物杀虫剂等；按药剂进入虫体的途径及毒杀机理，大体上可分为胃毒剂、触杀剂、熏蒸剂、内吸剂、忌避剂与拒食剂、不育剂、诱致剂。

(1) 胃毒剂。通过害虫取食，使药剂进入虫体消化系统，产生毒害作用。以胃毒作用为主的药剂，称为胃毒剂，如砷酸铅、敌百虫等。这类药施用时应喷洒在害虫取食的植物叶片上，以防治食叶性害虫；或拌入饵料内，制成毒饵，以毒杀蝼蛄、地老虎等地下害虫。

(2) 触杀剂。通过害虫表皮接触药剂，渗入体内，产生毒害作用，称为触杀作用。具有触杀作用的药剂，称为触杀剂，如 1605、乐果、杀虫脒、拟除虫菊酯类农药。应用时，直接把药剂喷洒于虫体，或害虫取食活动的场所，直接或间接地接触虫体，以毒杀害虫。

(3) 内吸剂。药剂通过植物的叶、茎、根、种子等吸收到植物体内，并在植物体内输导、散布，使植物体带毒并能存留一定的时间，或产生毒性更强的代谢物，害虫取食后产生毒害作用。以内吸作用为主的药剂，称为内吸剂，如乐果、甲拌磷、久效磷、3911、呋喃丹等。此种药剂的使用，通常采用拌种、涂茎、喷洒、施毒土等方法。

(4) 熏蒸剂。药剂以气体状态经昆虫的呼吸系统，由气门或表皮进入体内，对昆虫产生毒害作用，称为熏蒸作用。以熏蒸作用为主的药剂，称为熏蒸剂，如氯化苦、溴甲烷、磷化铝、敌敌畏等。这些药剂多用于仓库熏蒸，也可以用于田间熏蒸。

(5) 忌避剂与拒食剂。药剂具有昆虫厌恶的气味，使之产生逃避现象，称为忌避作用。药剂施于作物上，害虫拒不取食，这种现象称为拒食作用。以忌避作

用为主的药剂，称为忌避剂，如驱蚊酮、驱蚊油等。以拒食作用为主的药剂，称为拒食剂，如拒食胺、杀虫胺等。

(6) 不育剂。药剂被害虫取食或接触后，破坏其生殖器官，使其不能繁殖生育，从而达到消灭的目的，这种作用称为不育作用。以不育作用为主的药剂，称为不育剂，如不育胺、不育特等。

(7) 诱致剂。药剂使用后，能引诱害虫集中，一般用于害虫测报与害虫防治，这种药剂称为诱致剂。诱致剂可分为食物诱致剂、产卵诱致剂与性诱致剂三种。

农药的杀虫作用，并不完全是单一的，多数是几种作用同时兼有。如敌百虫，主要是胃毒作用，同时也有触杀作用；如 1605，同时具有触杀、胃毒、熏蒸三种作用。

1.2 杀虫剂的使用

20 世纪 70 年代前以有机氯杀虫剂为主，20 世纪 70~80 年代以有机磷类、氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯类、沙蚕毒素类为主，20 世纪 80~90 年代以烟碱类、苯甲酰胺类、嘧啶胺类、阿维菌素类、其他杂环类为主。

(1) 有机磷类杀虫剂。具有药效高、杀虫谱广、价格低和使用方便等优点。占整个杀虫剂市场的三分之一。作用机理是触杀、胃毒、熏蒸。对包括昆虫和人在内的所有以乙酰胆碱酯酶为神经传导介质的生物都具有杀伤作用，特别是某些品种存在急性毒性过高和迟发性神经毒性问题，从而使有机磷杀虫剂的发展受到进一步限制。由于开发低毒有机磷杀虫剂，生产成本较低，工艺相对简单，而且可利用现有生产设备。因此，我国农药行业对低毒有机磷杀虫剂的研究开发非常重视，相继开发成功一系列新品种，如乙酰甲胺磷、毒死蜱、杀扑磷、二嗪磷、啉啶磷、甲基嘧啶磷等。

(2) 氨基甲酸酯类杀虫剂。1956 年开始推广应用，20 世纪 60 年代以后，这类杀虫剂迅速发展，目前商品化品种有 50 多个，但真正大规模生产的品种仅十几个，其销售额却占全部杀虫剂的 1/4，这类杀虫剂具有优异的生物活性、高选择性、易于生物降解和不易产生抗性的优点。

(3) 沙蚕毒素类杀虫剂（有机氮类杀虫剂）。生活在海滩泥沙中的一种环节蠕虫——沙蚕，体内含一种有毒物质叫沙蚕毒素，对害虫具有很强的毒杀作用，能杀死多种害虫。1965 年，日本武田化学工业公司按照沙蚕毒素的化学结构，仿生合成了杀螟丹。之后相继开发一系列作为农用杀虫剂的沙蚕毒素类似物，如杀虫单、杀虫双、杀虫环等。

(4) 拟除虫菊酯类杀虫剂。是第一类动物源杀虫剂，模仿天然除虫菊素的化

学结构而人工合成的一大类有机杀虫剂；1947年美国人成功合成了第一个拟除虫菊酯——丙烯菊酯（光敏型拟除虫菊酯）；1973年在英国洛桑试验站开发研究成功氯菊酯（光稳定型拟除虫菊酯）；1974年，氰戊菊酯、氯氰菊酯、溴氰菊酯等优良的农用拟除虫菊酯问世，目前商品化品种近50个，其中重要品种有20余个。特点：高效；广谱；低毒；低残留；胃毒和触杀，无内吸和熏蒸作用；易产生抗药性；负温度系数药剂。

(5) 烟碱类化合物（有机氮类杀虫剂）。1978年，壳牌公司曾报道过第一个硝基甲叉基化合物有很好的杀虫活性，但是由于这一化合物及其类似物田间稳定性差，这一类化合物未能商品化，但是日本拜耳公司在硝基甲叉杂环上引入3-吡啶基，大幅度提高了这类化合物的杀虫活性，并导致了高效杀虫剂吡虫啉的开发并于1992年商品化。该化合物杀虫活性极高，特别是对那些抗性害虫，但对哺乳动物的毒性很低。从那以后，开发出好几种结构与吡虫啉类似的杀虫剂。吡虫啉与原来的烟碱类杀虫剂具有同一必要结构残基，这类杀虫剂作用于神经肽后膜的乙酰胆碱受体，与烟碱的作用机制相同，这类化合物可称为“新烟碱”类化合物。

(6) 苯甲酰脲类杀虫剂。苯甲酰脲类化合物是昆虫生长调节剂中研究开发最早的一类化合物，自荷兰 PhilipsDuphar 于1973年开发成功第一个品种除虫脲之后，苯甲酰脲类昆虫生长调节剂就开始不断得到飞速发展，许多品种于80年代相继开发成功，如灭幼脲、氟啶脲、氟苯脲、氟虫脲、氟螨脲、氟铃脲、氟幼脲、杀铃脲等。其特点：杀虫作用机制特殊；不易产生交互抗药性；杀虫力强，低残留；选择性高，对人、畜及有益生物低毒；杀虫谱广，可防治鳞翅目、鞘翅目、同翅目的很多害虫及双翅目的蚊、蝇等卫生害虫，个别品种对螨类亦很好的防效；杀虫作用缓慢，施药应在幼虫低龄期。

1.3 防治病虫害的方法

常见防治病虫害的方法有化学防治、物理防治和生物防治。

(1) 化学防治。指用化学药剂（包括提高化学效力的辅助剂和增效剂）来防治农林作物及畜牧害虫、卫生害虫、杂草和鼠类的方法。

除虫菊是一种多年生植物，其花可做观赏用。最早种植在秘鲁和南斯拉夫。因被发现其开花植物周围有很多死亡的昆虫而被确认为具有杀虫性。它含有一种无色黏稠的油状液体，既为阳光下极不稳定且具很强毒性的除虫菊酯。这是现如今应用极为广泛的一种高效广普的天然型杀虫剂，它的毒性机理及毒副作用还需研究。显然化学药剂由于其存在对人类和环境的潜在危害，人类正在积极地探讨更好的防治病虫害的方法。

(2) 物理防治。利用气味、灯光、电磁波等来诱杀不同害虫的方法。如过去常用的用糖醋液来引诱有害蛾子,进而将其杀灭的办法就属于物理防治。如今市面上可见的灭蚊灯、电蚊拍及超声波灭蚊器等也属于此类。物理防治由于对环境的危害较少,而被广泛使用,但由于其杀虫的威力和范围的不足,而促使人类还在积极探索更好的防治病虫害。

(3) 生物防治。利用生物及其代谢产物防治植物病原体、害虫和杂草的方法。实质上就是利用生物物种间和种内关系来调节有害生物的种群度。主要包括以虫治虫、以菌治虫、激素杀虫等。如用赤眼蜂吃棉蚜,用白僵菌防治毒蛾等。由于生物防治是利用生物群落及其无机环境相互作用的自然调节系统来杀死害虫,其能在一定空间和时间内,促使各种生物之间以及生物与无机环境之间,通过能量流动和物质循环,而形成一个自然的良性生态系统。可以说生物防治是人类良好生态平衡发展的最佳方法。

杀虫剂对环境的污染,必然会影响到自然界的生物群落和生态系统结构,处于食物链较高位的捕食性鱼类、鸟类和野生动物,体内富集了大量有害物质而使繁殖率降低或大量死亡;处于低级位的生物,体内有毒物质的含量则较低,或者对杀虫剂产生抗药性而得以生存。这样,自然界中生物种群间的相互制约作用被打破,生态平衡也遭到破坏。

1.4 植物性杀虫剂的研究

生物源天然产物农药主要是指以植物、动物、微生物等产生的具有农用生物活性的次生代谢产物开发的农药。和传统的化学合成农药相比,生物源天然产物农药具有下述特点:①对非靶标生物比较安全。大多数生物源天然产物农药对哺乳动物毒性较低,使用中对人畜比较安全。②防治谱较窄,甚至有明显的选择性。③对环境的压力较小。

而植物性杀虫剂,就是生物源天然产物农药中利用植物次生代谢产物制成的防治作物虫害的制剂。植物性杀虫剂主要是提取楝科、菊科、麻黄科、红豆杉科、木兰科、樟科等科的植物中的有效化学成分而制成的。

1.4.1 植物性杀虫剂的分类

植物在长期是与昆虫协同进化过程中,产生了防御昆虫取食的次生代谢物质,植物中的化学成分十分复杂,一种植物体内其杀虫活性成分往往不只一种,且它们之间和它们与有机体之间往往呈现十分复杂的相互作用。目前就已知约3万种杀虫活性成分,按其化学结构可分为以下几大类:糖苷类(glucoside),如皂荚素糖苷、巴豆糖苷等;苯酚类和醌类(phenol and quinone),如棉子酚、核

桃叶醌等；生物碱类 (alkaloid)，如烟碱、雷公藤碱等；萜烯类 (terpenen)，如川楝素、印楝素等；甾族类 (steroid)，如百日青甾酮、牛膝甾酮等；香豆素类 (coumarin)，如 bergapten, isopimpinellin 等；木聚糖类 (lignan)，如 β -细辛脑，异细辛脑等；多炔类 (polyacetylene)，茵陈二炔等；以及其他类。

1.4.2 植物性杀虫剂的作用方式

由于杀虫植物中杀虫活性成分的多样性，因此植物性杀虫剂的作用方式也是多种多样的，主要的作用方式有以下 5 种。

1.4.2.1 破坏昆虫口器的化学感受器

植物性杀虫剂中的活性物质对中枢神经系统的神经细胞具有药理作用，干扰了昆虫中枢神经系统的“信息编码”，从而影响其取食行为。印楝素直接地或间接地通过破坏昆虫口器的化学感受器产生拒食作用；茄碱和西红柿素能引起马铃薯甲虫外颚叶和附节感受细胞的活性，对氨基酸感受细胞造成不可逆转的破坏。

1.4.2.2 麻痹神经与肌肉

烟碱是乙酰胆碱受体 (AchR) 的激动剂，低浓度时刺激烟碱型受体，使突触膜产生去极化，与乙酰胆碱 (Ach) 作用相似。川楝素是一种多作用点物质，它阻断突触前神经-肌肉接头传递。它影响昆虫脑和神经组织中 Na^+ -ATPase、 K^+ -ATPase 活性，以及乙酰胆碱酯酶 (AchE) 含量。苦皮藤素 IV 作用点位于神经肌肉接头，抑制兴奋性接点电位，并对黄守瓜等昆虫的幼虫表现出麻醉作用。闹羊花素-III 为一种神经毒剂，对菜青虫的乙酰胆碱酯酶有抑制作用。

1.4.2.3 破坏昆虫的生理生化状态

印楝素抑制昆虫雌虫卵巢发育，导致卵巢管中的滋养细胞、滤泡细胞病变。苦皮藤素-V 破坏昆虫中肠肠壁细胞，引起昆虫上吐下泻，大量失水而亡。川楝素破坏昆虫中肠，可致组织病变；阻断中枢神经传导，导致虫体麻痹、昏迷；抑制解毒酶系，影响消化吸收；干扰呼吸代谢、抑制生长发育，蜕皮、变态时形成畸形虫体。

1.4.2.4 扰乱昆虫内分泌激素的平衡

印楝素抑制昆虫脑神经分泌细胞对促前胸腺激素 PTH 的合成与释放；影响前胸腺对蜕皮甾类的合成和释放；影响咽侧体对保幼激素的合成与释放；影响昆虫卵成熟所需的卵黄原蛋白合成而导致绝育。

1.4.2.5 产生光活化毒素

噻吩类能吸收光能，生成激发单重态，经系统间窜跃后成为激发三重态，处在三重态的光活化毒剂随即将激发能转移给基态氧，使之生成激发单重态，产生单线态氧。通过电子传递，它也可能产生过氧化物，过氧化物和单线态氧能破坏重要的生物分子。而呋喃香豆素、呋喃喹碱、呋喃色酮等化合物，不依靠氧原子直接与脱氧核糖核酸（DNA）起化学反应，从而产生毒杀作用。

1.4.3 几种重要的植物性杀虫剂

目前烟碱、苦参碱、楝素、茴蒿素和茶皂素等 16 种植物农药已正式登记注册，生产厂家达 46 家。特点是对人畜相对安全、对环境污染小、病虫害不易产生抗性；生产企业规模小，品种单一，发展困难；制剂化困难，产品质量不稳定；效果反应慢，应用推广存在一定难度；防治成本相对较高。

(1) 苦参碱。苦参碱是由中草药植物苦参的根、植株、果实经乙醇等有机溶剂提取制成的，是生物碱，一般为苦参总碱，其主要成分有苦参碱、槐果碱、氧化槐果碱、槐定碱等多种生物碱，以苦参碱、氧化苦参碱含量最高。苦参碱纯品为白色粉末。作用特点：苦参碱是天然植物性农药，对人畜低毒，是广谱杀虫剂，具有触杀和胃毒作用；本品速效性差，应在低龄期用药；对各种作物上的黏虫、菜青虫、蚜虫、红蜘蛛有明显的防治效果；在林业上用于防治松毛虫、杨树舟蛾、天幕毛虫、舞毒蛾、美国白蛾等。

(2) 阿维菌素。阿维菌素由放线菌经发酵产生的代谢产物大环内酯类抗生素杀虫、杀螨剂，具有胃毒和触杀作用。阿维菌素杀虫机制与一般杀虫剂不同，它干扰害虫神经生理活动，阻断运动神经信号的传递过程，当螨类成虫、若虫和有害昆虫幼虫与阿维菌素接触后即出现麻痹症状，不活动、不取食，失去为害作物的能力，2~3 天后死亡。因不引起害虫迅速脱水，所以杀虫速度较慢。用阿维菌素喷施叶表面的阿维菌素可迅速分解消散，但渗入植物薄壁组织内的活性成分可较长时间地存在于植物组织中，并有传导作用，这种作用决定了它对害螨和植物组织内取食为害的昆虫的长残效性。阿维菌素对捕食性昆虫和寄生性天敌虽有直接接触杀作用，但因植物表面残留少。因此，对益虫损伤很小。

(3) 苏云金杆菌。苏云金杆菌简称 BT，是包括许多变种的一类晶体的芽孢杆菌。原药为黄褐色固体，是一种细菌杀虫剂，属好气性蜡状芽孢杆菌群，在芽孢内产生伴孢晶体，为低毒杀虫剂，对动物、鱼类和蜜蜂安全。BT 主要是胃毒作用，可用于防治直翅目、鞘翅目、膜翅目，特别是鳞翅目的多种幼虫。苏云金杆菌可产生两大类毒素：内毒素（即伴孢晶体）和外毒素。伴孢晶体是主要毒素。当害虫摄入含有内毒素的食物进入碱性中肠后，可使肠道在几分钟内麻痹，

停止取食，并很快破坏肠道内膜侵入血淋巴，最后使害虫因饥饿或败血症而死亡。外毒素（a、b和r外毒素）作用是干扰抑制害虫脱皮和变态时有关酶的合成，从而影响害虫的生理生化进程。

（4）肉毒素。C型肉毒素属大分子蛋白质。易溶于水，无异味。具选择毒性，对鼠类高毒，对非靶动物毒性很低，对人、畜、禽较安全，尚未发现二次中毒。

1.5 天然产物在杀虫剂中的应用

农药是人类获得粮食，确保农业稳产、丰产不可缺少的生产资料。近百年来，农药为人类作出了巨大贡献。但是，一些传统的农药，有的由于毒性及对环境产生不良影响而被停止或限制使用，有的则由于抗性等问题严重影响了它的药效。为此，人们需不断开发对人畜安全及与环境相容性好的农药，以取代那些高毒、高残留及抗性高的农药。但是，由于化学合成农药的开发难度越来越大，经过几十年的筛选，已几乎遍及了人们可以想象的化学结构，且开发费用与登记费用也越来越高。寻找新的开发点，正是农药科技人员努力寻求的方向。

1.5.1 天然产物杀虫剂的优点

与化学农药比较，天然产物杀虫剂有着突出的优点：①由于它杀虫有效成分为天然物质，施用后较易分解为无毒物质，对环境无污染。例如，鱼藤菊酯这种杀虫剂，使用超高剂量喷施5d后，在土壤中已经检测不出有毒成分。而化学农药“DDT”，虽然在全世界已经禁用多年，但在我们密切接触的土地、水域及水产品中仍有较高的含量。②由于天然产物杀虫剂杀虫组分的多元化，使害虫较难产生抗药性。③天然产物杀虫剂对有益生物（即害虫天敌）安全。根据试验，使用鱼藤菊酯植物杀虫剂的常用剂量喷施，对蔬菜头号害虫萝卜蚜虫的防治效果达到99.85%，而对蚜虫天敌瓢虫的杀伤率仅为11.58%；对照使用的化学杀虫剂乐果乳油的两个指标分别为71.58%和28.54%。④有毒植物可以大量种植，而且开发费用也较低。目前已有产品：鱼藤氰系列产品、川楝素乳油、茛蒿素杀虫剂、谷虫净微粒剂和苦参杀虫剂等植物杀虫剂，已获准农业部农药注册登记。由于植株源农药的活性成分为植物的一类或几类次生代谢物质，其种类、含量受自身遗传因子、外界环境条件的影响，会有地域性和季节性等变化。并且活性成分在植物不同部分含量亦不同，特别是有些活性成分对光和热不稳定，稳定性不同，这给植物源农药开发利用带来一定的影响。

除此之外，国家农药品种结构调整、农业产业结构调整为生物农药产业化发展提供了政策上的引导和实施上的有力支持；高毒农药的淘汰腾出了广阔的市场