



全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定

农药概论

● 韩熹莱 主编

● 农药专业用

北京农业大学出版社

ISBN 7-81002-697-6



9 787810 026970 >

定价:19.80 元

全国高等农业院校教材
全国高等农业院校教材指导委员会审定

农药概论

韩熹莱 主编

农药专业用

北京农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

农药概论/韩熹莱主编. —北京:中国农业大学出版社,1995

全国高等农业院校必修教材

ISBN 7-81002-697-6

I. 农… II. 韩… III. 农药-基本知识 IV. TQ45:S48

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第00438号

出版 中国农业大学出版社
发行 中国农业大学出版社
经销 新华书店
印刷 涿州市星河印刷有限公司
版次 1995年6月第1版
印次 2005年6月第5次印刷
开本 16 印张16.75 千字418
规格 787×1 092
印数 10 001~12 000
定价 19.80元

图书如有质量问题本社负责调换

社址 北京市海淀区圆明园西路2号 邮政编码 100094

电话 010-62732633 网址 www.cau.edu.cn

前 言

“农药概论”即“农用药剂学概论”。先师黄瑞纶教授于1947年在原北京大学农学院农业化学系首先开设此课程,初名“杀虫药剂学”,并于1956年出版专著《杀虫药剂学》。1962年改课程名为“农药概论”,在授课的同时分段编写讲义,誊写油印后供学生使用。进入70年代后,农药科学迅速发展,品种更新,科研信息量几倍增长,先师曾几度表示要撰写新教材,并已开始筹备;遗憾的是老师过早地辞世了,宿愿未能实现。

1980年北京农业大学农药专业恢复招生,农药概论又重新开课,1983年由尚鹤言教授和我讲授并合编讲义,油印成册,经数年试用,效果不错;以后又编印了补充教材。根据国家教委的决定,“八五”期间在原讲义的基础上再补充修改,编写成教材正式出版;由我和张文吉教授执笔。

农药概论主要是比较全面地论述有关农药学科的基本概念和理论,对国内外重要农药品种的性能也概略介绍。内容尽可能多地从化学角度综合和分析,我们希望这会对读者在今后工作中的创造性思考有所帮助。由于农药学是涉及多种学科的综合学科,内容极为丰富,而且多年以来发展神速,资料浩瀚;本书却限于篇幅,不可能对各领域作更为详尽的叙述,可喜的是各相关课程均有专门教材配套出版以供读者参考。

本书包括绪论、总论和各论三部分共九章,第二、八章及第三章第三节除草剂作用机理,由张文吉教授编写。书稿写成后,承蒙钱传范教授认真审阅,使本书减少了不少错误,特此致谢。本书在取材和内容编排上做了些新的尝试,但由于编者水平所限难免有缺点和不当之处,恳请广大读者指出,以便我们有机会再版时修正。

北京农业大学农业应用化学系

韩 熹 策

1994.5

目 录

绪论.....	(1)
---------	-----

总 论

第一章 有关农药学的基本概念和认识.....	(3)
一、农药的定义、发展史	(3)
二、农药学的研究领域.....	(5)
三、农药的分类.....	(7)
四、农药的毒力、毒性和药效.....	(11)
五、农药对作物的药害和刺激生长作用	(15)
六、农药的选择性	(17)
第二章 农药剂型加工和应用	(18)
第一节 农药剂型加工的意义和农药分散度的概念.....	(18)
一、农药剂型加工的意义	(18)
二、农药分散度	(18)
三、农药分散度对农药性能的影响	(19)
第二节 农药助剂.....	(20)
一、农药助剂种类概述	(20)
二、表面活性剂的作用、种类和应用.....	(21)
三、表面活性剂在农药加工和应用中的作用	(26)
第三节 主要农药剂型.....	(27)
一、粉剂	(27)
二、可湿性粉剂	(29)
三、乳油	(30)
四、浓乳剂和微乳剂	(30)
五、悬乳剂	(31)
六、颗粒剂	(31)
七、油剂和超低容量喷雾剂	(32)
八、烟剂	(32)
九、缓释剂	(32)
十、其它农药剂型	(33)
第四节 农药的科学使用.....	(33)
一、农药科学使用的基础	(34)
二、农药的使用方法	(36)
三、农药的混合使用	(37)
四、农药混合使用可能出现的问题	(39)
第三章 农药的生物活性和作用机理	(41)
第一节 杀虫剂的作用机理.....	(41)

一、神经系统毒剂	(42)
二、干扰代谢毒剂	(63)
三、杀虫剂对昆虫皮肤的渗透	(66)
第二节 杀菌剂作用机理	(66)
一、干扰呼吸作用(影响生物氧化)	(68)
二、干扰生物合成	(72)
第三节 除草剂的作用机理	(77)
一、除草剂的吸收与传导	(77)
二、除草剂的作用机制	(79)
第四章 农药的降解及环境归趋	(84)
第一节 农药在生物体内的代谢	(84)
一、农药在哺乳动物体内的代谢	(85)
二、农药在其它动物体内的代谢	(85)
三、农药在植物体内的代谢	(86)
四、土壤中微生物对农药的降解	(86)
第二节 农药代谢过程中的主要反应类型	(86)
一、氧化	(88)
二、还原	(88)
三、水解	(89)
四、脱卤化反应及其它	(89)
五、轭合物的形成	(90)
第三节 农药的光分解	(93)
一、农药光化学分解的条件	(93)
二、光敏作用和消光	(93)
三、农药光分解举例	(94)
四、农药光解作用可能的实际应用	(95)
第四节 农药在土壤中的动态	(95)
一、农药在土壤中的残留动态	(95)
二、与农药分解有关的各种因素	(97)
三、农药在土壤中的迁移和吸附	(98)
四、土壤中农药的结合残留	(98)
第五节 农药的生物富集	(99)
第五章 农药对生态系的影响及抗药性问题	(103)
第一节 农药施用对生物群落的影响	(104)
一、农药施用对害虫天敌的影响	(104)
二、农药对传粉昆虫的影响	(106)
三、农药对土壤中生物的影响	(107)
四、农药对水生动物的影响	(110)
五、农药对鸟类的影响	(111)
六、农药对蚕的影响	(112)
七、除草剂对杂草生物群落的影响	(112)
第二节 防治目标生物对农药抗性的发展	(113)
一、害虫对杀虫剂的抗药性	(113)

二、病原菌对杀菌剂的抗药性	(119)
三、杂草对除草剂的抗药性	(121)

各 论

第六章 杀虫剂(杀虫、杀螨剂)	(123)
第一节 有机磷杀虫、杀螨剂	(123)
一、有机磷剂的化学结构和化学名称	(123)
二、有机磷剂的主要品种及性能	(125)
第二节 氨基甲酸酯类杀虫剂	(137)
一、主要品种及性能	(138)
二、其它有机氮杀虫剂	(140)
第三节 有机氯杀虫剂和杀螨剂	(141)
一、以苯为原料的有机氯杀虫剂	(141)
二、不以苯为原料的有机氯杀虫剂	(144)
三、有机氯杀螨剂	(145)
第四节 拟除虫菊酯类杀虫剂	(146)
一、天然除虫菊的兴起和没落	(146)
二、除虫菊有效成分的化学	(147)
三、合成拟除虫菊酯	(148)
第五节 特异性杀虫剂	(153)
一、昆虫激素	(153)
二、性引诱剂	(157)
三、化学不育剂	(159)
第七章 杀菌剂及杀线虫剂	(161)
第一节 保护性杀菌剂	(161)
一、铜、汞杀菌剂	(162)
二、无机硫及有机硫杀菌剂	(163)
第二节 内吸性杀菌剂	(170)
第三节 农用抗生素	(181)
第四节 植物杀菌素和植物防御素	(184)
第五节 杀线虫剂	(185)
第八章 除草剂和植物生长调节剂	(189)
第一节 除草剂的选择性原理	(190)
一、形态选择	(190)
二、生理选择	(190)
三、生化选择	(191)
四、人为选择	(195)
第二节 除草剂的科学使用	(198)
一、影响药效和药害的环境因素	(198)
二、除草剂在环境中的降解与消失	(200)
三、除草剂的使用方法	(203)
第三节 常用除草剂类型及品种	(205)

一、酚类	(205)
二、苯氧羧酸类	(205)
三、苯甲酸类	(208)
四、二苯醚类	(211)
五、二硝基苯胺类	(212)
六、酰胺类	(214)
七、氨基甲酸酯类	(217)
八、硫代氨基甲酸酯类	(219)
九、脲类	(223)
十、磺酰脲类	(226)
十一、三氮苯类	(229)
十二、季胺盐类	(232)
十三、有机磷类	(234)
十四、其它化学结构类型的除草剂	(235)
第四节 植物生长调节剂	(238)
一、品种类型及主要品种	(239)
二、性能特点及使用时应注意事项	(244)
第九章 熏蒸剂和杀鼠剂	(246)
第一节 熏蒸剂	(246)
一、影响熏蒸效果的因子	(246)
二、常用熏蒸剂的品种和性质	(248)
第二节 杀鼠剂	(250)
一、急性杀鼠剂	(252)
二、抗凝血杀鼠剂	(253)
三、杀鼠剂的使用方法	(257)
四、毒饵投放方法	(258)

绪 论

在全世界范围内,人口、粮食、能源和环境是四大突出问题,现在全世界人口近 50 亿,每年还要增加大约 8 000 万人。根据现有的粮食供应情况,约有 15 亿人是营养不良的,5 亿人仍然吃不饱,这主要是在占人口 72% 的第三世界国家。所以提高粮食产量是当前和今后世界范围内的首要问题。

建国以来,我国的农业有了很大发展。农业是国民经济的基础愈来愈为人们深刻认识。改革开放政策,大大地调动了各方面的积极性,农业生产有了很大发展。但是我国有 11 亿人口,人均占有的农产品数量仍然不多,所以必须进一步提高单位面积产量,利用各种新的有效科学技术成就,在有限的耕地上,提供更多的农副产品以满足社会需要,为实现四个现代化创造条件。

做好植物保护工作是保证单位面积稳产、增产的重要方面之一,因为由于病、虫、草、鼠而使农作物遭受的损失是十分惊人的。由于作物的种类、地区不同,为害损失的估计差别很大。一般估计平均损失占总农作物产量的 30% 以上,如果不进行防治,将有总产量的 $1/3 \sim 1/4$ 不能到手。

我国的植保方针是“预防为主,综合治理”,对综合治理的正确理解应该是从生态学观点出发,综合利用一切有效的防治措施,物理、机械的,农业栽培、耕作的以及生物防治和化学防治,并且使它们协调起来。这与 70 年代国外提出的“害物综合治理”(IPM)没有本质上的不同。应该强调的是要根据不同作物、不同病虫害而灵活运用各种防治手段,避免单纯依赖某一种措施来解决植保问题。防治的目的是不造成危害,因此,对防治的要求压低到病虫害不致造成经济上损失为度。要求彻底消灭,既是不可能的,从生态学观点看也是不必要的,甚至是有害的。在综合治理体系中,使用农药进行化学防治占有重要地位,不仅防治病虫害是如此,在消灭杂草方面尤其是如此。在世界范围内,化学除草剂占全部农药的比例,70 年代以来有了很大增长,就充分说明了这一点。化学防治有其自己的优点,一般表现为效果迅速而经济效益大。根据作物的不同,每投资 1 元农药可挽回数元至十余元的损失。我国过去几十年的经验证明,农药的使用对农业增产起了重要的积极作用。目前以及可预见到的将来,化学防治仍然是综合治理中的主要措施,农业生产上不可缺少的增产手段。

但是,任何事物都是一分为二的,农药的使用也有产生不良副作用的一面。尤其是在大量不合理使用或滥用的情况下,有可能造成严重不良后果,对此决不能掉以轻心。大量事实证明,使用中可能产生的问题主要有以下几个方面:

- (1)使用时的危害,主要是人畜中毒及对植物产生的药害;
- (2)防治对象抗药性的发展;
- (3)对非防治对象的影响,生态平衡的破坏,病虫草害的再度猖獗;
- (4)对环境的污染及食品中的农药残留,对人的潜在性慢性毒害。

由于对上述问题的重视,广泛进行了研究,70 年代以来农药科学在广度和深度上,都有了很大进展,近代微量分析技术的广泛应用,数学模拟方法的渗入,使农药科学领域中逐渐形成

了一些新学科分枝。农药已经是涉及多种化学及生物学分枝学科各领域的综合性科学。

在我国虽然使用农药的历史记载,可追溯到二千多年以前,但真正现代化学农药的生产和发展是在中华人民共和国成立以后。1950年开始研制有机合成农药,1952年开始陆续投产了有机氯杀虫剂、有机磷剂的若干品种,40多年以来品种数量和总产量不断增加,近几年年产原药达20多万吨,品种已达数百个,但是在品种结构上还不合理,杀虫剂所占比例太大。此外,也缺乏我国自己创制的品种。如何进一步调整品种结构和创制高效、低毒、低残留农药;研究应用技术使农药的使用更安全、合理和经济,这是我国农药当前和今后的主要研究课题。

近几年来,国外新的高效、无污染的农药品种有了很大发展,例如杀虫剂中的拟除虫菊酯类,杀菌剂中的麦角甾醇合成抑制剂,除草剂中的磺酰脲类等等。这些药剂的生物活性极高,所以田间用量很少;在环境中易分解而无积累和扩散,因此大大减少了不良副作用发生的可能性。尽管对农药的要求愈来愈严格,新品种的开发受到种种限制,但事实证明,农药的发展仍然有着广阔的前景。

总 论

第一章 有关农药学的基本概念和认识

一、农药的定义、发展史

1. 农药的定义 什么是农药? 其含义和范围究竟是什么? 应该有一个明确的界定,但是由于历史原因,农药似乎仍然有广义和狭义两种解释。前者包括所有在农业上使用的化学品,例如日本早期(1948年)公布的“农药管理法”就有这种解释,英美至今仍有沿用“agricultural chemicals”这一名词的,事实上这一名词也包括化学肥料在内。狭义的解释一般是指用于防治农、林有害生物(病、虫、草、鼠等)的化学药剂,以及为改善其理化性状而用的辅助剂。在农药的概念中还包括植物生长调节剂,虽然它与病虫害防治药剂使用的目的不同,仍然包括在农药范围之内。目前在国际交流中,已能用“pesticide”(农药)其含义和范围也大体是一致的。

农药广泛用于农、林业生产的产前和产后,事实上其应用远远超出了农、林业的范围,有的品种同时也是工业品的防蛀、防腐以及卫生防疫上常用的药剂。就绝大多数品种来说,主要是由化学工业生产而用于农、林业的化工产品,是农业生产不可缺少的生产资料之一。用农药防治农业病虫草害等有害生物称为“化学保护”或“化学防治”;用于植物的生长发育调节则称为“化学控制”。

2. 农药的起源与发展 农药的使用历史应该从公元前1000~2000年算起,不过,最初人们只是根据直观经验,使用一些天然矿物性物质或有毒植物,零散地对一些有害生物进行自发防除。中国是民间使用药物防除农作物病虫害很早的国家。古代的民间传说和著名著作,例如明朝万历年间李时珍的《本草纲目》(1596年);明朝崇祯年间宋应星的《天工开物》(1637年)中,都有砒、汞、铅、铜等防病治虫的记载。但是,在长达几千年的历史过程中并未形成农药的概念。就世界范围看,初期农药概念还是从欧洲开始形成的。大约19世纪中期,三大杀虫植物除虫菊、鱼藤和烟草作为世界性商品开始在市场销售。随后的砷酸铅、砷酸钙以及硫酸烟碱的工业化生产,标志着农药不仅已成为商品,并且已进入化工产品行列之中。19世纪末期,由石硫合剂的广泛使用到法国科学家米拉德(A. Millardt)发现波尔多液,表明农药已开始进入科学发展阶段。不过直到20世纪40年代以前,农药商品种类少,主要是无机物和天然植物,应用面也只限于果树、蔬菜等的病虫害防治。

1938年瑞士科学家米勒(P. Müller)发现了滴滴涕的杀虫活性以后,有机合成农药迅速发展。由于滴滴涕对病媒昆虫的突出效果,使千百万人免于恶性传染病的致命灾难。因此,米勒于1948年被授予诺贝尔医学奖。滴滴涕对许多农林害虫的药效,也都超过了已有的无机和天然杀虫剂。二次世界大战期间,德国的施拉德(G. Schrader)对有机磷、氟化合物进行了大量研

究,开辟了有机磷药剂这个新领域。人们普遍认为有机合成药剂存在很大潜力。在化学家和生物学家密切合作下,又不断研制出多种有机氯、氨基甲酸酯杀虫剂;在杀菌剂中二硫代氨基甲酸盐等保护剂的应用;2,4-滴特殊生理效应的发现,使有机合成农药得到了全面而又迅速的发展。

由于有机农药品种多、效果好、见效快、成本低和使用方便的突出优点,一时普遍认为似乎只有化学药剂才是解决植保问题的唯一有效办法。忽视了大量使用农药可能带来的多方面的不良影响。尤其是性质稳定,在自然界难于分解的有机氯、有机汞剂危害很大。1962年美国海洋生物学家卡逊女士(R. Carson)的《寂静的春天》一书出版,引起了很大震动。她根据一些调查资料,用夸张的手法描绘了无限制使用农药的悲惨前景。一些人开始怀疑农药的使用前途,少数人公开反对使用一切农药。这一世界性的争论,促进了农药科学向更广阔、更深入的方向发展。

农药的毒性(急性和慢性),对生态环境的影响以及抗药性,是须要认真解决的三大主要问题。为了根本解决上述问题,一些学者提出应该改变传统农药主要以杀死有害生物为目标的概念,有效药剂也可以是对有害生物的生理、行为有较长期的影响,使其不能继续繁衍为害,即所谓“非杀生性(non-biocidal)农药”,另一类似提法为“软(soft)农药”。相对于“硬(hard)农药”,其意即软农药的活性作用比较缓和。70年代开始,大力发展易在自然界降解的合成农药的同时,昆虫生长调节剂(内外激素、抗几丁质合成剂等)以及拒食剂都有了较大发展,出现不少实用化的品种。杀菌剂中利用生物体内广泛存在的固有化学物质,例如氨基酸、脂肪酸及糖类等防治植物病害也有了较大进展,对这些药剂人们有时称其为“无公害农药”。非杀生性农药的概念还扩大到了“生态化学物质”(ecochemicals)。因为生态化学物质不只限于昆虫间的信息传递,而且广泛存在于农作物、杂草、害虫、天敌以及微生物间。充分发掘这类生态化学物质并加以利用,可大大克服传统农药常有的缺点,使农药向品种多样化和理想化方面有更大的进步。

为了解决传统农药存在的缺点,70年代以来,在研制新型药剂及改进施药技术、加强法制管理等方面,都有了突出的进展,主要表现在:

(1) 毒效大幅度提高 光稳定性拟除虫菊酯的合成成功最具代表性。这类高效药剂对光稳定所以能广泛用于农业害虫的防治,开辟了菊酯使用的新领域,尤其是这类药剂的杀虫活性很高,使田间亩用量降低到以克计。杀菌剂中三唑酮等麦角甾醇合成抑制剂,有效成分的亩用量也由传统杀菌剂的100 g左右减少到10 g左右;磺酰脲类除草剂在有效成分亩用量1 g以下时,仍有很高活性。毒效大幅度提高,使田间用量大为降低,从而减少了环境污染以及残毒问题产生的可能性。

(2) 剂型和使用技术的发展提高 为了满足使用时的不同要求,包装、运输、贮藏和使用上的安全、方便,研制了许多新剂型,现在一种原药可加工成多达数十种不同规格、不同剂型的商品以适应需要。例如,研制成功可以控制有效成分释放速度的微囊加工技术,使微囊剂有所提高。正在研究的一种新剂型称为“空中微囊化剂”,能使喷雾液形成雾滴后,在空中运动过程中实现微囊化(in-flight encapsulation),由于微囊是在到达靶标前刚刚形成,所以附着性增加了,减少了药液的流失。70年代开始研究并受到重视的静电喷雾也开始实用化。这种施药方法提高了雾滴趋向靶标的动能,不仅减少了飘移损失,而且植物叶片正反两面都能附着药剂,喷药质量大为提高。

(3) 法制管理的加强 70 年代以来,不少国家都制定或修定了农药管理法规。各国根据具体情况,颁布了诸如安全使用规程、安全使用间隔期等规定。但是对农药开发和研究工作影响最大的是登记注册制度管理的加强和完善。此外,以一些在环境中稳定不易分解的农药品种,采取了限用或禁用措施。在登记时普遍增加了有关安全性全面评价的资料内容,而且必须经有关部门对各种资料进行严格审查后,才决定是否批准生产销售、使用。日本、美国和德国的规定最为严格,除急、亚急性毒性试验数据外,70 年代以来陆续增加了慢性毒性(包括致癌、致畸、致突变等)以及在多种生物体内的代谢和残留性资料。另外,对水生生物和其它经济动物(如蜜蜂、蚕等)的影响也必须提供试验资料。对农药这种严格的要求使新农药的开发成功率不断降低,开发周期大大延长,耗资也增多。管理的加强对农药的安全合理使用及减少对环境、生态的不良影响起了积极作用,而且也激发了农药科学向更深入更广阔的方向发展。

从农药品种的发展历史看,一般认为大体可分为三个时期。

a. 无机及天然物利用时期 三大天然杀虫植物除虫菊、鱼藤和烟草的强大杀虫作用,虽然早已被确认,但是真正作为杀虫剂商品在市场销售,开始于 19 世纪中期。1880 年以后,石灰硫黄合剂广泛用于防治植物病害,1882 年发现波尔多液,1892 年美国使用砷素杀虫剂,1910 年硫酸烟碱商品化标志着农药主要是无机及天然产物的利用时期。由于需要量不断增加,农药制造也开始成为化学工业的组成部分之一。

b. 有机合成农药时期 1938 年滴滴涕杀虫活性被发现以后,农药即进入新的历史时期。人们看到了有机化合物作为农药存在着极大潜力,广泛开展了开发研究,陆续出现了六六六等有机氯杀虫剂,西维因等氨基甲酸酯杀虫剂以及代森类杀菌剂。战后不久,有机磷杀虫剂得到了迅速发展,很快成为杀虫剂中品种最多、应用最广的一类药剂,并且在杀菌剂和除草剂中都得到了发展。1944 年美国发现了 2,4-滴的特殊生理活性,此后除草剂和植物生长调节剂也得到了发展。第二次世界大战战后仅 20 余年,农药产量就较战前增加了至少 40 多倍,可见发展之快。各种类型有机合成农药品种和数量的迅速增长以及广泛使用,又促进了农药各方面研究工作的进一步开展。

c. 新型农药发展时期 为了克服农药的缺点,农药的开发研究更加注意发掘天然活性物质,进而人工模拟合成更高效安全的类似化合物,此外还注意研究筛选具有特异生理活性的物质。保幼激素、脱皮激素以及性外激素、抗几丁质合成药剂等,70 年代以来都有了很大进展,不少药剂已开始在生产上试验应用。由于这类特异性药剂以及拟除虫菊酯等高效药剂的大量被开发应用,一般认为这标志着农药已进入了新的发展时期。有人还将这些特异性农药称为“第三代农药”。

二、农药学的研究领域

农药是以化学、化工和生物学各有关分支学科的理论和技术为基础,相互渗透、密切结合的综合性学科。一个实用化农药品种的开发,要综合运用各有关学科的理论和技术,经过农药本身的研制开发程序才能实现(见图 1-1 开发程序图)。

农药学科的研究领域一般划分如下:

1. 农药合成 以有机化学的基本理论和新技术,研究合成具有各种生理活性和化合物;再通过各项生物测定筛选出有开发前景的有效化合物。对可能进行实用化生产的化合物,还

使理论研究进一步深化。

3. 农药分析及残留 应用化学定性、定量分析的基本原理和方法,对农药成分及理化性状进行分析,以检定农药质量或研究农药在动植物体内以及环境中的残留。由于仪器分析的发展和普及,气相色谱、液相色谱等精密分析方法不仅广泛用于残留分析和代谢、光解研究,也已用于产品质量控制。80年代以来,高精度的色质联用仪以及专化性很强的酶联免疫法也都在残留分析中开始应用。

4. 生物测定和药效试验 农药的生物活性必须由供试生物对其产生的特定生理反应来决定。决定生物活性类型和大小的测试过程,称生物测定。传统农药一般是观察供试生物的死亡、抑制生长发育或发病程度等与剂量的关系,以确定生物活性的大小。另有一些特定测试方法用来明确药剂的作用方式。由于供试生物不同,测试方法也是多种多样的,但一般都是在控制的条件下进行,以便于对生物活性的比较。70年代以来,由于具有各种特殊生理活性的化合物不断出现,生物测定方法也在不断发展。例如,研究利用昆虫神经电生理的方法,检测化合物对昆虫的拒食活性已取得了进展。杀菌剂生物测定也由传统的病原菌离体试验方法为主,转变成包括寄主植物在内的活体试验为主。因为不少杀菌剂通过寄主植物的作用,才能表现出对病菌的高活性。活体试验必须在温室培育大量寄主植物,繁琐费时,耗资较大。80年代以来,介于活体与离体之间的植物组织培养生测方法的研究和探讨,受到了广泛的重视,很有可能发展成一类新的杀菌剂生物测定方法。药效试验是检验农药在实际使用条件下的综合效果。一般在田间进行以求符合实际。大面积示范或推广使用之前,都必须进行田间小区试验为实际应用提供依据。田间试验要采用正确的田间设计,以便于统计分析。

5. 农药毒性和毒理 以生物个体为对象研究农药对哺乳动物毒性、毒理及防治对象的作用机制。研究目的主要是为了人身的安全以及为研制高效、低毒新品种提供线索。近十几年以来,有害生物抗药性的严重发展,引起了广泛地注意。抗药性机理的研究,与代谢、毒理研究关系密切,起到了相互促进的作用。由于生物学、生理学和生物化学的最新进展,使作用机制的研究已由细胞水平进入到分子水平。在作用机制的研究中,一些偶然现象常成为新型农药研制的有益启示,乙烯利、除虫脲、水杨硫磷等的发现过程,就是最好的事例。最近对双环状磷酸酯的氧化代谢研究中,偶然发现该化合物对神经传导介质 γ -氨基丁酸(GABA)有特殊作用,这一发现对研制新类型神经毒杀虫剂很有帮助。

6. 农药环境毒理 农药种类繁多,性质各异,用途和使用方法也不一样,因此在环境中的行为和对生态的影响是很复杂的。为了减少不良副作用,农药在大量推广使用以前,必须进行环境毒理学的有关研究。其主要内容包括两个方面。一是农药施用后在环境中的物理、化学变化和归趋;例如物理性迁移(飘移、沉降、挥发、吸附、淋溶、流失等)以及降解、代谢、光解等化学变化。其次是残留农药及代谢物在转移变化过程中,对环境和非靶标生物群体的影响。持久性的高残留农药,通过食物链在生物体内逐级富集,对处于高位的生物和人类会造成潜在的危害,因此农药的环境毒理受到重视,自70年代以来、一直是农药管理中重要的考察内容。

三、农药的分类

农药的品种很多,为了研究和使用的方便,按不同角度须要把农药进行分类。

1. 杀虫剂(包括杀螨剂) 用于防治害虫的药剂称杀虫剂。许多杀虫剂兼有杀螨作用,

所以一般兼有杀螨作用的杀虫剂也称杀虫杀螨剂。但是另有一类药剂只有杀螨作用而无杀虫作用，这类药剂即单独称为杀螨剂。大多数杀虫剂不能用于防治植物病害，但也有少数品种兼有杀虫和防病作用，例如，石硫合剂可杀螨又能防治白粉病；有机磷杀菌剂既能防治稻瘟病又能兼治飞虱、叶蝉。

按来源杀虫剂又可分为以下类别：

(1) 植物性杀虫剂 以野生植物或栽培植物为原料，经过加工而制成的杀虫剂。除虫菊、鱼藤、烟草是使用历史最悠久的三种杀虫植物，目前已很少使用。我国的野生植物能杀虫的很多，但有效成分含量很低，一般只能就地取材，就地利用，不宜长途运输进行大规模工厂加工。

(2) 微生物杀虫剂 利用能使害虫致病的微生物（真菌、细菌、病毒等）制成的杀虫剂。例如苏云金杆菌、白僵菌等。

(3) 无机杀虫剂（矿物性杀虫剂） 有效成分为无机化合物或利用天然矿物中的无机成分来杀虫的，统称为无机杀虫剂。例如砷酸铅、砷酸钙、白砒等。

(4) 有机杀虫剂 杀虫有效成分为有机化合物。又可分为：

a. 天然有机杀虫剂 直接利用天然产有机物，如矿物油、植物油乳剂，棉油皂，松脂合剂等。

b. 有机合成杀虫剂 现代杀虫剂以此类药剂为主，品种多，用途广，一般药效比较高，使用经济。

(a) 有机氯杀虫剂 含有多个氯原子的有机化合物，又可分为以苯为原料的和以苯为原料的有机氯剂，前者如著名的品种滴滴涕、六六六，后者如狄氏剂、艾氏剂。这些药剂大都被限用或禁用。

(b) 有机磷杀虫剂 含磷有机化合物，主要是磷酸酯和硫代磷酸酯化合物，如敌敌畏、对硫磷等。

(c) 有机氮杀虫剂 这一分类名词出现的比较晚，含义也比较笼统，许多化学类型不同，性质各异的杀虫剂都可包括在内，所以不仅包括氨基甲酸酯这类品种较多的杀虫剂，也包括像杀虫脒这样的脒类化合物。也有人并不把氨基甲酸酯归于有机氮杀虫剂中，而单列一类。

(d) 拟除虫菊酯类杀虫剂 简称菊酯类杀虫剂，为人工合成的除虫菊有效成分类似物，70年代以来发展较快，目前商品化的品种已有数十个。

为了研究和应用上的方便，杀虫剂还可按其作用方式作下列分类：

①胃毒剂 药剂通过害虫的口器及消化系统进入体内，引起害虫中毒死亡。例如砷酸类杀虫剂主要是胃毒作用杀虫，所以只能用于咀嚼口器的害虫，如蝗虫、蝼蛄、粘虫等。对刺吸口器害虫如蚜虫无效。

②触杀剂 药剂通过接触害虫体壁渗入体内，使害虫中毒死亡。目前大量应用的品种，无论是有机磷、有机氯或氨基甲酸酯，大都是以触杀作用为主兼有胃毒作用，适用于各种口器的害虫，对于体表具有较厚蜡层保护物的害虫，如介壳虫常常是效果不佳。

③熏蒸剂 药剂在常温常压下能气化或分解成有毒气体，通过害虫的呼吸系统进入虫体中毒死亡。例如溴甲烷、磷化铝、氢氰酸等。熏蒸剂一般应在密闭条件下使用，除非在特殊情况下，例如土壤熏蒸，否则在大田条件下使用效果不易得到保证。

④内吸杀虫剂 药剂通过植物的根、茎、叶或种子，被吸收进入植物体内，并在植物体