

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 综合防治”对综合防治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“害虫综合治理”(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。在综合防治体系中,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防治中的主要措施,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. Millardet）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惟一有效办法。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

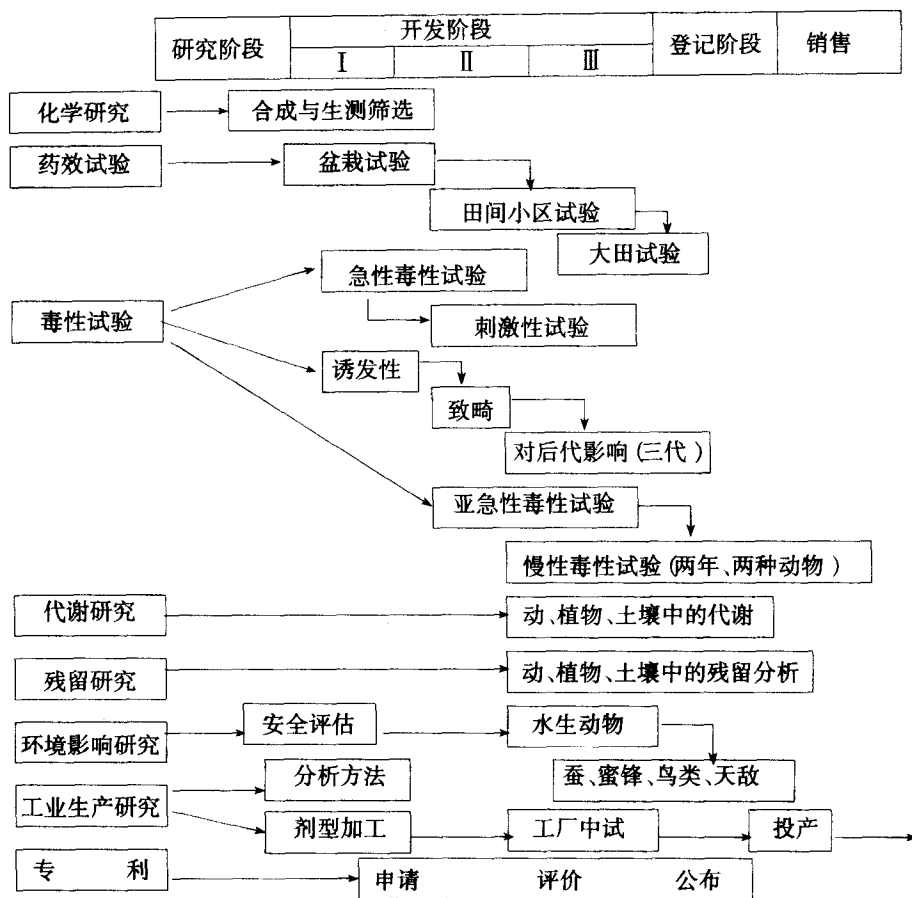


图 1-1 新农药开发过程

要研究其最佳合成路线，进行中间试验，为正式生产提供数据。以往合成的主要设计思路，一直是根据已知生物活性与化学结构关系的启示，合成大量系列化合物进行生物活性筛选。70年代以来，由于对农药各方面性能要求愈来愈高，筛选成功率大幅度降低。因此，广泛探求生物源（动植物、微生物等）活性物质，确定活性骨架的化学结构，发掘先导化合物，进而合成筛选出最有效的化合物，就成为新型农药研制的重要途径。此外，新农药类型的发现也常受毒理机制、代谢等研究过程中偶然现象的启发而获成功。80年代以来，利用酶催化拆分技术及不对称合成方法，合成高活性光学异构体的研究有了很大进展，使农药向精细化学品方向前进了一大步。

2. 农药剂型加工及应用技术 大多数农药的有效成分不能直接施用，必须进行加工制成各种剂型和制剂，以满足实际使用时的各种要求。农药的各种剂型也是农药商品销售、流通的主要形式。剂型的加工主要是应用物理化学原理，研究各种助剂的作用和性能，采用适当的方法，制成不同形式的制剂，以利在不同情况下充分发挥有效成分的作用。加工成的剂型要求贮藏稳定和对使用者安全。农药的加工与应用技术有密切关系，高效药剂必须配以优良的加工技术以及适当的施药方法，才能充分发挥有效成分的应有效果，减少不良副作用。现代化学农药的超高效性以及实用上的多样化要求，促进了剂型加工技术的发展和提高，也

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，高精度的色谱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：

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。

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。

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。

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

内输导。害虫为害植物时取食药物而中毒死亡。有的药剂仅能渗透植物表皮而不能在植物体内传导，则不能称为内吸性药剂。前者如内吸磷、乐果等为内吸剂，而后者如对硫磷则不是内吸剂。一般来说，内吸剂对刺吸口器害虫效果最好。

特异性杀虫剂 这类药剂不是直接杀死害虫，而是通过药剂的特殊性能，干扰或破坏昆虫的正常生理活动和行为以达到杀死害虫的目的，或影响其后代的繁殖，或减少适应环境的能力以达到防治目的。这类药剂按其不同的生理作用又可分为以下数类：

a. 拒食剂 药剂被害虫取食后，影响其正常食欲，由于拒绝取食而致饿死。例如拒食胺。最近对多种楝科植物种子的提取物，研究证明多种成分都有拒食作用。

b. 诱致剂 引诱害虫前来再集中消灭的药剂。根据诱致作用的不同，又分为性诱致剂、食物诱致剂、产卵诱致剂等等。近几年来性诱致剂由于性外激素的研究进展较快，大量合成了性外激素的类似物。因此，性诱致剂除在预测预报得到应用外，有的也已在生产上为防治目的而使用。例如红铃虫性诱致剂等。

c. 不育剂 药剂进入虫体，破坏害虫的正常的生殖功能，使其不能正常繁殖后代，达到防治目的。化学不育剂主要作用于昆虫生殖系统，可造成雄性或雌性不育，或兼作用于两性，在一定条件下，对有性繁殖的昆虫可导致种群消灭。近些年来，化学不育剂的研究很多，已有数百种化合物进行过试验，但是实际应用的还没有，一个重要的原因是对人畜的安全问题。例如烷化剂（Alkylating agent）中的绝育磷，虽然有良好的不育效果，但对人畜的毒性也较大，很难广泛使用。最近由喜树（*Camptotheca acuminata*）中提出的生物碱（喜树碱），据说对家蝇有显著的不育效果，颇值得注意。

d. 昆虫生长调节剂 包括保幼激素、脱皮激素、抗保幼激素、抗几丁质合成剂等等。这类人工合成的激素类似物，可以破坏昆虫的正常的生理功能，如干扰变态、打破滞育等致使害虫死亡。这类药剂的研究发展很快，有的已在生产上广泛使用。

e. 驱避剂 药剂本身不具杀虫作用，仅能使害虫忌避，可减少害虫为害，在卫生防疫上用途较大，例如避蚊油。

以上是按杀虫作用方式分类，但许多杀虫药剂都具有多种作用，例如六六六不仅有胃毒作用，而且有强触杀作用和一定的熏蒸作用，有机磷剂的一些品种都兼有胃毒、触杀、内吸和熏蒸几种作用。很难归类。一般以其主要作用方式为分类标准。

2. 杀菌剂 杀菌剂主要是用来防治植物病害的药剂。由于植物病原微生物的不同，杀菌剂可按防治对象分为杀真菌剂（主要防治真菌病害）、杀细菌剂（主要防治细菌病害）；还可按使用方法分为种子处理剂（处理种子）、土壤消毒剂（土壤消毒处理）、喷洒剂（生长期植物喷布使用）等等；根据作用方式又可分为保护剂（主要用于病菌侵入植物以前），治疗剂（主要用于植物病菌已经侵染植物，施用药剂抑制病害发展）。目前使用较多的，实际上是内疗剂，即药剂通过内吸输导，在植物体内起治疗作用，另一类外部治疗剂与此不同，仅能消灭植物体表面的病原菌。内吸剂发展较晚，内吸作用即内疗作用，具有这种作用的杀菌剂通常称为内吸杀菌剂，内疗剂这一名词用的不多了。

杀菌剂根据其化学组成或来源而分类，类别比杀虫剂多，列举如下：

(1) 无机杀菌剂 利用无机物或天然矿物制成的杀菌剂，又分为无机硫制剂，例如硫悬浮剂、石硫合剂等；铜制剂如硫酸铜、波尔多液等。

(2) 有机合成杀菌剂 人工合成的具有杀菌作用的有机化合物。按化合物类型又可分为：

- a. 有机硫杀菌剂 如代森类、福美类、灭菌丹等；
- b. 有机磷杀菌剂 如稻瘟净、克瘟散等；
- c. 有机氯杀菌剂 如五氯硝基苯、六氯苯等；
- d. 有机汞杀菌剂 如醋酸苯汞、氯化乙基汞等；
- e. 有机砷杀菌剂 如稻脚青、田安等；
- f. 有机锡杀菌剂 如三苯醋酸锡等；
- g. 醌类杀菌剂 如二氯苯醌、菲醌等；
- h. 有机铜杀菌剂及其它。

由于杀菌剂的品种类型较多，为了方便，有的把含品种较多的几种类型以外的品种，全部归于两大类，即取代苯类和杂环类。前者把可以看作是苯的衍生物的杀菌剂均包括在内，例如托布津类、敌克松、敌锈钠等。后者包括所有含杂环的化合物，品种类型较多。尤其近些年来内吸杀菌剂发展很快，这类药剂包括的品种愈来愈多；许多内吸杀菌剂都归于这类。

(3) 植物杀菌素和农用抗生素 植物杀菌素存在于高等植物，虽然研究较多，历史也较长，但真正大量实际使用的不多。大蒜素最具代表性，目前实际应用的是其合成的类似物。农用抗生素与杀菌素不同，它主要是微生物（放线菌）的代谢产物。农用抗生素是专为防治植物病害而筛选获得的，早期应用的农用抗生素也是医用抗生素，例如青霉素、链霉素等，只是产品纯度要求较低，以降低成本。井冈霉素、春雷霉素都是专门用于农业的抗生素。

3. 杀线虫剂 一类防治植物线虫的药剂。老的杀线虫剂多具熏蒸作用，近年来发展的杀线虫剂就不一定如此。例如呋喃丹，它既是内吸杀虫剂，也是内吸杀线虫剂。一些有机磷杀线虫剂如除线磷、除线特均为强触杀性药剂。

4. 除草剂 能防治杂草和有害植物的药剂称除草剂，也称杀草剂或除莠剂。根据用途可分为灭生性除草剂和选择性除草剂，前者对植物没有选择性，可消灭一切植物，主要用于非耕地，清除路边、场地、森林防火带的杂草、灌木等；后者只对某些科属植物有毒杀作用，对其它科属植物无毒或毒性较低。这是一类广泛使用而且品种很多的除草剂。如敌稗能杀死稗草但对水稻无害。

根据除草剂的作用方式可分为触杀型除草剂和内吸性除草剂。后者能内吸并在植物体内输导，破坏植物的正常生理机能，使植物死亡。例如2,4-滴等。前者不具内吸性，只是植物接触到的部分组织受到破坏而枯死。例如五氯酚钠等。

灭生性和选择性只是相对而言，根据用量和方法的不同，同一种药剂可以是选择性的，也可以是灭生性的。

除草剂按化学组成为无机除草剂和有机除草剂。前者主要是无机化合物，例如氯酸钠、亚砷酸等。这类药剂一般都是灭生性的，在农业上很少应用。有机合成除草剂在除草剂中品种最多，用量也最大，化合物的类型也比较多，可作如下分类：

- a. 苯氧羧酸类 如2,4-滴系列除草剂；
- b. 醚类 如除草醚、草枯醚等；
- c. 酚类 如五氯酚钠等；
- d. 酰胺类 如敌稗等；
- e. 氨基甲酸酯类 如杀草丹、灭草灵等；
- f. 取代脲类 如利谷隆、灭草隆等；

- g. 三氮苯类 如西玛津、阿特拉津等；
- h. 其它（包括微生物除草剂鲁保一号）。

5. 杀鼠剂 毒杀鼠类的药剂。一般都是胃毒剂，可分为无机杀鼠剂和有机杀鼠剂。前者如磷化锌，后者如安妥、敌鼠等。按毒作用快慢可分为急性杀鼠剂和慢性杀鼠剂（抗凝血剂），前者如安妥，后者如杀鼠灵（Warfarin）。

6. 植物生长调节剂 可以促进或抑制植物的生长、发育，有的可以提高植物的蛋白质、糖类含量，有的可以增强植物的抗逆能力，效应多种多样。用法用量不同可得到完全不同的结果。一般根据用途不同可分为脱叶剂、催熟剂、催芽剂、抑芽剂、保鲜剂等。例如萘乙酸、赤霉素、缩节胺等。

7. 农药助剂 大多数农药的原药必须加工制成各种剂型和制剂才能使用，加工时一般要加入各种助剂，助剂本身一般没有生物活性。但它是改善农药制剂理化性状不可缺少的。按用途可分为：

a. 填料 用来稀释原药，使固体原药便于机械粉碎。增加原药的分散性以便使少量的有效成分均匀地喷布在大面积上。一般所谓填料主要指加工原药成粉剂和可湿性粉剂时所用的惰性粉，如粘土、高岭土、滑石粉、硅藻土等。

b. 溶剂 用于溶解原药便于加工成液体制剂，如二甲苯、溶剂油等有机溶剂。

c. 湿润剂或展布剂 是一类表面活性物质，用于可湿性粉剂，可以使药剂颗粒容易被水湿润而悬浮于水中。雾滴在植物、病虫体表容易湿润展布，减少流失，增加覆盖面积，提高防治效果。例如茶枯、皂角、纸浆废液、拉开粉及其它有机合成表面活性剂等。

d. 乳化剂 一类表面活性剂，可使互不相溶的两种液体，一种分散在另一种液中。原药加工成乳油时必须加入高效的乳化剂，使成稳定的透明油状液体。对水使用时，乳化剂可使药剂以极小的油滴分散在水中，形成稳定的乳状液。

e. 分散剂 具有防止粉剂絮结的助剂。

f. 固着剂 增加药剂对喷布表面附着能力的助剂，如大豆粉、树胶等。

g. 稳定剂 能防止各种加工制剂在贮藏中物理性状变坏、悬浮率降低或防止有机磷粉剂在贮藏中分解的助剂。

h. 增效剂 一般本身没有或仅有微弱的毒杀活性，但能使有效成分防治效果增强，称增效剂。例如芝麻素可作除虫菊制剂的增效剂。一些抗药性害虫也可以因加入增效剂而敏感性得到恢复。

四、农药的毒力、毒性和药效

农药所以对有害生物具有防治效果，除一些特异性杀虫剂外，基本上都是由于药剂对生物体具有毒效。表示农药毒效的大小，常称为毒力，严格地讲，毒力是指药剂本身对防治对象发生毒作用的性质和程度；药效则指在实际使用时，除药剂本身对生物体的作用外，也包括实际使用时其它各种条件对药剂发挥毒力的影响。例如，加工剂型的质量，施药方法的有效性以及各种气象条件，均对毒效的发挥有所影响。因此毒力和药效在概念上并不等同，但是在大多数情况下应该是一致的，即毒力大的药效也应该是高的。

在习惯上农药对高等动物的毒力称为毒性。以示对防治对象和保护对象的区别，现在完全可以作到一种药剂对防治对象毒力大，但对高等动物毒性小使用安全。

为了便于深入研究农药的毒力，以便比较和筛选，对药剂的毒力测定一般在室内控制条件下进行较精密的毒力测定。药效试验则在田间或温室进行，一般应该包括寄主并尽量接近实际应用的条件。对高等动物的毒性，则用试验动物（大鼠、小鼠、狗、兔等）进行。关于这些测定的理论和具体操作方法，请参照其它有关书籍。以下仅对毒力反应曲线加以必要的解释。

一种药剂作用于生物体，不管其机理如何，生物体必然要产生相应的反应；在其它条件固定时，这种反应是与该药剂的剂量相关。严格地讲，剂量应该是生物个体或生物体单位体重所接受的有效成分的量。但由于种种原因，在一般毒力测定中不易得到真正的剂量，尤其是以生物群体为施药对象时，更是如此。在对高等动物的毒性试验中，多以动物个体为施药对象，比较容易得到准确剂量。有时生物测定中所用药剂的浓度和处理时间可笼统称为剂量，当处理时间固定时浓度即具有剂量的意义。在一定剂量下，病虫草所表现的中毒现象称为反应。例如杀虫剂以昆虫为对象，反应常以死亡百分率来表示。杀菌剂根据试验方法不同，反应可用孢子不萌发百分率或菌丝生长抑制百分率等来表示。

在进行毒力测定时，取样的供试生物种群中，各个体由于各种原因对药剂的反应是有差别的，实验证明有少数个体忍受力较强或很强，也有少数个体比较敏感或高度敏感。因此，用逐渐增加的系列不同剂量测定时，所得供试生物反应（例如死亡）的百分比应增加。如果以剂量数值为横轴，死亡百分率为纵轴，做成的曲线为非对称的“S”型曲线（图 1-2）。这是由于在生物群体中，个体对药剂敏感性的差别成常态分布，即大部分个体的敏感性趋向于接近群体内个体敏感性的平均值，但仍有小部分表现较高或较低的敏感性，所以供试生物群体得到的累积死亡数值或百分比，呈不对称的“S”型曲线。

如果将剂量数值换算成对数值，曲线则变成对称的“S”型曲线（图 1-3）。如果再将死亡百分率换算成几率值（probit），则剂量反应曲线变成成为直线，称剂量对数——几率值直线（图 1-4）。如果用几率值对数坐标纸，不用换算即可直接绘出直线。

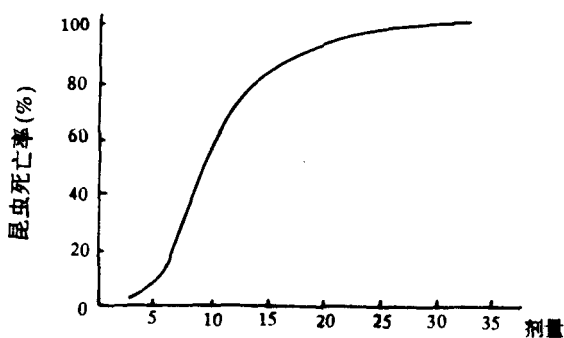


图 1-2

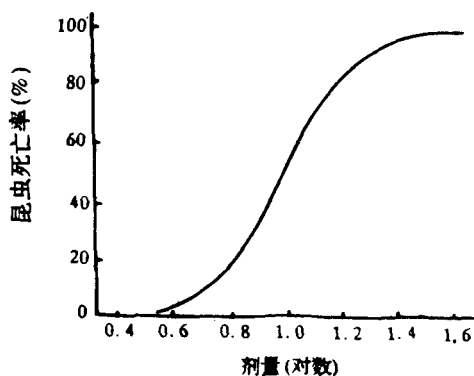


图 1-3

所谓几率值就是几率的单位，总共分为 10 个单位（1~10），其实质就是常态分布的平均值加减标准误所得的数值范围。剂量反应曲线绘成直线，是为了更准确地求出代表大多数生物个体对药剂反应的平均值，即致死中量（ LD_{50} ）。在比较药剂的毒力、毒性时，经常要

采用致死中量，否则不能代表大多数生物个体的反应情况。如果用浓度表示剂量，则为致死中浓度 (LC_{50})。杀菌剂常以 EC_{50} 或 ED_{50} 来表示，即抑制 50% 孢子萌发所需浓度或剂量。对鱼的急性毒性常用 48 h 的 TIM 值 (median tolerancelimit) 来表示，意即在一定时间内，50% 的鱼能耐受的浓度。

单独只用 LD_{50} 或 EC_{50} 比；比较毒力有时还是不够的，例如图 1-5 情况，两条线代表两种药剂对同一供试生物群体的毒力，虽然 LD_{50} 相同，但 LD_{75} 或 LD_{25} 有较大差别，这是因为直线的坡度不同。坡度反映供试生物群体对某药剂敏感性的分散程度，在害虫的抗药性研究中，常反映同性程度大小。所以有时除比较 LD_{50} 外，还要比较 LD_{95} 。

由于供试生物个体内在因素以及毒力测定时条件控制上的变化，有时会影响用致死中量来进行毒力比较，因此可用相对毒力指数来进行比较。即每次试验均设标准药剂处理，求出各次试验中各种药剂与标准药剂的比数，然后进行比较。毒力指数的计算公式如下：

$$T = \frac{B}{A} \times 100$$

T = 相对毒力指数；

B = 标准药剂的致死中量 (或浓度)；

A = 供测药剂的致死中量 (或浓度)。

对农药的急性毒性，大多数国家采用大白鼠口服、吸入、皮肤接触的 LD_{50} 值来进行分级评定 (表 1-1~1-4)。

仅仅以口服急性毒性来分级，实际上是不完备的，因为就生产性中毒而言，来自吸入或皮肤接触的可能性也很大，无论是工厂工人还是田间喷药操作人员都是如此。有的有机磷品种实际上口服急性毒性虽不小，但是，经皮接触毒性不大，田间喷药操作时还是比较安全，只要加强保管防止误食中毒等非生产性中毒，可以做到使用安全。

我国过去毒性分级不统一，卫生部门虽然颁布了毒性分级标准 (表 1-4)，但一些书刊有时还沿用过去分为五级或六级的办法。造成了不应有的混乱。以上只是指急性毒性而言，至于慢性毒性要求更为严格，前已述及在药剂登记时要进行严格的审查，具有慢性毒性的品种，一般不易被允许在市场出售，个别药剂后来发现问题，就及时被取消了登记。

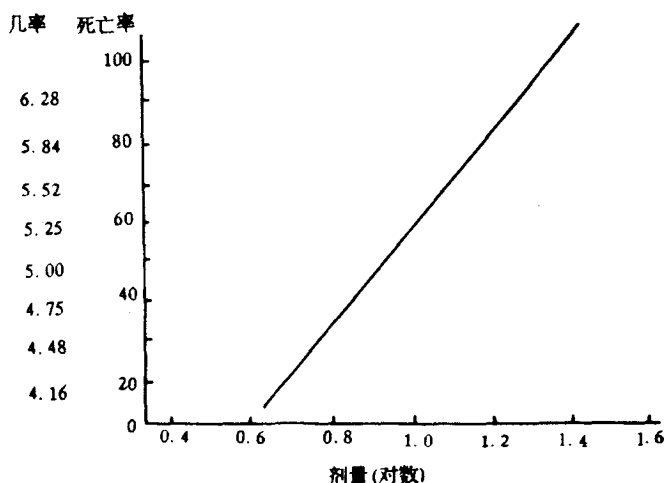


图 1-4

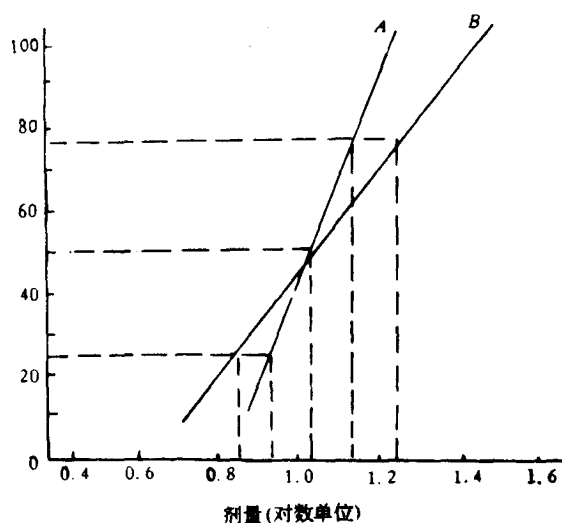


图 1-5

表 1-1 一些国家的农药毒性分级 (仅要求大鼠的口服毒性)

毒性分级	口服 LD_{50} (mg/kg)			
	埃及	意大利	瑞士	独联体
I	< 50	< 50	< 5	< 50
II	50 ~ 1 000	50 ~ 500	5 ~ 50	50 ~ 200
III	> 1 000	> 500	50 ~ 500	200 ~ 1 000
IV	-	-	500 ~ 5 000	> 1 000
V	-	-	5 000 ~ 15 000	-

农药在实际应用时的药效是一个很复杂的问题,因为它受多种因素的影响。首先,药剂本身的化学结构是决定是否有效的关键因素,化学结构不同,物理性质也有差别。如果说化学性质决定药剂的毒杀作用机制,则物理性质决定发挥这种作用的条件。例如,脂溶性大则易于渗入昆虫表皮、植物表面附有的腊层,分配系数的适当与否常常是药剂是否容易渗透细胞膜的关键。药剂的加工剂型可通过种种助剂来改善药剂的附着、覆盖以及渗透到生物体内的性能,以提高药剂效果。

表 1-2 一些国家按口服、吸入、接触三方面标准的农药分级

毒性分级	给药途径	联合国推荐	美国	西德
I 高毒	大鼠口服 LD_{50} (mg/kg)	< 50	< 50	< 50
	大鼠吸入 LD_{50} ($g/m^3 \cdot h$)	< 2	< 2	< 2
	大鼠(兔)经皮 LD_{50} ($mg/kg \cdot 24 h$)	< 200	< 200	< 200
II 毒	大鼠口服 LD_{50} (mg/kg)	50 ~ 200	50 ~ 500	50 ~ 500
	大鼠吸入 LD_{50} ($g/m^3 \cdot h$)	2 ~ 10	2 ~ 5	2 ~ 10
	大鼠(兔)经皮 LD_{50} ($mg/m^3 \cdot 24 h$)	200 ~ 1 000	200 ~ 2 000	200 ~ 1 000
III 轻毒	大鼠口服 LD_{50} (mg/kg)	200 ~ 2500	> 500	500 ~ 3 000
	大鼠吸入 LD_{50} ($g/m^3 \cdot h$)	> 10	> 5	10 ~ 100
	大鼠(兔)经皮 LD_{50} ($mg/m^3 \cdot 24 h$)	1 000 ~ 2 000	> 200	1 000 ~ 3 000

表 1-3 日本农药急性毒性分级
(LD_{50} mg/kg)

给药途径	高毒物	毒物	普通物
口服	< 30	< 300	> 300
皮下注射	< 20	< 200	> 200
静脉注射	< 10	< 100	> 100

表 1-4 我国农药急性毒性暂行分级标准 (卫生部)

给药途径	I (高毒)	II (中毒)	III (低毒)
大鼠口服 (mg/kg)	< 50	50 ~ 500	> 500
大鼠经皮 ($mg/m^3 \cdot 24h$)	< 200	200 ~ 1 000	> 1 000
大鼠吸入 ($g/m^3 \cdot h$)	< 2	2 ~ 10	> 10

实际药效也与防治对象种的特性有关,不同种类害虫、病菌、植物或动物,由于生活方式和生理机能不同,接受药剂与中毒、解毒方式、程度的不同,对同一类或不同类型药剂的反应有很大差别。所以,对不同防治对象可以表现为毒效大或小,速效或迟效。许多药剂都有广泛的毒杀活性,能防治多种病虫害,一般称为广谱性药剂。但也有一些药剂仅对少数病虫害有效,其它则药效甚微弱或根本无效。三氯杀螨砒等杀螨剂只对螨类有效,对害虫无效,

这是比较典型的例子。有机磷杀虫剂的许多品种能对几十甚至几百种害虫都有效。究其原因虽然十分复杂，但防治对象种的特性是重要原因之一。

另外，影响药效的因素就是施药当时的环境条件，因为环境条件不同，除影响药剂的挥发、分解以及其它理化性状外，也影响生物体接受药剂和解毒、中毒过程。例如，有的药剂是所谓负温度系数药剂，即温度降低，药效反而提高。滴滴涕就十分典型。过去认为滴滴涕具有负温度系数的原因是由于低温时解毒作用减慢，已有试验证明；但近来的研究证明，这种解释是不完全的，还与作用点的敏感性有关。试验证明，滴滴涕处理后，发生的反复兴奋频率在不同温度下不同，低温频率高，高温频率相对低。由此可见，温度对昆虫的影响与药剂发挥作用是密切相关的。

同样，湿度、日照及其它环境条件也都可影响药剂本身药效的发挥。

因此，研究药剂的药效，除药剂本身和加工剂型外，防治对象的特性以及环境条件三者之间的相互影响也是非常重要的。

五、农药对作物的药害和刺激生长作用

农药施于农作物，如果使用得当，不致对农作物产生不良影响，但由于种种原因仍可造成药害，轻者减产，重者可使作物死亡。另外也有一些药剂，在正确使用的前提下，除起到防治病虫害的效果外，还有刺激作物生长的良好作用。

(1) 农药对作物的药害 农药施于作物后，可从植物的不同部位侵入植物体内，尤其是植物的叶部的气孔、水孔以及伤口，农药更容易侵入。在植物幼嫩时期施药也可从表皮侵入，施于土壤中的药剂，溶解的部分可自植物根部吸收，内吸药剂进入植物体的途径也大体相同，而且在体内还要进行输导。

农药是否产生药害，要由许多因素来决定，主要的是药剂本身的性质、植物的种类、生长发育阶段和生理状态以及施药后的环境条件。

a. 农药的性质 各种农药的化学组成不同，对植物的安全程度有时差别很大。一般说无机药剂较容易产生药害，现代有机合成药剂比无机药剂要安全的多，除非使用浓度和次数超出正常范围，一般不会产生药害，少数作物对某种或某类药剂特别敏感除外。至于来源于植物的农药或人工合成的类似物，一般对植物更安全。特异性杀虫剂、微生物农药基本上没有药害问题。

加工制剂或原药中的杂质有时是产生药害的主要原因，加工制剂质量不良或喷布不均匀也都可能造成植物的局部药害。农药对植物是否容易产生药害可用安全性指数 K 来表示：

$$K = \frac{\text{药剂防治病虫害所需的最低浓度}}{\text{植物对药剂能忍受的最高浓度}}$$

很明显 K 值越大，相对来说药剂对植物越不安全，容易产生药害；相反 K 值越小应用时越安全。当然药剂种类繁多，施用的作物也是多种多样的，不可能一一进行测定，但在不同药剂对同类作物间，或同种药剂对不同作物间，利用上式进行比较还是很有用的。

b. 植物的种类、生育阶段和生理状态 不同种类植物对药剂的敏感性不同，主要是由于其组织形态和生理的差别所致。例如叶面蜡层厚薄、茸毛多少以及气孔多少、开闭程度等

等，都与是否容易产生药害有关。例如，瓜类对有机氯剂较敏感，可能与表皮角质层、细胞壁较薄有关。一般来说，无机药剂不如有机药剂对植物安全，但也有少数药剂和植物例外。

以下列出了一些作物对常用药剂的敏感情况，可供参考。

c. 环境条件 药害的产生不仅与药剂和作物有关，也与施药的环境条件有关，主要是施药当时和以后一段时间的温度、湿度、露水等因素。一般情况是高温条件下较易产生药害，因为在高温下药剂的化学活性增强，植物的生理活动也加强，气孔开启的多而且大，有利于药剂的侵入而引起药害；湿度对无机药剂的影响较大，例如波尔多液喷布后如遇多湿、多露水或阴雨天气，则有利于波尔多液中的铜被溶出而产生药害，这是以往苹果产区常发生波尔多液药害的主要原因之一。

表 1-5 对农药敏感容易产生药害的作物

	易产生药害的作物	有可能产生药害的作物	备 注
六六六	瓜类	白菜、茄子、番茄、烟草、高粱	该药已禁用 同上
滴滴涕	瓜类、番茄、大豆	梨树、大麦、小麦苗期	
毒杀芬	马铃薯、黄瓜、南瓜、李等		
对硫磷		苹果、瓜类幼苗、梨的某些品种	
敌百虫	高粱、大豆	西瓜、玉米	
敌敌畏	高粱	瓜类、玉米、豆类	
乐果		烟草、枣	
杀螟硫磷	高粱	十字花科蔬菜	高温时易受药害
磷胺	高粱、桃		
马拉硫磷	瓜类、梨、苹果的某些品种		
稻脚青	水稻孕穗后使用易生药害		
石硫合剂	黄瓜等蔬菜及多种果树	棉花	高温时极易受药害
除草醚		水稻芽期、棉花、大豆苗期	
敌稗		弱水稻秧苗	
2, 4-滴类	棉花、大豆、油菜、瓜类等		
五氯酚钠	水稻、花生等发芽期		

d. 植物药害的症状 药害表现的症状可因作物、药剂不同，有种种复杂变化，在田间常常不易与其它为害区别（例如病虫的为害，风等造成的机械损伤等）。一般药害可分为急性药害和慢性药害两种。前者在喷药后短期内即可产生，甚至在喷药数小时后即可显现。症状一般是叶面产生各种斑点、穿孔，甚至灼焦枯萎、黄化、落叶等。果实上的药害主要是产生种种斑点或锈斑，影响果品的品质。

慢性药害出现较慢，常要经过较长时间或多次施药后才能出现。症状一般为叶片增厚、硬化发脆，容易穿孔破裂；叶片、果实畸形、植株矮化、根部肥大粗短等等。

药害有时还会表现为使农产品有不良气味，品质降低，尤其是茶园、根菜类，施用六六六后容易使产物产生异味。有机磷杀菌剂稻瘟净在日本和我国南方都产生过“异嗅米”问题。不过，异味的产生常常不是由于有效成分造成，而是由于杂质的存在。

(2) 农药对植物生长发育的刺激作用 农药施用的主要目的是防治农作物的病虫草害，如果使用不当，可能造成药害；但是，也有的药剂适当使用除防治病虫害外，对植物会有刺激生长发育的作用。这里所说的当然不是指植物生长调节剂，而是指一般病虫草害防治剂。例如，早就证明烟草对水稻有促进生长的作用；鱼藤可促进菜苗发根；波尔多液可使多种作物叶色浓绿生长旺盛。过去华北地区有用六六六拌种防治地下害虫的习惯，曾发现六六六对

小麦有刺激生长、增加分蘖的现象。玉米用六六六拌种也有刺激生长作用。根据前苏联早期的报道，六六六拌小麦种子低剂量时有刺激作用提高产量，但如果用量过大，相反就会产生抑制生长作用。其它药剂也有类似情况，似乎药剂在低剂量使用时，一般都对植物有良好作用，用量加大到一定程度即质变为抑制作用，产生慢性药害甚至急性药害。不过这种刺激生长的良好作用，须要经过严密的比较研究才能确认，因为施药后作物生长良好、产量增加，也可能是由于病虫害得到防治所致。消除了为害，为植物的生长发育创造了良好条件，药剂本身可能并无什么明显的刺激作用。

六、农药的选择性

农药的选择性一般指的是选择毒性和毒力。这是一个相对的概念，例如从防治对象角度出发，与选择性相对的术语是广谱性。毒性的选择性主要指对高等动物毒性的大小，例如有机磷中的对硫磷（1605）是广谱性的杀虫剂，即能有效的防治多种害虫，但对高等动物毒性也很大，因此无论毒力和毒性，对硫磷的选择性都不强。但杀螟硫磷的毒力虽然是广谱的，其毒性却有一定的选择性，对高等动物的毒性较低。另外，对防治对象的毒力大小，也属于选择性。例如，杀菌剂中的波尔多液是广谱性杀菌剂，能有效的防治多种病害，而许多内吸性杀菌剂只对少数病害有效。绝大多数除草剂选择性更为明显，除对被保护的植物安全外，许多药剂只对双子叶杂草有效，另一些除草剂又只对一些单子叶杂草有效。选择性和广谱性只是相对程度上的差别，不能将二者绝对化。

早期农药选择性的研究重点是寻求对高等动物或被保护植物的安全，并且又有高度毒杀有害生物的效果，换言之，即在高等动物、植物和有害生物（昆虫、病菌、杂草等）之间寻求高度的选择性，使品种具有高效低毒的特点。近几年选择性的研究更进一步注重对防治对象以外生物（天敌、有益昆虫等）的安全，即对非防治目标伤害很小的药剂。

Albert（1976）曾给选择性下过一个较为严格的定义，即“在相互接近的生物种属中，对一些有毒害而对另一些全无损伤的，即为选择性”。显然这在研究上是相当困难的课题。早在1951年 Ripper等曾把如何才能获得选择性，大体分为两大类，即生理的选择性和生态的选择性。

生理选择性可从以下几方面的差别中获得：（1）药剂向体内渗透性的难易；（2）药剂的解毒或活化代谢；（3）药剂在组织内的蓄积和排出体外；（4）药剂对作用点的透过性。由于生物间生理上的差别，以上每一过程的受阻与否，都有可能产生一定程度的选择性。

生态选择性是利用害虫等的习性、行为的差异而获得的。另外也可以从药剂的加工和施用方法而获得，例如使用内吸剂进行深层施药时，直接为害植物的植食性昆虫被毒杀，而非植食性害虫天敌则很少受伤害。

杀菌剂、除草剂的选择性获得原理也大致相似。

参 考 文 献

- [1] 华南农业大学主编，植物化学保护（第二版），农业出版社，北京，1992
- [2] 中国农业百科全书，农药卷，农业出版社，北京，1993
- [3] Ware, G. W., Pesticide - Theory and Application, W. H. Freeman and Company, San Francisco, U. S. A. 1983