

服务“三农”系列丛书

新编农药使用技术

纪明山 滕淳茜 主编



新编农药使用技术

纪明山 滕淳茜 主 编

辽宁大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

新编农药使用技术/纪明山, 滕淳茜主编. --沈阳:
辽宁大学出版社, 2010.8
服务“三农”系列丛书
ISBN 978-7-5610-6157-2

I. ①新… II. ①纪… ②滕… III. ①农药施用—技
术培训—教材 IV. ①S48

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 163337 号

出 版 者: 辽宁大学出版社有限责任公司
(地址: 沈阳市皇姑区崇山中路 66 号 邮政编码: 110036)
印 刷 者: 抚顺光辉彩色广告印刷有限公司
发 行 者: 辽宁大学出版社有限责任公司
幅面尺寸: 184mm×260mm
印 张: 18.75
字 数: 470 千字
出版时间: 2010 年 8 月第 1 版
印刷时间: 2010 年 8 月第 1 次印刷
责任编辑: 陈景泓
封面设计: 陈景泓
徐澄玥
责任校对: 齐 悦

书 号: ISBN 978-7-5610-6157-2
定 价: 28.00 元

联系电话: 024-86864613
邮购热线: 024-86830665
网 址: <http://www.lnupshop.com>
电子邮件: lnupress@vip.163.com

本书编委会

主 编 纪明山 滕淳茜

副 主 编 王英姿 谭久新 李兴海 张 杨

编写人员 (以姓氏笔画为序)

王 威 王玉萍 王建坤 王英姿

王艳辉 王瑞雪 王毅婧 付丹妮

龙怡云 刘 畅 刘 聃 祁之秋

纪明山 吴德财 宋 鹏 张 杨

李兴海 李明熹 谷祖敏 辛 鑫

陈立新 范艳菊 洪春庚 胡丹青

逢若霖 高英明 曹秀君 黄淳淳

鲁和友 谭久新 潘飞云 魏松红

朱连宽

前 言

农作物病虫害的防治是人类农业生产中最普遍的一项农事活动，而农药的使用则是病虫害防治中最为快速、最为经济的有效手段。1970 年诺贝尔奖金获得者、小麦育种学家 Norman E. Borlaug 评价道：“没有化学农药，人类将面临饥饿的危险。”在目前及可以预见的今后很长一个历史时期，农药的使用仍将是人类与病虫害作斗争的重要手段，是不可能被其他防治措施完全替代的。

本书共分七章。第一章介绍农药的定义、分类、毒性、作用及方式、剂型、施用方法和混用原则等基础知识。第二章至第七章分别介绍杀虫剂、杀螨剂、杀线虫剂、杀菌剂、除草剂和植物生长调节剂等共 300 余种农业生产上常用农药的作用特点、制剂、使用方法和注意事项。

本书语言朴实通俗，表述科学准确，既可作为植物保护技术人员、农药营销商的培训教材，也可作为从事农业生产、行政管理人员及大专院校相关专业师生的学习参考用书。

目 录

前 言

第一章 农药使用基础知识	1
一、农药的定义	1
二、农药的分类	1
三、农药的剂型	2
四、农药的毒性	6
五、农药的作用方式	7
六、农药的混用原则	9
七、农药的稀释方法	10
八、农药的施用方法	10
第二章 杀虫剂	13
一、有机磷酸酯类杀虫剂	13
二、氨基甲酸酯类杀虫剂	26
三、沙蚕毒素类杀虫剂	38
四、拟除虫菊酯类杀虫剂	40
五、新烟碱类杀虫剂	71
六、吡咯类杀虫剂	75
七、吡啶类杀虫剂	76
八、吡啶类杀虫剂	79
九、噻类杀虫剂	80
十、苯甲酰苯脲类杀虫剂	81
十一、保幼激素类杀虫剂	89
十二、蜕皮激素类杀虫剂	91
十三、植物源杀虫剂	93
十四、其他类杀虫剂	99
第三章 杀螨剂	106
第四章 杀线虫剂	128
一、熏蒸性杀线虫剂	128
二、非熏蒸性杀线虫剂	130
第五章 杀菌剂	136
一、有机硫杀菌剂	136

二、取代苯类杀菌剂	140
三、二甲酰亚胺类杀菌剂	143
四、羧酰替苯胺类杀菌剂	146
五、苯并咪唑类杀菌剂	148
六、有机磷类杀菌剂	152
七、酰苯胺类杀菌剂	154
八、三唑类杀菌剂	156
九、甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂	168
十、羧酸氨基化合物类杀菌剂	173
十一、其他类杀菌剂	175
第六章 除草剂	186
一、苯氧羧酸类除草剂	186
二、苯甲酸类除草剂	189
三、芳氧苯氧基丙酸类除草剂	190
四、环己烯酮类除草剂	195
五、酰胺类除草剂	199
六、磺酰脲类除草剂	208
七、咪唑啉酮类除草剂	222
八、嘧啶水杨酸类除草剂	224
九、磺酰胺类除草剂	226
十、三氮苯类除草剂	227
十一、三氮苯酮类除草剂	231
十二、氨基甲酸酯类除草剂	233
十三、硫代氨基甲酸酯类除草剂	236
十四、N-苯基肽亚胺类除草剂	239
十五、噁二唑类除草剂	241
十六、二苯醚类除草剂	243
十七、二硝基苯胺类除草剂	247
十八、三酮类除草剂	251
十九、有机磷类除草剂	252
二十、取代脲类除草剂	255
二十一、其他主要除草剂品种	259
第七章 植物生长调节剂	264
农药名称索引	281
参考文献	292

第一章 农药使用基础知识

一、农药的定义

农药是指预防、消灭或控制危害农业、林业的病、虫、草和其他有害生物以及有目的地调节植物、昆虫生长的化学合成或者来源于生物、其他天然物质的一种物质或者几种物质的混合物及其制剂。

二、农药的分类

为便于认识和使用农药，按照主要成分、防治对象、作用方式进行分类。

1. 按主要成分分类

(1) 无机农药：农药中的有效成分属于无机的化学物质，主要由天然矿物原料加工、配制而成，又称矿物源农药。早期使用的无机农药如砷制剂、氟制剂因毒性高、药效差，对植物不安全，已逐渐被有机农药取代；目前使用的无机农药主要有铜制剂和硫制剂，铜制剂有波尔多液、硫酸铜等，硫制剂有石硫合剂、硫磺等。

(2) 有机农药：农药中有效成分属于有机化合物的品种，多数可用有机的化学合成方法制得。目前所用的农药绝大多数属于这一类，具有药效高、见效快、用量少、用途广、可适应各种不同需要等优点。有机农药根据其来源及性质又可分为植物性农药（用天然植物加工制造的，所含有效成分是天然有机化合物，如烟碱、鱼藤酮、印楝）、微生物农药（用微生物及其代谢产物制成，如苏云金芽孢杆菌、阿维菌素、井冈霉素等）和有机合成农药（即人工合成的有机化合物的农药）。

2. 按防治对象分类

按农药的主要防治对象分类，主要有以下几类：

- (1) 杀虫剂：用于防治有害昆虫的药剂。
- (2) 杀菌剂：能够直接杀死或抑制病原菌生长、繁殖，或削弱病菌致病性以及通过调节植物代谢提高植物抗病能力的药剂。
- (3) 除草剂：用于防除杂草的药剂。
- (4) 杀螨剂：用于防治有害螨类的药剂。
- (5) 杀鼠剂：用于毒杀有害鼠类的药剂。
- (6) 杀线虫剂：用于防治植物病原线虫的药剂。

(7) 植物生长调节剂：对植物生长发育有控制、促进或调节作用的药剂。

(8) 杀软体动物剂：用于防治有害软体动物的药剂。

3. 按作用方式分类

(1) 杀虫剂按作用方式分类

①胃毒剂：通过昆虫取食而进入消化系统引起昆虫中毒死亡的药剂。

②触杀剂：通过体壁及气门进入昆虫体内引起昆虫中毒死亡的药剂。

③内吸剂：被植物的根、茎、叶或种子吸收进入植物体内，并在植物体内传导运输到其他部位，使昆虫取食或接触后引起中毒死亡的药剂。

④熏蒸剂：以气体状态通过昆虫呼吸系统进入体内引起昆虫中毒死亡的药剂。

⑤拒食剂：使昆虫产生厌食、拒食反应，因饥饿而死亡的药剂。

⑥驱避剂：通过其物理、化学作用（如颜色、气味等）使昆虫忌避或发生转移，从而达到保护寄主植物及特殊场所目的的药剂。

⑦引诱剂：通过其物理、化学作用（如光、颜色、气味、微波信号等）可将昆虫引诱到一起集中消灭的药剂。

⑧不育剂：药剂进入昆虫体内，可直接干扰或破坏昆虫的生殖系统，不产卵或卵不孵化或孵化的子代不能正常生育。

⑨昆虫生长调节剂：扰乱昆虫正常生长发育，使昆虫个体生活能力降低死亡或种群数量减少的药剂，包括几丁质合成抑制剂、保幼激素类似物、蜕皮激素类似物等。

(2) 杀菌剂按作用方式分类

①保护性杀菌剂：在植物发病前（即当病原菌接触寄主或侵入寄主之前），施用于植物可能受害部位，以保护植物不受侵染的药剂。

②治疗性杀菌剂：在植物被侵染发病后，能够抑制病原菌生长或致病过程，使植物病害停止扩展的药剂。

③铲除性杀菌剂：对病原菌有强烈的杀伤作用的药剂。因作用强烈，有的不能在植物生长期使用，有的需要注意施药剂量或药液的浓度。多用于休眠期的植物或未萌发的种子，或处理植物或病原菌所在的环境，如土壤。

(3) 除草剂按作用方式分类

①触杀性除草剂：不能在植物体内传导，只能杀死所接触到的植物组织的药剂。

②内吸性除草剂：药剂施用于植物体或土壤，通过植物的根、茎、叶等部位吸收，并在植物体内传导至敏感部位或整个植株，使杂草生长发育受抑制而死亡。

三、农药的剂型

农药剂型（formulation）是具有一定组分和规格的农药加工形态，如粉剂、可湿性粉剂、乳油等。一种剂型可以加工成不同含量不同用途的产品，这个产品叫农药制剂（preparation）。在实际应用中，一种农药可能加工的剂型中，究竟选择哪一种或几种进行生产，主要依据其用途、施药方法上的必要性、安全性和经济上的可行性。

1. 粉剂

粉剂 (dustable powder, DP) 是由农药原药、填料及少量助剂经混合、粉碎至规定细度的粉状剂型。粉剂是使用最早的农药加工剂型, 具有使用方便、药粒相对较细、能均匀分布、撒布效率高、节省劳力等优点, 可用于大田、温室、果树、林木喷粉防治病虫, 也可以撒粉或拌种防治地下害虫和土传病害, 还可用于粉剂配成毒饵防治害虫或害鼠。特别是在水源缺乏的山区、林区使用粉剂更为方便。但这种制剂的缺点是喷粉时粉粒易于飘失, 污染环境, 粉粒不易附着在植物表面上, 回收率低, 持效期短, 损失多。

粉剂的质量标准: 中国国家标准为有效成分含量不低于标明的含量, 细度不低于 95% 过 200 目标标准筛, 即粉粒直径在 74 微米以下, 水分含量不大于 1.5%, pH5—9, 并具有良好的流动性和分散性能。

2. 可湿性粉剂

可湿性粉剂 (wetable powder, WP) 是将不溶于水的原药、载体或填料、润湿剂、分散剂等经混合、粉碎而成, 易被水润湿并能在水中分散、悬浮的粉状剂型。根据使用、贮藏等多方面要求, 可湿性粉剂应具有良好的润湿性、分散性、流动性、较高的悬浮率以及冷藏、热贮稳定性。加水可稀释成稳定、分散性好的可供喷雾用的悬浮液。

可湿性粉剂产品质量标准的重要指标是悬浮率和润湿性能。联合国粮农组织公布的农药可湿性粉剂悬浮率的指标是一般应达到 50%—70%, 有效成分粒径应达到 5 微米左右; 农药润湿性的指标是可湿性粉剂完全被润湿的时间为 1—2 分钟。

可湿性粉剂在农药剂型中占有较重要的地位, 与乳油相比, 不含有有机溶剂和乳化剂, 而且在运输、包装、使用等环节更安全、方便, 特别是对于既难溶于水, 又难溶于有机溶剂的原药, 不适合加工成乳油, 而适合加工成可湿性粉剂。如果可湿性粉剂加工质量差, 粒度粗, 助剂性能不良, 容易引起产品黏结, 不易在水中分解, 造成喷洒不均匀, 易使植物局部产生药害。

3. 乳油

乳油 (emulsifiable concentrates, EC) 是将原药、乳化剂、溶剂、稳定剂等按一定比例经混溶调制而成的透明油状均相液体剂型。一般来说, 凡是液态或在有机溶剂中具有足够溶解度的农药原药, 都可以加工成乳油。乳油的最主要技术指标是乳化分散性和乳液稳定性, 这主要取决于乳化剂的种类和用量。

乳油中有效成分含量高, 一般贮存稳定性好, 药效高, 使用方便, 但存在的最大缺点是在加工过程中需要大量有机溶剂, 易燃易爆, 贮藏运输不方便。对必须加工成乳油的农药, 应充分利用有机溶剂的溶解度, 尽可能提高乳油制剂中有效成分的含量, 发展乳油高浓度制剂, 不用或尽可能少用高毒有机溶剂, 从而尽可能避免传统乳油大量使用有机溶剂对环境带来的危害。

4. 粒剂

粒剂 (granules, GR) 是由农药原药、载体和助剂加工成的粒径大小比较均匀的粒状

剂型。粒剂具有以下特点：使用方便，可以使高毒农药品种低毒化，减少对环境的污染，提高对人、畜等高等动物以及作物和有益生物的安全性，也可以控制药剂有效成分释放速度，节约用药，延长持效期，而且贮藏使用方便。

粒剂的有效成分含量达到该剂型规定的标准：粒度，90%（重量）达到粒度规格标准；水分一般为 $<3\%$ ；颗粒完整率 $\geq 85\%$ ；有效成分从载体上脱落率 $\leq 5\%$ 。

5. 可溶性粉剂

可溶性粉剂（soluble powders, SP）是可加水直接溶解使用的粉状剂型。其原药为常温下可溶于水的原粉，或将难溶于水的原药转变成可溶于水的固态盐；填料可用水溶性的无机盐，如硫酸钠、硫酸铵等，也可用不溶于水的填料，如黏土、白炭黑等；助剂大多数为阴离子型、非离子型表面活性剂，或者二者混合使用。可溶性粉剂外观与可湿性粉剂相似，包装、运输同样方便，加工时不需有机溶剂，且助剂用量较少，对环境相对较安全。

可溶性粉剂的质量标准是有效成分含量应达到制剂标准要求，细度不低于95%通过300目标标准筛，水分含量 $\leq 3\%$ ，全溶解时间一般为2—3分钟。

6. 悬浮剂

悬浮剂（suspension concentrates, SC）是固体原药分散、悬浮在含有多种助剂的水介质或油介质中能流动的高浓度黏稠剂型。以水为介质的称水悬浮剂；以油为介质的叫油悬浮剂，可供飞机或超低容量喷雾用。悬浮剂具有以下特点：粒度细，悬浮率高，药效高于可湿性粉剂；加工过程不需有机溶剂，避免人畜毒害及对作物的药害；无燃烧、爆炸危险；使用方便，可直接超低容量喷雾，亦可稀释后喷雾。

悬浮剂的组分有难溶于水的固体（溶解度每升水小于100毫克，熔点 $>60^{\circ}\text{C}$ ，对水化学稳定性好）、水和助剂（分散剂、湿润剂、稳定剂、增粘剂、防冻剂）。加工一般采用砂磨法，在液体介质下将固体原药磨成很细的颗粒。

悬浮剂的质量要求是药粒粒径一般应达到0.5—5微米，平均为1—3微米，悬浮率应达到90%以上，经贮存应仍然保持均匀可流动性黏稠状，若有沉积现象，用手摇动后仍能恢复均匀状态。

7. 干悬浮剂

干悬浮剂（dry flowable, DF）由原药与分散剂等助剂加工成的粉状、片状或块状制剂，在水中可自发分散成极细的微粒，形成相对稳定的悬浮液。生产应用中无粉尘污染，对人无害，且流动性好，不易粘到包装袋上，还可以避免长时间放置后分层现象。在贮藏过程中易吸水，应注意防潮。

8. 水分散粒剂

水分散粒剂（water dispersible granule, WDG）由原药、助剂、载体组成，助剂包括润湿剂、分散剂、崩解剂、黏结剂、润滑剂等，外观为球状或圆柱状颗粒。在水中迅速分散成细小的微粒，形成相对稳定的悬浮液。水分散粒剂是在可湿性粉剂、水悬浮剂的基础上发展而成的新剂型，在水中分散好，悬浮率达到75%以上，使药效充分发挥，而且具有很好

的再悬浮性能，无粉尘污染、分层结块等问题。

9. 水剂

水剂 (aqueous solution, AS) 是水溶性原药以分子或离子状态分散在水中形成的制剂。水剂加工简易，一般加入少量助剂，如润湿剂，以便改善所配制药液的理化性状，保证药效。

10. 乳剂

乳剂 (emulsion, EM) 以水部分或完全代替乳油中的有机溶剂，而形成的水包油型乳状或透明液体剂型。据液滴直径大小分为：水乳剂 (oil-in-water emulsion, EW)，液滴粒径 0.1—0.5 微米，形成水包油型不透明乳状液；微乳剂 (micro-emulsion, ME)，液滴粒径 0.01—0.1 微米，形成透明或半透明的分散体系。

11. 种衣剂

种衣剂 (flowable concentrates for seed treatment, FS) 是含有黏结剂的农药包覆在植物种子表面形成比较稳定和牢固药层的剂型。常用的种衣剂多数为含有多种有效成分的制剂，具有防治有害生物，提供营养和促进植物生长发育的作用。种衣剂无特有的加工形态，是在悬浮剂、粉剂、可湿性粉剂、乳油等已有剂型中加入一定量的黏合剂、成膜剂等助剂，使药剂在种子上形成不同厚度的外膜。

种衣剂的应用具有成本低，对环境压力小等特点，专供种子包衣使用，一般不做其他用途。种子包衣要求均匀、牢固不脱落及具有良好的透水性和通气性，包衣后的种子必须在规定的条件贮存并在规定时间内使用。

12. 油剂

油剂 (oil solutions, OL) 是农药原药的油溶液剂型，超低容量喷雾中常使用。一般要求原药高效、低毒、低残留，对作物没有药害；原药与溶剂互溶的单相液体流动性要好；制剂挥发性低，比重大于 1，使喷出的雾滴不致在雾滴沉落过程中挥发掉；制剂黏度要小，利于形成较小雾滴，增加覆盖面积，提高药效。

13. 烟剂

烟剂 (smoke generators, FU) 是引燃后有效成分以烟状分散体系悬浮于空气中的农药剂型，以农药原药、燃料（如木屑）、氧化剂（如硝酸钾）、消燃剂（如陶土）制成的粉状混合物。根据使用要求可以加工成粉状、锭状或片状。需要点燃，但无明火，农药受热气化在空气中凝结成固体微粒而成烟（粒径范围 0.1—2 微米），并在空气中长时间悬浮和扩散，从而起到防治病虫害的目的。烟剂的最大特点是药剂的分散度高，扩散快，而且使用时不需要任何器械，不需加水稀释，适于林区、保护地等植物覆盖度大或空间密闭的场所使用。

烟剂加工要求原药熔点要高，热分解温度高，而且加工、贮运过程中要注意安全。配方不合理或加工技术不高，可能会有自燃或爆炸的危险；贮运不当，如过热可遇明火，可能会引起发烟或燃烧。

14. 缓释剂

缓释剂 (controlled release formulations, BR) 是利用物理或化学方法, 将农药贮存于制剂中, 并使其缓慢地释放发挥药效的农药剂型。具有延长药剂的持效期, 降低对人畜、有益生物的毒性, 减轻药害, 减少环境污染等特点。

(1) 物理型缓释剂

主要利用包衣封闭与渗透、吸附与扩散、溶解与解析等基本原理加工的各类缓释剂。

①微胶囊剂 (microcapsule formulations): 将固体或液体农药微粒包裹在保护膜中, 粒径一般为 30—50 微米, 使用时药剂通过囊壁缓慢释放出来。农药释放速度取决于囊壁厚度、结构、材料及微胶囊内药剂的表面张力、透性、挥发性等。囊壁材料有天然物如明胶、树脂、石蜡等以及合成聚合体如聚乙烯醇、聚丙二醇酯、环氧树脂等。

②塑料结合剂 (plastic formulations): 将药剂溶解或分散到塑料母体上加工成膜, 药剂通过扩散或母体的化学、生物降解而释放出来。

③多层带剂 (poly-stripe formulations): 利用浸渍过农药的薄纸条和塑料膜一层层黏合在一起制成的缓释剂。

④纤维片缓释剂 (fibrous sheet formulations): 将纤维片、纸片等吸附药剂直接使用, 对易分解的农药, 须加稳定剂, 外面再封一层塑料膜。

⑤吸附包衣型缓释剂 (porous material formulations): 利用某些载体内表面大、吸附性强的特点, 吸附药剂, 再涂一层聚乙烯醇等包衣材料, 使药剂缓慢释放出来。

(2) 化学型缓释剂

使带有羟基、羧基或氨基等活性基团的农药, 经化学反应结合到载体上, 使用中农药从载体上缓慢解析出来。

四、农药的毒性

农药的毒性是指农药所具有的在极少剂量下就能对人体、家畜、家禽及有益动物产生直接或间接的毒害作用和危害程度, 或使其生理功能受到严重破坏作用的性能。即农药对人、养殖业动物、野生动物、农业有害生物的天敌、土壤微生物等有毒, 均属于“毒性”范畴。

农药毒性主要受农药化学结构、理化性质影响, 还与其剂型、剂量、接触途径、持续时间、有机体种类、性别、可塑性、蓄积性及在体内代谢规律等密切相关。农药毒性大小常通过产生损害的性质和程度表示, 可分为急性毒性、慢性毒性、迟发性神经毒性、致畸、致癌、致突变作用等。生产实践过程中与人类关系密切的主要是急性毒性和慢性毒性。

急性毒性是指供试动物经口或经呼吸道吸入或经皮肤等途径, 一次进入较大量有毒药剂, 在 24—48 小时内出现中毒症状, 如肌肉痉挛、恶心、呕吐、腹泻、视力减退及呼吸困难等, 有半数受试动物死亡时所需的药剂有效剂量。常以致死中量 LD_{50} (毫克/千克) 或致死中浓度 LC_{50} (毫克/升) 表示。不同国家对农药急性毒性有不同的分级标准, 我国暂用的分级标准见表 1—1。

表 1—1

我国农药急性毒性分级标准

级别	经口 LD ₅₀ (毫克/千克)	经皮 LD ₅₀ (毫克/千克)	吸入 LD ₅₀ (毫克/千克)
剧毒	<5	<20	<20
高毒	5—50	20—200	20—200
中毒	50—500	200—2000	200—2000
低毒	>500	>2000	>2000

慢性毒性是指动物长期（1年以上）连续摄取一定剂量药剂，缓慢表现出的病理反应过程，多发生于长时间、反复接触小剂量农药的情况下，如长期食用农药残留超标的果蔬或饮用水等。常以毒性试验结果来衡量。将微量农药长期掺入饲料中饲养动物，观察实验期内所引起的慢性反应，如致畸、致癌、致突变等，找出最大无作用量、最小中毒量、确实中毒量。农药慢性毒性大小，一般用最大无作用量或每日允许量（ADI）表示，最大无作用量是指根据完全没有作用的最大浓度计算出供试动物每千克体重相应的药剂毫克数，ADI是指将动物试验终生，每天摄取也不发生不利影响的剂量，其数值大小是根据最大无作用量乘100乃至几千的安全系数算出来的量，单位是每千克体重的药剂毫克数。具有严重慢性毒性问题的农药品种，一经证实，将立即禁用。

新农药是向低毒性方向发展，但完全无毒的农药几乎不存在。为避免农药毒性引起的危害，从事农药生产、营销、运输、储存、使用等各环节都要严格按照农药管理规定执行，农药研究、生产、营销及使用人员都要了解和重视农药毒性问题，从保护人、畜安全的角度出发，采取有效措施避免农药中毒。高毒农药的使用原则是尽量不用或少用，或以药效相近的低毒品种替代；必须使用时，要注意其限用范围。如收获前禁用期、某些高毒农药不可作茎叶喷雾的、施药后的农田在规定时间内禁止人及畜、禽进入等。

五、农药的作用方式

1. 杀虫剂的作用方式

杀虫剂作用方式分胃毒作用、触杀作用、熏蒸作用和内吸作用四大类。

胃毒作用：杀虫剂施用后，当害虫取食时，随食物一起进入害虫消化道，被吸收后通过血淋巴扩散到神经、肌肉等组织中，产生毒杀作用。杀虫剂发挥胃毒作用需具备3个条件，即害虫对杀虫剂无拒食现象、害虫取食后不会呕吐而将药剂排出、杀虫剂在害虫消化道内能稳定地被吸收。

触杀作用：杀虫剂施用后，当害虫接触时，通过害虫表皮、感觉器官甚至气门进入虫体，即可通过血淋巴循环扩散到神经、肌肉或腺体等组织中，产生毒杀作用。杀虫剂发挥触杀作用需穿透表皮，因此害虫的表皮特性和药剂的穿透性能为关键因素。一般来说初龄幼虫或刚蜕皮的害虫表皮层未形成，药剂最易穿透；而药剂要穿透昆虫表皮须具备较大的脂溶性来穿透富含蜡质的上表皮和一定的水溶性来通过外表皮和内表皮中的几丁质蛋白复合层。为增加杀虫剂触杀作用效果，在农药加工时须添加必要的助剂，改善其穿透性。另外，触杀作用因农药的残效时间长短而分为直接触杀和残效触杀两类，残效触杀的药剂除有直接触杀作

用外，害虫只要接触到喷过药剂的物体表面，仍能发挥毒杀作用。

内吸作用：杀虫剂施用后，能被植物根、茎、叶等组织吸收，杀死取食汁液的害虫的作用，这类杀虫剂称为内吸杀虫剂。有些还能通过输导组织扩散到植物各个部位，使植株汁液含药，当害虫吸食汁液时产生毒杀作用，这种作用称为内吸输导作用。具有内吸作用的杀虫剂，对刺吸式口器害虫有特效，广泛用来防治蚜虫和飞虱等害虫。

熏蒸作用：杀虫剂施用后，挥发形成气体，通过害虫气门进入呼吸系统，再到昆虫体内各个作用部位产生毒杀作用。具有熏蒸作用的药剂称为熏蒸剂。施用时常需有密闭设施，多用于仓库、温室，或用特制塑料膜包裹处理对象。有的药剂在田间施用时也会产生熏蒸作用，如对硫磷、敌敌畏。

2. 杀菌剂的作用方式

保护性作用：对病原物作用仅局限于寄主体表，对已侵入或已在寄主体内的病原物无效的作用方式。其施用时期就适当提前到病原物接触寄主或侵入寄主之前，施药要求均匀周全，为防止药剂被雨水冲刷、氧化、光解失效等，需多次施药。

铲除性作用：是渗透性能好、杀菌作用强的一类杀菌剂的作用。这类杀菌剂多内吸性差，不能在植物体内输导，但能通过渗透作用将侵入寄主不深的病原物或寄生在寄主表面的病原物杀死，具有局部治疗作用。如刮除果树腐烂病病斑后涂刷石硫合剂，可杀死残留的病菌；三唑酮喷施植物表面，对寄生在表面的白粉病菌和锈菌也有铲除作用。

内吸性杀菌作用：能通过植物根部吸收、茎叶渗透进入植物体内，并通过质外体系或共质体系输导重新分布，使整株植物带药的作用。如苯并咪唑类、有机磷类、嘧啶类、苯酰胺类、羧酰替苯胺类、麦角甾醇生物合成抑制剂类杀菌剂等。多数内吸性杀菌剂对病原菌的作用位点单一，抑制病原菌生命活动所需物质的生物合成，使病原物生长发育受阻或完全停止。内吸性杀菌剂一般选择性较强，残效期较长。既可以在病原物侵入以前使用，起化学保护作用，也可在病原物侵入以后甚至发病以后使用，起化学治疗作用。

3. 除草剂的作用方式

除草剂的作用方式分为吸收和输导，除草剂必须经吸收进入杂草体内才能发挥作用，而吸收后如不能很好地输导（如五氯酚钠），则只能对接触到药剂的杂草组织及其邻近组织起作用，从而影响防治效果。输导型除草剂则在杂草吸收后能输导到地下根茎而有效发挥除草作用。

茎叶吸收：除草剂可通过植物茎叶表皮或气孔进入体内，其吸收程度与药剂本身结构、极性、植物表皮形态结构及环境条件有关。如均三氮苯类除草剂中的扑草净、莠去津容易被植物叶面吸收，而西玛津则难以吸收。叶片成熟度、形态也影响对药剂吸收的程度。高温、潮湿及药剂中含有适当的湿润展布剂，均有助于药剂渗透进入植物体，提高除草剂的杀草活性。

根系吸收：多数除草剂进行土壤处理后，能被植物根部吸收，但吸收速度差异较大，如2，4—D、莠去津、灭草隆等很容易被植物根部吸收，而抑芽丹、茅草枯等则吸收较慢。

幼芽吸收：除草剂在杂草种子萌芽出土过程中，经胚芽或幼芽吸收发挥毒杀作用。如氟乐灵和甲草胺等均是通过对芽部吸收发挥作用。

质外体系输导：除草剂被植物吸收后，随水分和无机盐在胞间和胞壁中移动进入木质部，在导管内随蒸腾液流向上输导，木质部是非生命组织，药量较高时也不受损害，这种输导一般较快，并受温度、蒸腾速度等环境生理条件影响。

共质体系输导：除草剂渗透进入植物叶片细胞内，通过胞间连丝通道，移动到其他细胞内，直到进入韧皮部随同化产物液流向下移动。这种输导在活组织中进行，当施用急性毒力的药剂将韧皮部杀死后，共质体系的输导即停止，其输导速度一般慢于质外体系输导，并受光合作用强度等条件影响。

质外—共质体系输导：除草剂进入植物体内的输导同时发生于质外体系和共质体系内，如杀草强、茅草枯、麦草畏等。

六、农药的混用原则

农药混剂应具有高效、安全、稳定、经济等基本特性。农药的复配混用应遵循的原则和依据如下：

1. 两种混合后的农药不能起化学变化

农药有效成分的化学结构和化学性质是其生物活性的基础，所以农药在使用时要特别注意混合后的有效成分、乳化性能等是否发生改变，因为这直接影响药效的发挥。一般来说遇到碱性物质分解失效的农药不能与碱性农药或碱性物质混用，一旦混用农药很快分解失效，有机磷类和氨基甲酸酯类对碱性物质都比较敏感，菊酯类在强碱下也会分解失效，有些品种在碱性下相对稳定，但也只能在弱碱下混用，并且混用后放置不能太久。此外有些农药在酸性条件下也会分解，如：有机硫类，所以混用要慎重。而有些农药与含金属离子的物质混用也会产生药害，如：甲基托布津与铜离子、2，4—D与重金属离子产生络合反应而失去活性。所以农药的混用不是简单的混合，而是要研究他们的化学结构和性质，通过科学合理的试验证明混合后的生物效果，保证对人畜、环境的安全，防止或延缓害虫产生抗药性。

2. 田间混用的农药物理性质应保持不变

在田间现混现用时要注意不同成分的物理性状是否改变，若混用后出现分层、絮结和沉淀或悬浮率降低甚至有结晶析出，这样都不能混用。

3. 复配混用后应降低对人畜、禽鱼类的毒性和对天敌和其他有益生物的危害

有些农药混用后药效提高了，但毒性也增加了，如：马拉硫磷是对人畜安全的，易被人畜体内的生物酶分解。但与敌敌畏、敌百虫等混合使用时敌敌畏、敌百虫抑制该酶的活性却产生了较高的毒性。因此这种情况也不能混用。

4. 复配混用后要具有不同的作用方式和防治靶标，从而达到扩大杀虫谱的作用

例如杀虫剂与杀菌剂混用，防病又治虫，杀虫剂与杀卵剂混用，虫卵兼治。

七、农药的稀释方法

掌握正确、合理、科学的农药稀释方法，对保证药效，防止污染有着重要作用。不同农药剂型农药稀释方法主要有以下4种。

1. 粉剂的稀释

一般粉剂在使用时不需要稀释，但当作物植株高大、生长茂密时，为了使有限的药剂均匀地喷洒在作物上，可加入一定量的填充料进行稀释。先取填充料（草木灰、煤灰、米糠等）将所需的粉剂农药混入搅拌，再反复添加，直到达到所需倍数。

2. 液体农药的稀释

稀释方法应根据药液稀释量的多少而定。药液量少时可直接进行稀释，在准备好的配药容器内盛好所需要的清水，然后将定量药剂慢慢倒入水中，用木棍等轻轻搅拌均匀，即可供喷雾使用。若需要配制较多的药液量时，需要采取两步配制法，即先用少量的水将农药稀释成母液，再将配制好的母液按稀释比例倒入准备好的清水中，充分搅拌均匀。

3. 可湿性粉剂的稀释

采取两步配制法，即先用少量水配制成为较为浓稠的母液，充分搅拌，然后再倒入盛有水的容器中进行最后稀释。两步配制法需要注意的是用水量要与所需用水总量相等，否则会影响药液的配制浓度。

4. 颗粒剂的稀释

可以采用干燥均匀的小土粒或同性化学肥料作填充料，稀释时按一定比例搅拌均匀即可。在选用化学肥料作为填充料时，一定要注意农药和化学肥料的酸碱性，避免混合后引起农药分解失效。

八、农药的施用方法

农药的施用方法（pesticide application methods）：把农药施用到目标物上所采用的各种施药技术措施。科学施药总的要求是使农药最大限度地施用到生物靶标上，尽量减少对环境、作物和施药者的影响。农药使用效果的好坏，也取决于施药方法，应根据农药特性、剂型及制剂特点、防治对象的生物学特性及环境条件等选择适当的施药方法。目前常用农药施药方法按农药的剂型和喷撒方式可分为喷雾法、喷粉法、施粒法、熏烟法、烟雾法及毒饵法等。

1. 喷雾法

喷雾法是用手动、机动或电动喷雾机械将药液分散成细小的雾滴，分散到作物或靶标生物上的施药方法。是农药使用最为广泛的方法。农药制剂中除超低容量喷雾剂不需加水稀释