

西藏高原

农药使用原理与方法

Principles and Methods of Pesticide Application in Tibet Plateau



臧建成 主编



兰州大学出版社
LANZHOU UNIVERSITY PRESS

西藏农牧学院2015乡

西藏高原

农药使用原理与方法

Principles and Methods of Pesticide Application in Tibet Plateau

主 编 臧建成（西藏农牧学院）

副主编 巩文峰（西藏农牧学院）

孙 涛（淮北师范大学）

编 委（按姓氏笔画排序）

毛国斌（西藏农牧学院）

帅玉婷（西藏农牧学院）

巩文峰（西藏农牧学院）

孙 涛（淮北师范大学）

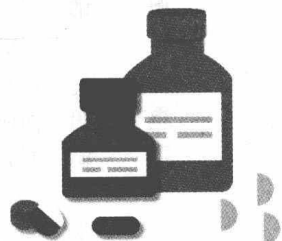
张格杰（西藏农牧学院）

岳海梅（西藏农牧学院）

赵丽萍（西藏职业技术学院）

唐晓琴（西藏农牧学院）

臧建成（西藏农牧学院）



兰州大学出版社
LANZHOU UNIVERSITY PRESS

图书在版编目 (C I P) 数据

西藏高原农药使用原理与方法 / 臧建成主编. -- 兰州 : 兰州大学出版社, 2017.2
ISBN 978-7-311-05129-7

I. ①西… II. ①臧… III. ①农药施用—西藏 IV. ①S48

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第034585号

策划编辑 锁晓梅
责任编辑 郝可伟
封面设计 邹海

书 名	西藏高原农药使用原理与方法
作 者	臧建成 主编
出版发行	兰州大学出版社 (地址:兰州市天水南路222号 730000)
电 话	0931-8912613(总编办公室) 0931-8617156(营销中心) 0931-8914298(读者服务部)
网 址	http://www.onbook.com.cn
电子信箱	press@lzu.edu.cn
印 刷	甘肃兴方正彩色数码快印有限公司
开 本	710 mm×1020 mm 1/16
印 张	17.5
字 数	320千
版 次	2017年2月第1版
印 次	2017年2月第1次印刷
书 号	ISBN 978-7-311-05129-7
定 价	28.00元

(图书若有破损、缺页、掉页可随时与本社联系)

前 言

西藏高原地区地形复杂,土地辽阔,地势高亢,各地区的雨量、气温差异极大。农作物的垂直分布自海拔 1500 m 左右到 4300 m,病虫害的种类和分布也复杂多样。随着高原经济的发展,高原蔬菜大棚、果园、粮食承包种植地大面积增加,病虫害的种类也大量增加,发生程度逐年严重。应用农药防治农作物病虫害,具有使用简便、防效显著、见效快的特点,能迅速降低或抑制暴发病虫的流行,不仅能保证农作物高产、稳产,而且能确保农产品质量。因此,为适应教学的需要,参考植物化学保护教材,结合西藏民族同学对植物化学保护教材的理解及课堂适应情况,请部分本科同学参与,组织编写了本教材,以适合西藏本地高校学生水平。

本书系统地介绍了植物化学保护的基础知识及农药使用原理,包括高原农药使用的必要性、植物化学保护的基本概念、农药的剂型和使用方法、农药的生物测定与田间试验、农药与环境安全、杀虫剂、杀鼠剂、杀菌剂及植物生长调节剂等。

本书可作为高等农业院校农学、园艺等专业的教材,也可供植物保护、农学、园艺等专业管理和科技人员参考。

本书的编写分工为:绪论由臧建成编写;第一章由臧建成、赵丽萍编写;第二章由孙涛、帅玉婷编写;第三章由臧建成、赵丽萍编写;第四章、第五章由巩文峰、张格杰编写;第六章、第七章、第十章由唐晓琴、毛国斌编写;第八章、第九章、第十一章由岳海梅、巩文峰编写。全书最后由臧建成和孙涛统稿和定稿。校订由张格杰、张涪平完成。在此对各位老师的大力支持表示感谢!

本教材的编写得到了西藏农牧学院 2015 乡土教材建设项目、兰州大学出版

社及各参编者所在院校领导的大力支持。编写中参考了大量教材、专著和论文，在此一并表示感谢。

由于编者的水平有限，书中难免存在疏漏、不足，甚至错误，恳请读者批评指正，以便再版时修改，使之日臻完善。

编者

2016年12月

目 录

绪 论 / 001

参考文献 / 003

第一章 植物化学保护学的基本概念 / 004

第一节 农药的定义及分类 / 004

第二节 农药的毒力与药效 / 007

第三节 农药对农作物的影响 / 010

第四节 农药的毒性 / 011

参考文献 / 013

第二章 农药剂型和使用方法 / 015

第一节 农药分散度与药剂性能的关系 / 015

第二节 农药助剂 / 020

第三节 农药剂型 / 030

第四节 农药的施用方法 / 048

第五节 航空施药技术 / 060

第六节 农药精准施药技术 / 062

参考文献 / 066

第三章 农药的生物测定与田间药效试验 / 067

第一节 农药的生物测定 / 067

第二节 农药田间药效试验 / 085

参考文献 / 090

第四章 农业有害生物抗药性及综合治理 / 091

第一节 害虫的抗药性 / 091

第二节 植物病原物的抗药性 / 102

第三节 杂草的抗药性 / 109

参考文献 / 113

第五章 农药对周围生物群落的影响 / 115

第一节 化学防治对害虫群落和天敌的影响 / 115

第二节 农药对传粉昆虫及家蚕的影响 / 121

第三节 农药对水生生物的影响及防治措施 / 125

第四节 农药与土壤微生物的相互作用 / 129

参考文献 / 132

第六章 农药的环境毒理 / 133

第一节 农药的慢性毒性 / 133

第二节 农药残留的一般规律 / 134

第三节 农药在生态系统与环境中的代谢 / 137

第四节 农药残留的控制 / 141

参考文献 / 143

第七章 杀虫(螨、软体动物)剂 / 144

第一节 杀虫剂进入昆虫体内的途径及分布 / 144

第二节 有机磷杀虫剂 / 145

第三节 氨基甲酸酯类杀虫剂 / 149

第四节 拟除虫菊酯类杀虫剂 / 154

第五节 其他类型杀虫剂 / 160

第六节 杀螨剂 / 165

第七节 杀软体动物剂 / 175

第八节 熏蒸杀虫剂 / 179

第九节 昆虫生长调节剂 / 182

参考文献 / 189

第八章 杀鼠剂 / 190

参考文献 / 199

第九章 杀菌剂及杀线虫剂 / 200

第一节 植物病害化学防治策略与原理 / 200

第二节 杀菌剂的作用方式和应用 / 204

第三节 杀菌剂种类 / 208

第四节 杀线虫剂 / 215

参考文献 / 220

第十章 除草剂 / 222

第一节 除草剂的分类 / 222

第二节 除草剂的选择性 / 224

第三节 除草剂的吸收、输导与作用机制 / 226

第四节 除草剂的使用方法 / 234

第五节 影响除草剂药效的环境因素与药害 / 236

第六节 除草剂对农田生态系统的影响 / 239

第七节 除草剂的混合使用 / 241

第八节 除草剂常用类型及品种 / 246

参考文献 / 255

第十一章 植物生长调节剂 / 256

第一节 植物生长调节剂的概念、分类和作用 / 256

第二节 植物生长调节剂的使用 / 257

第三节 植物生长调节剂的常用品种 / 260

参考文献 / 268

绪 论

一、高原农药使用的重要性、当前问题及对策

西藏高原地区地形复杂,土地辽阔,地势高亢,各地区的雨量、气温差异极大。农作物的垂直分布自海拔 1500 m 左右到 4300 m,病虫的种类和分布也复杂多样。随着高原经济的发展,高原蔬菜大棚、果园、粮食承包种植地大面积增加,病虫害的种类也大量增加,发生程度逐年严重。应用农药防治农作物病虫害,具有使用简便、防效显著、见效快的特点,能迅速降低或抑制暴发病虫的流行,不仅能保证农作物高产、稳产,而且能确保农产品质量。因此,农药的使用对高原农业生产、经济发展具有重要意义。

由于高原区病虫害防治研究基础相对薄弱,监测手段落后,如一些昆虫的行为机制、病虫的遗传变异、植物抗药性和病虫致病性之间的交互作用等研究,在研究手段上同内地其他省市有显著差异,在农药的使用上也存在许多问题,主要表现为:

- (1) 农药的乱用滥施;
- (2) 杀伤大量天敌和有益生物;
- (3) 污染农产品和环境;
- (4) 长期单一使用农药导致病虫产生抗药性。

在高原地区,对于农药应用中存在的问题,主要从以下四方面来进行防控:

(1) 农作物的病虫害防控应遵循“预防为主,综合防治”的方针。合理运用各种防治方法,相互协调,确定最佳防治方案。使用农药时应尽量避免杀伤天敌和污染环境。综合治理的目的不是彻底消灭病虫害,而是把病虫害控制在经济允许水平以下,同时把防治措施提高到安全、经济、简便、有效的水平。

(2) 农药使用应遵循“绿色植保”理念。优先使用非化学农药防治技术,综合运用农业、物理、生物等防治技术。调整植保策略,提高绿色防控技术的应用和普及,逐步减少化学农药使用量,全面禁止高毒农药。此外,调整种植结构,改善生态环境等,有助于减少病虫害的发生,降低农药的使用频率。

(3) 大力提倡使用低毒、低残留及生物农药, 严禁使用高毒、高残留农药。加强对农药市场的监管, 禁止销售和使用高毒禁用农药。应根据不同作物不同病虫害正确选用高效、低毒、低残留农药, 适时、适量、交替使用不同作用机理的防治药剂。

(4) 使农民树立农产品“无公害”理念。由于高原特殊地理位置, 大量的大棚蔬菜、瓜果、青稞麦类作物等农产品作为食品的有机成分, 与人的健康息息相关, 其质量安全的源头取决于农作物在大田生长发育期间农药的使用情况。要大力推广无公害农产品生产技术, 减少化学农药用量和用药次数, 降低农药对生态环境和农产品的污染, 确保农产品质量安全。

二、植物化学保护的发展历程、特点和发展方向

植物化学保护学是科学地运用农药来防治害虫、害螨、线虫、病原菌、杂草及鼠类等有害生物, 保护农林业生产安全的一门学科。其发展与农药的发展一脉相承。19世纪中叶是植物化学保护第一次系统科学研究的开始。1867年美国应用巴黎绿——一种不纯的亚砷酸铜, 控制科罗拉多甲虫的蔓延。20世纪30年代, 世界各国在新农药的研制方面相继取得许多突破性进展。二硝基邻甲酚于1932年在法国获得专利, 用于谷类作物的杂草防治。1939年瑞士科学家 Paul Müller发现了DDT的杀虫作用, 并因此获得了1948年的诺贝尔医学奖, 这是现代化学农药合成的里程碑。迄今为止, 世界有机合成化学农药历时已近70年, 化学农药在保护作物和控制人、畜疾病方面发挥着越来越重要的作用, 成为人类赖以生存的重要化学品。在可预见的将来, 化学农药仍将是人类战胜农作物病虫害的有力武器之一。

植物化学保护发展前期的特点主要表现在:

- (1) 农药化合物、化学结构、类型与品种蓬勃发展;
- (2) 对农药品种性能的追求是活性高, 杀虫谱广, 杀灭性、持效性强, 高毒、高残留品种所占的比例较大;
- (3) 尚未重视农药对生态环境的影响;
- (4) 在管理方面侧重对质量及药效的监督。

植物化学保护发展后期的特点表现为:

- (1) 有机农药向高效、低毒、低残留方向发展;
- (2) 重视农药对生态环境的影响;
- (3) 生物及生物源农药得到极大的重视, 发展十分迅速;
- (4) 有害生物控制理论在农药的研制与开发中得到广泛应用。

近年来, 对杀虫剂、杀菌剂和除草剂的研究不断深入, 表现出高效、低毒、

减少环境污染的特点。未来,国内外农药制剂将朝着有利于环境保护方向和省力化方向发展。随着植物化学保护学的不断完善,对于农药品种、剂型和施药技术,其总的发展趋势是对靶标生物高效,对环境和非靶标生物安全。

三、植物化学保护的学习方法

植物化学保护是农科类植物保护专业的一门专业核心课,应用性很强,学好这门课对以后走向工作岗位和投入生产实际会有很大帮助,能解决比如害虫的治理、农药的科学合理使用等很多实际的问题。它是科学地运用农药来防治害虫、害螨、线虫、病原菌、杂草及鼠类等有害生物,保护农林业生产安全的一门学科。“植物化学保护”课程的教学目的主要是使学生通过学习理论和实践,掌握主要农药的理化性质、剂型加工、作用机理及合理使用的基本知识和相关技能,以便在生产上能够正确合理地使用化学防治方法,因地制宜,高效、安全、经济地防治农作物有害生物。

学习这门课程主要通过理论和积极实践相结合,将该课程内容与植物化学保护学、农业昆虫学、农业病理学等课程知识有机结合。实践内容包括农药管理基本知识学习、农药生产参观学习、农药剂型加工配制实验、田间药效实验等模块。学生应对从农药的管理到农药的生产、从原药到制剂的开发以及田间应用的整个过程有一个系统的学习和了解。学习中,学生应一方面掌握扎实的农药理论知识,并自我吸收和思考探索;另一方面积极进行实验,参观学习有关农药生产程序,动手进行农药剂型的加工配置,并进行田间药效试验,充分体验农药制剂在发挥农药活性中的重要作用。

参考文献

- [1]佚名.西藏农作物的病虫害[J].西藏农业科技,1974(1):138-142.
- [2]胡文兰,黄新动,李晋海,等.农药使用中存在的问题及对策思考[J].农药科学与管理,2012,33(26):12-14.
- [3]覃荣.西藏植物保护与农业可持续发展的关系[J].西藏农业科技,2002,24(1):32-35.
- [4]徐汉虹.植物化学保护学[M].北京:中国农业出版社,2014:1-5.
- [5]江定心,田永清,徐汉虹.以培养应用能力为导向的“植物化学保护学”课程实习教学实践与体会[J].长江大学学报,2009,6(2):100-102.

第一章 植物化学保护学的基本概念

第一节 农药的定义及分类

《中华人民共和国农药管理条例》中把农药定义为：用于预防、消灭或者控制危害农业、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物或者来源于生物、其他天然物质的一种或几种物质的混合物及其制剂。

农药的含义和范围，古代和近代有所不同，不同国家也有所差异。古代主要是指天然的植物性、动物性、矿物性物质，近代主要指人工合成的化工产品。美国最早称这些物质为 economic poisons（经济毒剂），将农药与化学肥料一起合称为 agricultural chemicals（农用化学品）。大多数欧洲国家多称为 agrochemicals（农业化学品），德国又称之为 pflanzenschutzmittel（植物保护剂）。法国曾称为 phytopharmacie（植物药剂）和 phytosanitaire（植物消毒剂）。日本称为“农药”，且其范围很广，把天敌也包括在内。目前，中国与国际上的现代农药词意基本上是一致的，不但包括天敌昆虫等活体生物、生物体中有效成分的提取物及人工模拟合成物（如昆虫保幼激素、性诱激素等），甚至把某些转基因植物（如抗虫棉等）也称为“农药植物”。

随着经济社会的发展，人们对环境质量的要求越来越高，对农药的要求越来越严格，同时，也促进了农药的高速发展。近代生物化学和分子生物学等学科研究的最新成果也应用于农药学领域，用有机化合物来影响、控制和调节各种有害生物的生长、发育和繁殖过程。在保障人类健康和生态平衡的前提下，使有益生物得到有效的保护，有害生物得到较好的控制，以促进现代农业的可持续发展。在这个过程中所使用的具有特殊生物活性的物质，可以统称为“农药”。

根据上述定义可知，大多数常用的农用化学品均可归入农药，其种类繁多。为了便于认识、研究和使用农药，应根据农药的用途、成分、防治对象或作用方式、机理等进行分类。

一、按原料的来源及成分分类

1. 无机农药

无机农药主要是由天然矿物原料加工、配制而成的农药，故又称为矿物性农药。其有效成分都是无机的化学物质，常见的有石灰、硫黄、砷酸钙、磷化铝、硫酸铜等。

2. 有机农药

有机农药主要是由碳、氢元素构成的一类农药，多数可用有机合成方法制得。目前所用的农药大多数属于这一类。通常又可根据其来源及性质分为植物源农药（烟草、鱼藤酮、除虫菊、大蒜素、印楝素等）、动物源农药（昆虫信息素、沙蚕毒素、黄蜂毒素、寄生性或捕食性天地昆虫等）、矿物油农药（石油乳剂等）、微生物农药（苏云金杆菌、青虫菌、白僵菌、农用抗生素等）及人工化学合成的有机农药（拟除虫菊酯类杀虫剂、有机氮杀虫剂、氨基甲酸酯类杀虫剂等）。

二、按用途分类

按农药防治的对象分类是化学农药最常用的分类方法。常用的农药可分为以下几类：

1. 杀虫剂

杀虫剂是指对昆虫机体有直接毒杀作用，以及通过其他途径可控制其种群形成或可减轻、消除害虫为害程度的药剂。

2. 杀螨剂

杀螨剂是指可以防除植食性有害螨类的药剂，如克螨特、四螨嗪、哒螨灵等。

3. 杀菌剂

杀菌剂是指对病原菌能起到杀死、抑制或中和其有毒代谢物，因而可使植物及其产品免受病菌为害或可消除病症的药剂。

4. 杀线虫剂

杀线虫剂是指用于防治农作物线虫病害的药剂，如棉隆、二溴氯丙烷等。

5. 除草剂

除草剂是指可以用来防除杂草的药剂。

6. 杀鼠剂

杀鼠剂是指用于毒杀多种场合中各种有害鼠类的药剂，如氯化锌、敌鼠、安妥等。

7. 植物生长调节剂

植物生长调节剂是指对植物生长发育有控制、促进或调节作用的药剂，如矮壮素、缩节胺等。

三、按作用方式分类

这种分类方法常指对防治对象起作用的方式，常用的农药可分为如下几类：

(一) 杀虫剂

1. 胃毒剂

胃毒剂是指只有被咀嚼式口器昆虫取食后经肠道吸收进体内，到达靶标才可起到毒杀作用的药剂，如敌百虫（美曲膦酯）、乙酸甲胺磷等。

2. 触杀剂

触杀剂是指接触到虫体表皮渗入体内后，可起到毒杀作用的药剂，如辛硫磷、溴氰菊酯等。

3. 熏蒸剂

熏蒸剂是指以气体状态通过昆虫呼吸器官进入体内而引起昆虫中毒死亡的药剂，如磷化铝、溴甲烷等。

4. 内吸剂

内吸剂是指使用后被植物体（包括根、茎、叶及种、苗等）吸收，并传导运输到其他部位组织，使害虫吸食或接触后中毒死亡的药剂。如吸食而引起中毒的，也是一种胃毒作用，如乐果、吡虫啉、乙酰甲胺磷等。

5. 拒食剂

拒食剂是指可影响昆虫的味觉器官，使其厌食、拒食，最后因饥饿、失水而逐渐死亡，或因摄取营养不足而不能正常发育的药剂，如拒食胺、杀虫脒等。

6. 驱避剂

驱避剂是指施用后可依靠其物理、化学作用（如颜色、气味等）使害虫忌避或发生转移、潜逃现象，从而达到保护寄主植物或特殊场所目的的药剂，此类药剂对害虫无杀伤作用，如避蚊油、卫生球等。

7. 引诱剂

引诱剂是指使用后依靠其物理、化学作用（如光、颜色、气味、微波信号等）可将害虫诱聚而利于歼灭的药剂，如性诱剂、糖浆诱剂。

除以上几种外，还有不孕剂、黏着剂、昆虫激素（如保幼激素、蜕皮激素）等。

(二) 杀菌剂

1. 保护性杀菌剂

保护性杀菌剂是指在病害流行前(即当病原菌接触寄主或侵入寄主之前)施用于植物体可能受害的部位,以保护植物不受侵染的药剂,如波尔多液、代森锌等。

2. 治疗性杀菌剂

治疗性杀菌剂是指在植物已经感病以后,可用一些非内吸杀菌剂,如硫黄直接杀死病菌,或用具有内渗作用的杀菌剂,渗入到植物组织内部,杀死病菌,或用内吸杀菌剂直接进入植物体内,随着植物体液运输传导而起治疗作用,这些药剂即治疗性杀菌剂,如三唑酮、多菌灵、百菌清、甲基硫菌灵等。

3. 铲除性杀菌剂

铲除性杀菌剂是对病原菌有直接强烈杀伤作用的药剂。这类药剂常为植物生长期不能忍受,故一般只用于播前土壤处理、植物休眠期或种苗处理。

(三) 除草剂

1. 选择性除草剂

即在一定的浓度和剂量范围内杀死或抑制部分植物,而对另外一些植物安全的药剂,如西玛津、苯达松、2,4-D等。

2. 灭生性除草剂

即在常用剂量下可以杀死所有接触到的绿色植物体的药剂,如百草枯、草甘膦等。

除以上几种分类方法以外,还可根据农药的化学结构类型、制剂形态、作用机制等进行分类,这将在各论中分别介绍。

第二节 农药的毒力与药效

农药之所以对有害生物具有防治效果,除了一些特异性杀虫剂外,基本上都是由于药剂对生物体具有直接的毒杀作用或致毒效应。农药的毒性程度常以毒力或药效作为评价的指标。毒力是指药剂本身对不同生物发生直接作用的性质和程度。一般是在相对严格控制的条件下,用精密测试方法,及采取标准化饲养的试虫或菌种及杂草而给予各种药剂的一个量度,作为评价或比较标准。毒力测定一般在室内进行,所测定的结果一般不能直接应用于田间,只能作为参考。药效是药剂本身和多种因素综合作用的结果。不同的剂型、不同的寄主植物、不同的有害生物防治对象、不同的使用方法以及各种田间环境因素,都与药剂作用效果有密切的、不可分割的关系。药效多是在田间条件下或接近田间的条件下紧密结合

生产实际进行测试的。因此,对防治工作具有实用价值。毒力与药效的含义不同,但又相互联系,相辅相成。

一、药剂毒力的测定

一种有效的药剂作用于生物体后,生物体必然要产生相应的反应。在其他条件固定时,这种反应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准确的剂量,尤其是以生物群体为施药对象时,更是如此。所以,有时生物测定中所用药剂的浓度和处理时间可笼统地称为剂量,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。在进行毒力测定时取样的供试生物种群中,各个体由于种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形曲线。如果将剂量数值换算成对数值,曲线则变成对称的S形曲线。如果再将死亡百分率换算成概率值,则剂量-反应曲线便成为直线,该直线称为剂量对数概率值直线。

所谓概率值就是概率的单位,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差所得的数值范围。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散生物个体的反应情况。另外,毒力还可用 LC_{50} 、 EC_{50} 或 ED_{50} 等来表示。

1. 致死中量 (Median Lethal Dose, LD_{50}) 或致死中浓度 (Median Lethal concentration, LC_{50})

这个概念建立在“等毒剂量”的基础上,用杀死种群50%的个体所需要的剂量来比较各种药剂的毒力,因而称为致死中量,若用浓度为单位,即为致死中浓度,这是一个比较精确可靠而且有代表性的指标。

2. 有效中量 (Median Effective Dose, ED_{50}) 或有效中浓度 (Median Effective Concentration, EC_{50})

此为杀菌剂常用的表示单位,是指抑制50%病菌的孢子萌发所需的剂量或有效浓度,多在离体测定方法中应用。

3. 忍受极限中浓度 (Median Tolerance Limit, TLm)

此为对鱼毒性测定时常用的指标,原则与虫、菌、草一致,即在一定条件下,一种农药与某种鱼接触一定的时间(24、48、96小时)杀死50%所需要的浓