

胡继业 编著

农药残留分析与 环境毒理

NONGYAO
CANLIU FENXI YU
HUANJING DULI

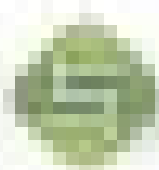


化学工业出版社

第1版 2014年12月

农药残留分析

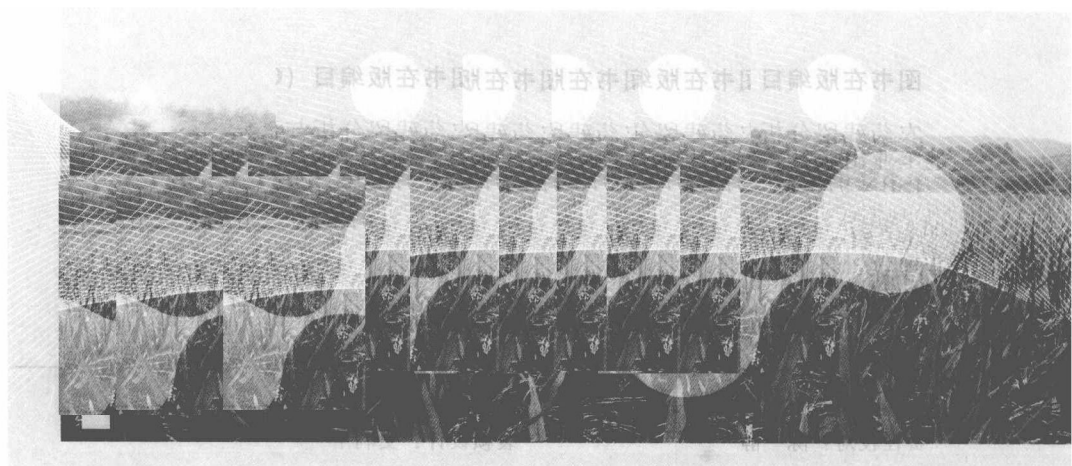
环境毒理



中国环境出版社

胡继业 编著

农药残留分析 环境毒理



化学工业出版社

· 北京 ·

本书对农药残留分析和环境毒理相关领域的基本概念、理论和研究动态进行了较系统的介绍, 主要包括农药残留田间试验、农药残留量检测的新技术、农药环境化学行为和生态效应等内容。总结了编者近几年在此领域的研究成果, 包括新农药残留分析方法的建立及一些新农药的环境化学行为和毒理方面的系统研究。

本书对从事农药残留分析与环境毒理学研究的人员有重要的参考价值, 也可供高等院校相关专业师生阅读使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

农药残留分析与环境毒理/胡继业编著. —北京: 化学工业出版社, 2010.2
ISBN 978-7-122-07487-4

I. 农… II. 胡… III. ①农药残留量分析②农药毒理学: 环境毒理学 IV. X592.02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 242732 号

责任编辑: 宋林青

文字编辑: 荣世芳

责任校对: 陈 静

装帧设计: 史利平

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

720mm×1000mm 1/16 印张 10½ 字数 181 千字 2010 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

前言

农药及其他有毒物质的环境污染是全球性问题。随着世界范围农药使用量的增加和人类环保意识的日益增强,评价一种农药的应用价值不再局限于它对作物敌害的防治效果和提高作物产量的经济效益,更着重于有无损害环境质量。大多数农药施于农田后,其母体和代谢产物均可对非靶标生物和土壤、土壤水系产生影响,持久性长的农药会对生态环境造成危害。农药被认为是潜在的化学致突变物质,试验数据已经证明多种农药成分可能引起有机体突变、染色体变化和DNA损伤。因此,全面认识农药的环境行为和生态效应,提出消除农药污染的方法,指导农药的合理使用是非常重要的。

农药残留分析是检测食品和环境安全的重要手段。随着国际贸易的发展和人类对食品安全要求的提高,世界各国对食品要求检测的项目越来越多,对农药残留分析技术的灵敏度、特异性和快速性提出了更高的要求。越来越严格的最大残留限量标准对分析方法的检出限提出了更高要求,使得复杂基体的食品样品中有害残留的分析需要更为有效的前处理方法和更为灵敏的检测技术。

本书介绍了农药残留分析和环境毒理方面的基本原理和一些前沿技术,并汇总了编者近几年在此领域的一些研究成果,旨在为该领域的科技工作者提供有益的借鉴。

由于编写时间和水平有限,疏漏之处在所难免,敬请同行专家和读者多提宝贵意见,不胜感激!

胡继业
2009年10月
于北京

目 录

第1章 绪论	1
1.1 农药的分类	1
1.1.1 按农药的来源分类	1
1.1.2 按防治对象分类	2
1.1.3 按作用方式分类	3
1.2 农药残留	6
1.2.1 农药性质与农药残留	6
1.2.2 解决农药残留的对策	6
1.3 农药环境毒理	7
1.3.1 农药对土壤的污染	7
1.3.2 农药对大气的污染	8
1.3.3 农药对食品的污染和对人类健康的影响	8
1.3.4 农药对水体的污染	8
1.4 农药在环境中的降解与代谢	8
1.4.1 农药代谢的基本形式	8
1.4.2 主要类型农药在环境和动植物体内的代谢特点	9
1.5 农药的安全评价	10
1.5.1 农药理化性质	10
1.5.2 农药环境行为特征对环境安全性的影响	10
1.5.3 农药施用方法对环境安全性的影响	10
1.5.4 农药对非靶生物的影响	10
1.6 手性农药	11
1.6.1 手性农药	11
1.6.2 手性农药对映体选择性环境行为	11
1.6.3 手性农药的拆分	12
参考文献	12

第2章 农药残留试验 14

2.1 农药残留田间试验	14
2.1.1 田间试验设计	14
2.1.2 农药残留消解动态试验	15
2.1.3 施药因素与最终残留量水平相关性试验	16
2.1.4 采样	16
2.2 农药残留量分析检测	18
2.2.1 样本的提取	18
2.2.2 样本的净化	21
2.2.3 样本前处理新技术	24
2.2.4 样本的浓缩	30
2.2.5 分析检测	32
2.2.6 分析方法的评价	35
2.3 农药残留的基本术语	37
2.3.1 农药残留分析	37
2.3.2 最大残留限量	37
2.3.3 农药合理使用准则	38
2.3.4 安全间隔期	38
参考文献	38

第3章 新农药残留分析研究 40

3.1 氯吡脲在西瓜田中的残留试验	40
3.1.1 分析方法	40
3.1.2 田间试验	41
3.1.3 结果与讨论	41
3.2 草甘膦在苹果田中的残留试验	44
3.2.1 供试材料	45
3.2.2 分析方法	45
3.2.3 田间试验	47
3.2.4 结果与讨论	47
3.2.5 结论	51
3.3 5%咪唑喹啉酸水剂在大豆田中的残留试验	51
3.3.1 分析方法	51

3.3.2	田间试验	53
3.3.3	结果与讨论	53
3.4	高效液相色谱法和固相萃取净化技术测定氟吗啉 在蔬菜、土壤、自然水中的残留量	56
3.4.1	实验材料	56
3.4.2	分析方法	57
3.4.3	结果与讨论	58
3.4.4	结论	62
3.5	固相萃取-高效液相色谱紫外检测器测定吡草醚 在土壤中的残留量	62
3.5.1	实验材料	63
3.5.2	分析方法	64
3.5.3	结果与讨论	65
3.5.4	结论	68
3.6	气相色谱-火焰光度检测器检测杀虫剂杀虫单在 番茄和土壤中的残留量	68
3.6.1	实验部分	69
3.6.2	分析方法	69
3.6.3	田间试验	70
3.6.4	结果与讨论	71
3.6.5	小结	76
3.7	新杀菌剂邻烯丙基苯酚在番茄中的残留分析研究	76
3.7.1	材料和方法	77
3.7.2	邻烯丙基苯酚在番茄中的消解动态与最终残留试验	78
3.7.3	结果与分析	78
3.7.4	讨论	80
3.8	单噻磺隆在小麦田中的残留试验研究	81
3.8.1	材料与方法	81
3.8.2	单噻磺隆在土壤中的消解动态及最终残留试验	82
3.8.3	结果与分析	83
3.8.4	讨论	85
3.9	高效液相色谱法测定白菜、土壤和自然水中双酰肼类 昆虫生长调节剂呋喃虫酰肼的残留研究	86
3.9.1	实验材料与设备	87

3.9.2 分析方法	87
3.9.3 结果与讨论	88
参考文献	93

第4章 农药环境毒理 98

4.1 农药的光化学降解	98
4.1.1 农药光解研究的试验设计	98
4.1.2 影响农药光解的因素	100
4.1.3 光解产物的分离、鉴定与反应机理的提出	103
4.2 农药在环境中的水解	105
4.2.1 农药水解机理	106
4.2.2 影响农药水解的环境因素	106
4.3 农药对土壤微生物的生态效应	107
4.3.1 农药对土壤微生物数量的影响	108
4.3.2 农药对土壤呼吸作用的影响	108
4.3.3 农药对土壤酶的影响	110
4.3.4 土壤微生物对农药的转化与分解	111
4.3.5 土壤微生物对农药的作用方式	112
4.4 农药对哺乳动物的遗传毒性	114
4.4.1 遗传毒性检测方法	114
4.4.2 SCGE 技术与其他遗传毒性试验敏感性的比较	115
4.4.3 SCGE 技术起源与原理	116
4.4.4 农药遗传毒性检测中 SCGE 技术的应用	117
参考文献	117

第5章 新农药环境毒理研究 123

5.1 2-烯丙基苯酚在液相中的光化学降解研究	123
5.1.1 材料与方法	123
5.1.2 结果与分析	125
5.1.3 结论	130
5.2 非生物条件下双酰胺类昆虫生长调节剂呋喃虫酰肼 在水溶液中的水解和光解	130
5.2.1 材料与方法	131

5.2.2	结果与讨论	133
5.2.3	结论	136
5.3	氟吗啉在水溶液和自然水中的光化学降解	136
5.3.1	材料与方法	137
5.3.2	实验方法	138
5.3.3	结果与讨论	139
5.3.4	结论	143
5.4	新磺酰脲除草剂单嘧磺隆的 HPLC 分析及其 在土壤中吸附性能的研究	144
5.4.1	材料与方法	144
5.4.2	结果与讨论	146
5.5	2-烯丙基苯酚的土壤微生物生态效应	148
5.5.1	材料与方法	148
5.5.2	结果与讨论	149
5.5.3	结论	151
5.6	1-丁酰基苯酚在液相中的光化学降解	151
5.6.1	实验部分	152
5.6.2	结果与讨论	152
5.6.3	结论	155
	参考文献	156

第1章 绪论

按《中国农业百科全书·农药卷》^[1]的定义, 农药(Pesticides)主要是指用来防治危害农林牧业生产的有害生物(害虫、害螨、线虫、病原菌、杂草及鼠类)和调节植物生长的化学药品, 但通常也把改善有效成分、物理和化学性状的各种助剂包括在内。

农药的使用可以追溯到公元前 1000 多年。在古希腊, 有用硫黄熏蒸防治害虫及病害的记录。在中国, 更是早在 5~7 世纪, 就用牡鞠、莽草、蜃灰等灭杀害虫。就世界范围来看, 农药的商品化始于欧洲。从农药的使用和发展来看, 大致可分为三个时期, 即天然农药阶段、无机农药阶段和有机合成农药阶段, 目前农药的使用已经成为确保农业丰收的重要手段。随着农药的大规模应用, 农药所带来的环境和食品安全问题日益受到关注, 尤其是一些传统农药, 由于其毒性、残留及对环境污染存在很大问题, 已成为人类环境污染源之一, 部分农药被认为是潜在的化学致突变物质, 试验数据已经证明有些农药成分可能引起有机体突变、染色体变化和 DNA 损伤^[2]。因此, 研究农药在环境中的行为, 了解农药在环境中的变化规律是非常重要的。

● 1.1 农药的分类^[3]

农药品种很多, 分类的方法也多种多样。可按防治对象、成分和来源、作用方式及毒理机制、化学结构分类, 亦有将上述几种综合或交叉分类的。

1.1.1 按农药的来源分类

可分为矿物源农药、生物源农药与有机合成农药。

1.1.1.1 矿物源农药

有的是无机矿物原料经加工, 有的是用矿物油加工成乳剂。早期的农药有一些无机化合物品种, 如砷制剂、氟制剂作为杀虫剂, 后来因为毒性高、药效差、药害重而停产。现代使用的无机农药主要有铜制剂与硫制剂, 铜制剂如波

尔多液、碱式硫酸铜悬浮剂等，硫制剂如硫悬浮剂、石硫合剂等，它们是大吨位的杀菌剂，硫制剂也是杀螨剂。矿物油乳剂多用于果树休眠期杀虫杀螨。

1.1.1.2 生物源农药

主要有植物源农药和微生物源农药。植物源农药历史悠久、用量大的主要有除虫菊和烟碱。除虫菊干花磨成粉就可直接作为杀虫剂或作为蚊香的原料。从除虫菊干花中可以提取出除虫菊素，再配成药剂。烟草中含有可以杀虫的烟碱，一般用废次烟叶或烟梗作原料，用酸提取出烟碱再配成杀虫制剂，我国的植物源杀虫剂还有鱼藤、苦参、楝素等。植物源农药一般具有毒性较低、对植物无药害、有害生物不易产生抗药性、对环境友善等优点。但是，它们来源有限或栽植要占用耕地，很难大规模生产，品种也单一。

微生物源农药可以通过微生物发酵工业大规模生产。如果利用微生物代谢物，可以认为是微生物进行生物合成的化学物质，本质上与化学合成农药差不多，有人称之为“生物化学农药”。如阿维菌素，是一种高效杀虫杀螨剂；井冈霉素是防治水稻纹枯病的杀菌剂。而用活体微生物做成制剂使用的，如杀虫剂苏云金杆菌制剂，其施用在本质上是生物防治措施，得病死的虫体还会有传染性，严格说不属于化学防治的范畴。但由于它的制剂与作用方法都与农药相近，也被视为一种农药，微生物源农药一般也具有对植物无药害、对环境友善等优点。

1.1.1.3 有机合成农药

有机合成农药占农药品种的绝大部分，它们是通过化学工业用有机合成工艺生产出来的。由于有机化合物的多样性，有机合成的农药品种繁多，作用方式也存在多样性。目前使用的有机合成农药主要有有机氯、有机磷、氨基甲酸酯、有机氮、拟除虫菊酯等农药。

1.1.2 按防治对象分类

防治对象就是农业有害生物，其中有动物、植物，也有微生物。

1.1.2.1 杀虫剂

用于防治有害昆虫。昆虫属节肢动物门昆虫纲，节肢动物身体分节，还长有分节的附肢，全身长有外骨骼，身体分为头、胸、腹三部分，胸节上长有三对足。有害昆虫简称害虫，如麦蚜、棉铃虫、玉米螟等。

1.1.2.2 杀螨剂

主要用于防治害螨。螨就是蜘蛛，属节肢动物门蛛形纲，身体分为头胸部与腹部两部分，头胸部长有四对足。肉食性螨多是有益的，植食性螨多是有害

的,如麦蜘蛛、棉叶螨等。有些杀虫剂如甲基对硫磷、水胺硫磷等也能兼治害螨,确切的分类名称应为杀虫杀螨剂。典型的杀螨剂只杀螨不杀虫或基本上不杀虫,杀螨剂有速螨酮、三氯杀螨醇、三唑锡等。

1.1.2.3 杀菌剂

用于防治植物病害。人体得病是细菌作怪,植物生病多是真菌危害,称为植物病原真菌。真菌性病害如小麦锈病、稻瘟病、黄瓜霜霉病等。也有的病害是植物病原细菌造成的,如水稻白叶枯病、白菜软腐病等。真菌和细菌都属微生物。

1.1.2.4 杀线虫剂

用于防治植物病原线虫。植物有一类病害是线虫造成的,线虫小如针尖,它不是微生物,而是一种动物,但它对植物危害出现的症状像病害。丙线磷是一种杀线虫剂,可防治甘薯茎线虫等多种植物病原线虫。杀虫剂涕灭威、甲基异硫磷等也有很好的杀线虫活性,可用于防治花生根结线虫等。

1.1.2.5 除草剂

用于防除杂草。杂草是危害农作物的植物,广义而言,凡在不适合的时间、地点生长的植物都是杂草。

1.1.2.6 杀鼠剂

用于防治害鼠。害鼠属脊椎动物门、哺乳纲、啮齿目,农田、粮仓、居室到处都有害鼠的踪迹,杀鼠剂有敌鼠钠盐等。

1.1.2.7 杀软体动物剂

用于防治有害软体动物。带壳的蜗牛和不带壳的蛞蝓是菜园里的大食客,它们属于软体动物门,防治药剂如蜗牛敌等。

1.1.2.8 植物生长调节剂

用于调节植物生长,不用于防治有害生物。其中有的能刺激生长,如赤霉素;有的能抑制生长,如矮壮素;有的能改善植物内在或外在的质量,如乙烯利可用于催熟。

1.1.3 按作用方式分类

1.1.3.1 杀虫剂

(1) 胃毒剂

药剂通过昆虫口器进入体内,经过消化系统发挥作用使虫体中毒死亡。例如,敌百虫是典型的胃毒剂,其药液喷在蔬菜叶片上,菜青虫、小菜蛾的幼虫

嚼食菜叶时吃进药剂可引起中毒死亡；甲基异硫磷胃毒性能也很好，其药液拌小麦种子，可防治地下害虫蛴螬、金针虫等，这些害虫吃食是咬下来嚼碎吞进去，胃毒剂主要防治这样的咀嚼口器害虫。

（2）触杀剂

药剂通过昆虫表皮进入体内发挥作用使虫体中毒死亡。昆虫表皮就是昆虫的外骨骼，主要由称为几丁质的成分构成。大多数拟除虫菊酯类杀虫剂以及很多有机磷、氨基甲酸酯类杀虫剂都具有强烈的触杀作用，药液喷洒在虫体上即可发挥作用。有时药剂喷在昆虫活动场所，如拟除虫菊酯类杀虫剂一些品种的药液喷洒在棉花叶片上，幼龄棉铃虫在叶片上爬行，药剂可以通过昆虫的足底富集并进入体内达到致死剂量。有一类杀虫剂如松脂合剂、机械油乳剂等只有触杀作用。松脂合剂可以腐蚀破坏昆虫表皮，使昆虫体液流失而死；机械油乳剂可以在昆虫气门处形成油膜堵塞气门，使昆虫窒息而死。

（3）熏蒸剂

某些药剂可以汽化为有毒气体，或者通过化学反应产生有毒气体，通过昆虫的气门及呼吸系统进入昆虫体内发挥作用使虫体中毒死亡。有机磷杀虫剂敌敌畏熏蒸作用很强，可以在密闭的空间形成一定浓度而杀死该空间的昆虫，如卫生害虫、仓库害虫。敌敌畏还可以在田间较郁闭的空间里发挥作用，如防治大豆食心虫、豇豆的豆荚螟、玉米的玉米螟等。有的熏蒸剂如溴甲烷通常以液态贮存在钢瓶里，使用时以气态发挥作用。有的熏蒸剂如磷化铝，原药是固体，使用后与空气中的湿气作用水解形成剧毒的磷化氢气体，可杀灭仓库害虫。

（4）内吸剂

药剂施用后通过叶片或根、茎被植物吸收，进入植物后被输导到其他部位，如通过蒸腾流由下向上输导，以药剂有效成分本身或在植物体内代谢为更具生物活性的物质发挥作用。内吸剂主要防治刺吸式口器害虫，如氧化乐果可防治蚜虫。蚜虫靠“口针”吸食大量植物汁液为生，植物茎叶上喷洒了氧化乐果，植物体内汁液中就带毒，蚜虫吸食后会中毒死亡。甲拌磷处理棉籽，可使棉苗带毒，防治蚜虫、红蜘蛛，持效期可达一个半月。有的杀虫剂虽能渗入植物体内，但不能在植物体内输导，称为“内渗”。内渗作用在植保实践中也很有意义。例如：蚜虫、红蜘蛛多集中在叶片背面，严重时造成卷叶，如施用触杀剂防治，操作不方便，也很难让虫体都接触到药剂，而施用甲基对硫磷等具有内渗作用的杀虫剂，只要喷施在叶片正面，就能杀死相应叶片背面的刺吸式口器害虫。杀虫剂的以上各种作用是相对的，很多杀虫剂品种同时具有几种作用，在一定的施药方法下，杀虫剂可能主要发挥一种作用，也可能发挥几种作用的综合效果。

1.1.3.2 杀菌剂

(1) 保护剂

杀菌剂在病原菌侵染之前喷施在植物体表面，起保护作用，即使病菌再来也侵染不了植物。较老的杀菌剂品种多以保护作用为主，如波尔多液、福美类和代森类有机硫杀菌剂等。保护剂要求掌握好施药时机，一定要在病菌可能侵染之前不久，如病菌已经侵入植物体内，就没有什么药效了。大田中施用保护剂，最晚也要在田间刚发现所谓“中心病株”之时，以保护大多数植株。保护剂往往有较长时间的持效期，必要时可多次施药。

(2) 治疗剂

杀菌剂在病原菌侵入植株以后施用，可以抑制病菌生长发育甚至致死，可以缓解植株受害程度甚至恢复健康。有的内渗性杀菌剂具有治疗作用，如代森铵，但具有经典治疗作用的杀菌剂是内吸剂，如多菌灵、三环唑、三唑酮等含氮杂环类杀菌剂及井冈霉素等农抗杀菌剂均具有很强的内吸治疗作用。而甲霜灵和三乙膦酸铝这样的内吸杀菌剂具有向顶性与向基性双向内吸传导作用，发挥治疗作用特别优越。

(3) 铲除剂

杀菌剂直接接触植物病源并杀伤病菌使它们不能侵染植株。铲除剂因作用强烈，有的不能用在生长期的植株，有的虽可以用，但要注意施用剂量或药液浓度。铲除剂多用于处理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。石硫合剂药液浓度高时具有铲除作用，如在桃树萌芽前施药，可杀死枝干上的桃缩叶病菌。

1.1.3.3 除草剂

(1) 触杀性除草剂

药剂施用后杀死杂草直接接触到药剂的部位的组织。这类除草剂施药时要求均匀周到，但只能杀死杂草的地上部分，而对接触不到药剂的地下部分无效。因此，它们一般只能防除由种子萌发的杂草，而不能很好地防除多年生杂草的地下根、地下茎。如敌稗是触杀性除草剂，在稻田中稗草一叶一心至二叶一心期施药可杀死稗草，稻苗会对敌稗解毒而不受害。百草枯是一种灭生性触杀型除草剂，植物绿色部分接触到百草枯药剂会很快受害干枯，但它不影响植物褐色的茎或树皮，也没有内吸作用，不会影响到植物的地下部分，它接触土壤后会很快失效，所以不影响施药后不久在土壤上另种植其他作物。

(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、叶吸收并在植物体内传导，最终杀死杂草植株。莠去津是内吸性除草剂，可以茎叶喷雾，也可以用于

土壤处理，玉米等一些作物能对其解毒，所以它可用于玉米地防除多种杂草。草甘膦有强烈的内吸传导作用，可以向顶性、向基性双向传导，施用于杂草植株，能杀死其地上部分，也能杀死其地下根、地下茎等地下部分，因此可以防除多年生宿根性杂草。但草甘膦接触土壤很快分解失效，它只能作茎叶处理。

了解农药的分类，就能更好地掌握每一个具体农药品种的性能、防治对象、使用方法等知识，从而在进行农药残留检测时发挥更积极的作用。

● 1.2 农药残留

农药残留 (Pesticide residues) 是农药使用后一个时期内没有被分解而残留于生物体、收获物、土壤、水体、大气中的微量农药原体、有毒代谢物、降解物和杂质的总称。施用于作物上的农药，其中一部分附着于作物上，一部分散落在土壤、大气和水等环境中，环境残存的农药中的一部分又会被植物吸收。残留农药直接通过植物果实或水、大气到达人、畜体内，或通过环境、食物链最终传递给人、畜。导致和影响农药残留的原因有很多，其中农药本身的性质、环境因素以及农药的使用方法是影响农药残留的主要因素。

1.2.1 农药性质与农药残留

有机氯农药，主要包括六六六和滴滴涕，因不易分解且具有一定的挥发性和强脂溶性，能通过食物链传递污染整个生态环境，进而危害人类身体健康。国内外研究表明，无论是发达的工业国家还是农业国家均频繁地从土壤中检出六六六和滴滴涕的残留物；我国局部地区的土壤六六六和滴滴涕的残留量亦仍然较高。

有机磷、氨基甲酸酯类农药化学性质不稳定，在施用后，容易受外界条件影响而分解。但有机磷和氨基甲酸酯类农药中存在着部分高毒和剧毒品种，如甲胺磷、对硫磷、涕灭威、克百威、水胺硫磷等，如果被施用于生长期较短、连续采收的蔬菜，则很难避免因残留量超标而导致人畜中毒。

1.2.2 解决农药残留的对策

1.2.2.1 合理使用农药

解决农药残留问题，必须从根源上杜绝农药残留污染。我国已经制定并发布了一系列《农药合理使用准则》国家标准，准则中详细规定了各种农药在不同作物上的使用时期、使用方法、使用次数、安全间隔期等技术指标。合理使

用农药,不但可以有效地控制病虫害,而且可以减少农药的使用,减少浪费,最重要的是可以避免农药残留超标。有关部门应在继续加强《农药合理使用准则》制定工作的同时,加大宣传力度,加强技术指导,使《农药合理使用准则》真正发挥其应有的作用。

1.2.2.2 加强农药残留监测

开展全面、系统的农药残留监测工作能够及时掌握农产品中农药残留的状况和规律,查找农药残留形成的原因,为政府部门提供及时有效的数据,为政府职能部门制定相应的规章制度和法律法规提供依据。

1.2.2.3 加强法制管理

加强《农药管理条例》、《农药合理使用准则》、《食品中农药残留限量》等有关法律法规的贯彻执行,加强对违反有关法律法规行为的处罚,是防止农药残留超标的有力保障。

1.2.2.4 发展高效低毒、低残留的农药

近年来,高毒农药的大量使用对环境的负面影响已引起世界范围的广泛关注。因此,许多国家都制定法规禁止或限制高毒农药的使用。我国是高毒农药生产大国,6个高毒有机磷杀虫剂(甲胺磷、久效磷、对硫磷、甲基对硫磷、氧乐果、敌敌畏)的产量占全国农药总产量的1/3以上,其中高毒的甲胺磷农药一个品种的产量就达7.2万吨。近年来,高毒有机磷农药替代品种的开发已成为我国农药研究开发的热点,其市场前景非常广阔。

● 1.3 农药环境毒理

农药的品种繁多,理化性质各不相同,防治对象和使用方法也有差异,因此在环境中的行为和对生态系统的影响是很复杂的。为了减少农药所带来的负面影响,对农药进行环境毒理学的研究是很有必要的。其主要内容包括:一是农药施用后在环境中的物理、化学变化和归趋;二是农药及其代谢物对环境和非靶标生物群体的影响。

1.3.1 农药对土壤的污染

农药使用后大部分会不可避免地进入土壤,土壤是农药在环境中的贮藏库,也是农药在环境中的集散地。土壤被农药污染后,其后果是严重的,如大豆田长期使用高残效除草剂的地块,导致玉米经济作物无法调茬,大豆也表现出根系发育受阻、生长缓慢,个别地块出现大量死苗现象,导致减产、减收甚