



实用农村环境保护知识丛书

农村农药 污染及防治

王罗春 白力 时鹏辉 蒋路漫 赵由才 编著



冶金工业出版社
www.cnmip.com.cn



实用农村环境保护知识丛书

农村农药污染及防治

王罗春 白力 时鹏辉 蒋路漫 赵由才 编著

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2019

内 容 提 要

本书主要介绍了农药的定义和分类以及农村农药污染特点和危害;农村农药污染的预防,农药的科学选择和合理使用、病虫害的物理防治和生物防治、农药控制释放技术、种植制度与耕作技术优化和农药废弃物的管理;农村农药污染的治理,农药污染过程阻断技术、农药污染生态修复技术、农药残留物的物理吸附富集、农药残留物的化学分解和农药残留物的微生物降解。

本书可供从事农村植物保护、环保、农业等部门的技术人员和管理人员阅读,也可供园艺场、绿色食品生产基地和出口农产品生产基地技术人员以及高校和职业学校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

农村农药污染及防治/王罗春等编著. —北京:冶金工业出版社, 2019. 1

(实用农村环境保护知识丛书)

ISBN 978-7-5024-7935-0

I. ①农… II. ①王… III. ①农药污染—污染防治
IV. ①X592

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 243067 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcbbs@cnmp.com.cn

责任编辑 杨盈园 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 王永欣 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7935-0

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷

2019 年 1 月第 1 版, 2019 年 1 月第 1 次印刷

169mm×239mm; 10 印张; 191 千字; 147 页

44.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

序 言

据有关统计资料介绍，目前中国大陆有县城 1600 多个：其中建制镇 19000 多个，农场 690 多个，自然村 266 万个（村民委员会所在地的行政村为 56 万个）。去除设市县级城市的人口和村镇人口到城市务工人员数量，全国生活在村镇的人口超过 8 亿人。长期以来，我国一直主要是农耕社会，农村产生的废水（主要是人禽粪便）和废物（相当于现在的餐厨垃圾）都需要完全回用，但现有农村的环境问题有其特殊性，农村人口密度相对较小，而空间面积足够大，在有限的条件下，这些污染物，实际上确是可循环利用资源。

随着农村居民生活消费水平的提高，各种日用消费品和卫生健康药物等的广泛使用导致农村生活垃圾、污水逐年增加。大量生活垃圾和污水无序丢弃、随意排放或露天堆放，不仅占用土地，破坏景观，而且还传播疾病，污染地下水和地表水，对农村环境造成严重污染，影响环境卫生和居民健康。

生活垃圾、生活污水、病死动物、养殖污染、饮用水、建筑废物、污染土壤、农药污染、化肥污染、生物质、河道整治、土木建筑保护与维护、生活垃圾堆场修复等都是必须重视的农村环境改善和整治问题。为了使农村生活实现现代化，又能够保持干净整洁卫生美丽的基本要求，就必须重视科技进步，通过科技进步，避免或消除现代生活带来的消极影响。

多年来，国内外科技工作者、工程师和企业家们，通过艰苦努力和探索，提出了一系列解决农村环境污染的新技术新方法，并得到广泛应用。



鉴于此，我们组织了全国从事环保相关领域的科研工作者和工程技术人员编写了本套丛书，作者以自身的研发成果和科学技术实践为出发点，广泛借鉴、吸收国内外先进技术发展情况，以污染控制与资源化为两条主线，用完整的叙述体例，清晰的内容，图文并茂，阐述环境保护措施；同时，以工艺设计原理与应用实例相结合，全面系统地总结了我国农村环境保护领域的科技进展和应用技术实践成果，对促进我国农村生态文明建设，改善农村环境，实现城乡一体化，造福农村居民具有重要的实践意义。

赵由才

同济大学环境科学与工程学院

污染控制与资源化研究国家重点实验室

2018年8月

前 言

农药是重要的农业生产资料，对防病治虫、促进粮食和农业稳产高产至关重要。但由于农药使用量较大，加之施药方法不够科学，带来生产成本增加、农产品残留超标、作物药害、环境污染等问题。据统计，2012~2014 年我国农作物病虫害防治农药年均使用量 31.1 万吨。目前，我国农药平均利用率仅为 35%，大部分农药通过径流、渗漏、飘移等方式流失，污染土壤、水环境，影响农田生态环境安全。目前我国受到农药污染的河流超过 71%，在水田、排水灌渠、河流、湖泊、近海海域等水域中，均检出有农药。

随着社会的发展和人民生活水平提高，公众对环境质量越来越关注，国家相关部门对农村农药污染的防治日益重视。

国家质量监督检验检疫总局早在 2000~2009 年先后制定（修订）了 9 条《农药合理使用准则》（GB/T 8321.1~9），详细规定了国内大部分农药的适用作物、防治对象、每 667m² 每次制剂施用量或稀释倍数（有效成分浓度）、施药方法、每季作物最多使用次数、最后一次施药距收获的天数（安全间隔期）、实施要点、最大残留限量（MRL）参考值（mg/kg）等。

2010 年 7 月，国家环境保护部颁布了《农药使用环境安全技术导则》（HJ 556—2010），详细规定了农药环境安全使用的原则、污染控制技术措施和管理措施等相关内容。

2014 年 12 月 23 日，环境保护部办公厅印发了《江河湖泊生态环境保护系列技术指南（试行）》（环办〔2014〕111 号），其中第六部



分《农田面源污染防治技术指南（试行）》对农药农田污染源控制技术、污染过程阻断技术和污染末端净化强化技术进行了详细的阐述。2015年2月17日，农业部发布了《到2020年农药使用量零增长行动方案》（农发〔2015〕2号），明确提出：到2020年力争实现农药使用总量零增长，主要农作物农药利用率达到40%以上。2016年5月28日，国务院印发了《土壤污染防治行动计划》（国发〔2016〕31号），其中第十九条提出“控制农业污染、合理使用农药、科学施用农药，推行农作物病虫害专业化统防统治和绿色防控，推广高效低毒低残留农药和现代植保机械。到2020年，全国主要农作物农药使用量实现零增长，利用率提高到40%以上”。2017年2月8日，国务院修订通过了《农药管理条例》，其中第五章对农药的使用做了详细的规定，修订后的《农药管理条例》自2017年6月1日起施行。

本书介绍了农村农药污染及防治的相关知识，内容涵盖农村农药污染的形成及特点、农村农药污染的预防、农村农药污染的治理，内容全面，实用性强。

参加本书编写的主要人员有：上海电力学院的王罗春（第1~3章）、上海康恒环境股份有限公司的白力（第2、3章）、上海电力学院的时鹏辉（第1、3章）、上海电力学院的蒋路漫（第3章）和同济大学的赵由才（第1、2章）。此外，上海电力学院的研究生李琳和何昌伟在文献资料整理方面做了大量的工作，在此特表谢意。

限于编著者水平和时间所限，书中若有不足和疏漏之处，敬请读者批评指正。

作者

2018年7月

目 录

1 农药及农村农药污染	1
1.1 农药定义及分类	1
1.1.1 杀虫(螨)剂	1
1.1.2 杀菌剂	4
1.1.3 除草剂	5
1.2 农药的毒性与人体健康	6
1.2.1 农药的急性毒性与人体健康	6
1.2.2 农药的慢性毒性与人体健康	7
1.2.3 农药的特殊毒性与人体健康	9
1.3 农药的使用现状	9
1.4 农村农药污染	11
1.4.1 农村农药污染特点	11
1.4.2 农村农药污染的危害	13
1.4.3 农村农药污染形成的原因	16
2 农药污染的预防	18
2.1 农药的科学选择和合理施用	18
2.1.1 科学选择农药品种	18
2.1.2 节制用药	21
2.1.3 抗性风险管理	21
2.1.4 按规范配制农药	22
2.1.5 科学施用	23
2.1.6 剩余农药处理	26
2.2 病虫草害的物理防治	27
2.2.1 人工捕杀	27
2.2.2 人工清除病株、病部	27
2.2.3 设施隔离	28
2.2.4 高温处理	28



2.2.5 诱杀	28
2.2.6 嫁接换根	33
2.3 病虫草害的生物防治	35
2.3.1 生物防治的概念及其重要性	35
2.3.2 天敌昆虫的利用	35
2.3.3 昆虫病原微生物的利用	44
2.3.4 植物农药	49
2.3.5 昆虫生长调节剂	51
2.3.6 昆虫信息素	51
2.3.7 抑病土	51
2.4 农药控制释放技术	53
2.4.1 控制释放技术及其分类	53
2.4.2 控制释放技术在农药中的应用	55
2.5 种植制度与耕作技术优化	58
2.5.1 种植制度优化	58
2.5.2 耕作技术优化	64
2.5.3 稻田养殖技术	65
2.6 农村农药废弃物的管理	68
2.6.1 农村农药废弃物的分类和性质	68
2.6.2 农村农药废弃物管理的相关规定	68
2.6.3 典型的农药包装废弃物回收模式	70
3 农药污染的治理	73
3.1 农药污染过程阻断技术	73
3.1.1 农田内部的拦截	73
3.1.2 污染物离开农田后的拦截阻断技术	76
3.2 农药污染的生态修复技术	82
3.2.1 前置库技术	82
3.2.2 生态塘技术	85
3.2.3 人工湿地技术	89
3.3 农药残留物的物理吸附	102
3.3.1 生物质炭吸附剂	102
3.3.2 其他吸附剂	105
3.4 农药残留物的化学分解	107
3.4.1 水解作用	107



3.4.2 氧化分解	109
3.4.3 光化学降解	111
3.5 农药残留物的微生物降解	115
3.5.1 降解农药的微生物	115
3.5.2 微生物降解农药的途径与机理	117
3.5.3 影响微生物降解农药的因素	118
3.5.4 几类典型农药的微生物降解	119
3.5.5 农药微生物降解的新技术和新方法	125
附录	127
附录1 农药使用环境安全技术导则 (HJ 556—2010)	127
附录2 《农药管理条例》(2017)	131
参考文献	144



1 农药及农村农药污染

1.1 农药定义及分类

按《中华人民共和国农药管理条例》，农药是指用于预防、控制危害农业、林业的病、虫、草、鼠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。

农药的分类方法也是多种多样，可以按照防治对象、制造成分和来源分类，也可以按照作用方式和毒理机制以及化学结构来分类，还可将上述几种综合或者交叉进行分类。为了实用简便，通常按照防治对象或作用方式综合分类，如图 1-1 所示。

1.1.1 杀虫（螨）剂

杀虫（螨）剂主要是用于防治害虫（或者螨虫）的农药。某种杀虫剂可用于防治卫生害虫、畜禽体内外寄生虫以及危害工业原料及其产品的害虫。按其作用方式又可以具体分为胃毒剂、触杀剂等。

1.1.1.1 胃毒剂

杀虫（螨）剂随着食物通过害虫口器摄食后，在肠液中溶解，或者被肠壁细胞吸收到致毒位置，致使害虫中毒死亡。例如敌百虫、除虫脲等。

1.1.1.2 触杀剂

害虫接触到药剂时，药剂通过虫体的表皮渗入到虫体内，使害虫受到干扰或者破坏某些组织，使害虫致死。例如甲基对硫磷、氰戊菊酯、氯氰菊酯等。

1.1.1.3 熏蒸剂

某些药剂在一般气温下即升华，挥发成有毒的气体，或者经过一定的化学作用而产生有毒气体，然后经由害虫的呼吸系统，例如气孔（气门）进入虫体内，使害虫中毒死亡。例如氯化苦、磷化铝等。

目前大量应用的杀虫剂，大都以触杀作用为主，兼有胃毒作用，例如好年冬、咪虫啉等。少数品种具有熏蒸作用，例如敌敌畏。仅具上述三种作用方式之

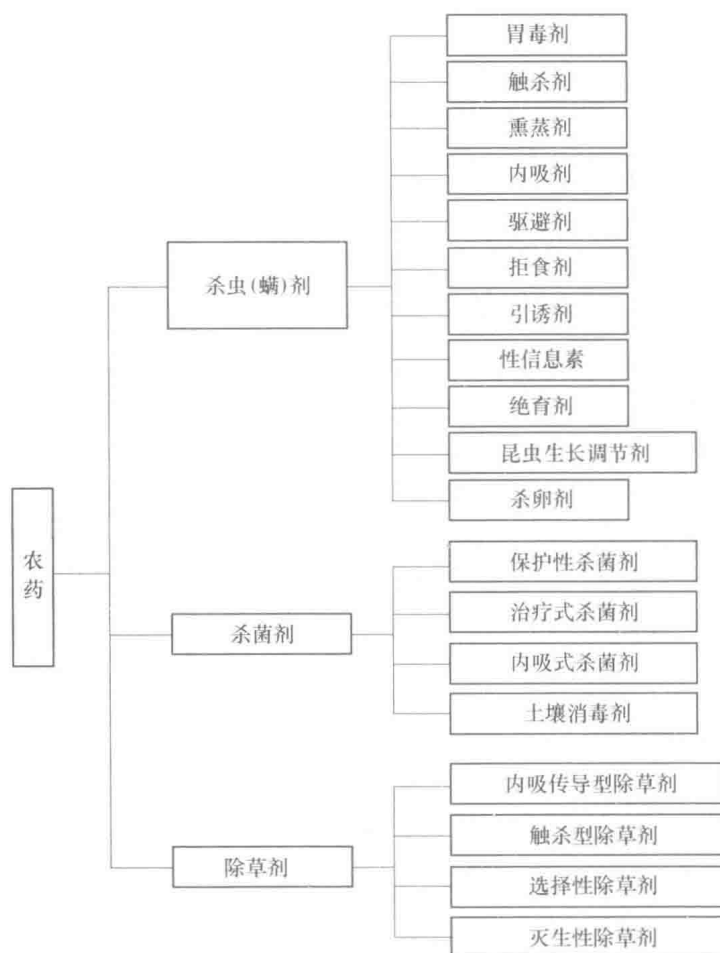


图 1-1 农药的分类

一的杀虫农药品种不多。

1.1.1.4 内吸剂

这是指不论将药剂施到作物的哪一部位（根、茎、叶、种子），都能够被作物吸收到体内，并且随着植株体液传导到全株各部位。传导到植株各部位的药量足以使危害此部位的害虫中毒死亡；同时，药剂可在植物体内储存一定时间而不妨碍作物的生长发育。例如乐果、甲拌磷、克百威等。内吸剂的优点是使用方便，适用于防治那些藏在隐蔽处的害虫。

1.1.1.5 特异性杀虫剂

A 杀卵剂

这类药剂与虫卵接触后，进入卵内降低卵的孵化率或者直接进入卵壳使幼虫



或虫胚中毒死亡。例如石灰硫黄合剂,可以使卵壳变硬、胚胎干死,一些油剂可以阻碍蚊卵、叶螨卵、苹果小卷蛾卵的呼吸,累积有毒代谢物使其中毒死亡。

B 绝育剂

这类药剂被昆虫摄食后,能够破坏其生殖功能,使害虫失去繁殖能力。雌性害虫虽然经过交配也不会产卵,或者虽然能够产卵也不能孵化。其优点是只对于那些造成危害的目标害虫起到防治作用,而对于同一生态环境中的无害或者有益昆虫无不良影响。

绝育剂根据其作用可分为三类:(1)影响生殖细胞的成熟分裂的药剂,如秋水仙素、氮芥等。(2)影响生殖细胞生长成熟中代谢过程的药剂,如N-[(对2,4-二氨基-6-甲基蝶啶甲胺)苯基]谷氨酸,可能影响卵黄体成熟。(3)影响受精过程的药剂,如双(对氯苯基)三氟乙醇等。在农业上一般可与杀虫剂结合使用。

C 拒食剂

害虫在接触或者摄食这类药剂后,会消除食欲,拒绝取食因而饥饿死亡。从天然存在于植物中人工分离的作为拒食剂的物质至今已有300多种。例如糖苷类、萜烯类、香豆素等,都有较强的广谱拒食作用。

D 驱避剂

这种药剂本身无毒害作用,但由于具有某种特殊气味或者颜色,施药后可以使害虫不愿接近或者远避。当前,最为成功的驱避剂为预防蚊虫的避蚊胺。

E 引诱剂

能够引诱昆虫的药剂,是由植物产生或人工合成的对特定昆虫有行为引诱作用的活性物质。有引诱作用的化学物质,在自然界多为能够产生气味而弥散于空间的有机物。例如诱杀地老虎成虫的糖醋酒诱杀剂、诱集棉铃虫产卵的嫩玉米丝提取液等。

F 性信息素

雌性昆虫的尾端外翻的腺体会释放出一种极微量的化学物质,以引诱同种的雄性昆虫进行交配繁殖。有性引诱剂作用的性信息素普遍存在于昆虫中,仅鳞翅目昆虫已知有170多种。人们通过活体提取,或者人工合成这种物质,以引诱雄虫进行灭杀;或者由此预测害虫的发生期、发生量及危害情况,以便作出防治决策。当前在农业生产上应用较广泛的有棉铃虫性信息素、棉红铃虫性信息素、玉米螟性信息素、家蝇性信息素等。

G 昆虫生长调节剂

这类药剂通过对目标害虫施用后,会扰乱害虫的正常生长发育而使害虫死亡



或者减弱害虫的生活能力。例如保动激素、蜕皮激素、几丁质酶抑制剂等。

1.1.2 杀菌剂

杀菌剂泛指在一定剂量或者浓度下，具有杀死植物病原菌或者抑制其生长发育的农药。按其使用方式可分为保护性杀菌剂、治疗性杀菌剂、铲除性杀菌剂三类，按传导特性可分为内吸性杀菌剂和非内吸性杀菌剂两类。此外，杀菌剂还可根据使用方法分类，如种子处理剂、土壤消毒剂、喷洒剂等。

1.1.2.1 按杀菌剂的使用方式分类

A 保护性杀菌剂

保护性杀菌剂是在病原微生物没有接触植物或没浸入植物体之前，用药剂处理植物或周围环境，达到抑制病原孢子萌发或杀死萌发的病原孢子，以保护植物免受其害。

保护性杀菌剂主要有以下几类：

- (1) 硫及无机硫化物，如硫黄悬浮剂、固体石硫合剂等；
- (2) 铜制剂，主要有波尔多液、铜氨合剂等；
- (3) 有机硫化物，如福美双、代森锌、代森铵、代森锰锌等；
- (4) 酞酰亚胺类，如克菌丹、敌菌丹和灭菌丹等；
- (5) 抗生素类，如井冈霉素、灭瘟素、多氧霉素等；
- (6) 其他类，如叶枯灵、叶枯净、百菌清、禾穗宁等。

保护性杀菌剂主要作用方式是施药后在植物表面形成一层药膜，使其不被病菌侵染。此类杀菌剂对气流传播病菌尤为有效，如用波尔多液防治多种作物的霜霉病；对植物种子或幼苗进行处理，以防治种传病害的侵染，如三唑酮拌种防治禾谷类黑穗病；多菌灵浸蘸甘薯幼苗防治苗期病害；福美双、多菌灵土壤处理防治多种作物的土传病害，如猝倒病和立枯病等。

B 治疗性杀菌剂

治疗性杀菌剂是在病原微生物已经浸入植物体内，但植物表现病症处于潜伏期，将药物从植物表皮渗入植物组织内部，经输导、扩散或产生代谢物来杀死或抑制病原，使病株不再受害，并恢复健康。常见的有多菌灵、托布津、春雷霉素、嘧菌酯百菌清等。

C 铲除性杀菌剂

铲除性杀菌剂是指在植物感病后能通过施药直接杀死已侵入植物的病原物的杀菌剂。该类杀菌剂对病原菌有直接强烈杀伤作用，但生长期植物对这类药剂不耐受，因此只能在播种前用于土壤的处理、植物休眠期或者种苗的处理。常见的有福尔马林消毒带菌种子，戊唑醇对小麦条锈病、白粉病的铲除治疗作用。



1.1.2.2 按杀菌剂的传导特性分类

A 内吸性杀菌剂

内吸性杀菌剂能被植物叶、茎、根、种子吸收进入植物体内，经植物体液输导、扩散、存留或产生代谢物，可防治一些深入到植物体内或种子胚乳内的病害，以保护作物不受病原物的浸染或对已感病的植物进行治疗，因此具有治疗和保护作用。如多菌灵、力克菌、绿亨2号、多霉清、霜疫清、噻菌铜、甲霜灵、乙磷铝、甲基托布津、敌克松、粉锈宁、甲霜铜、杀毒矾、拌种双等。

B 非内吸性杀菌剂

非内吸性杀菌剂指药剂不能被植物内吸并传导、存留。大多数品种都是非内吸性的杀菌剂，此类药剂不易使病原物产生抗药性，比较经济，但大多数只具有保护作用，不能防治深入植物体内的病害。如硫酸锌、硫酸铜、多果定、百菌清、绿乳铜、表面活性剂、增效剂、硫合剂、草木灰、波尔多液、代森锰锌、福美双、百菌清等。

1.1.3 除草剂

除草剂泛指用于消灭或控制杂草生长的农药。适用范围包括农田、苗圃、林地、花卉园林及一些非耕地。按其作用方式可分为选择性除草剂和灭生性除草剂两类，按传导性能可分为触杀型除草剂和内吸传导型除草剂两类。此外，除草剂还可根据使用方法分为土壤处理剂和茎叶处理剂两类。

1.1.3.1 按除草剂的作用方式分类

A 选择性除草剂

选择性除草剂在不同植物间具有选择性，即能毒害或杀死杂草而不伤害作物，甚至只毒杀某种杂草，而不损害作物和其他杂草，如精喹能用于花生、大豆、西红柿等阔叶作物田防除狗尾草等禾本科杂草，再如莠去津能用于玉米田防除阔叶杂草和部分禾本科杂草，而即使用量稍高也不伤害玉米。但是选择性对用量是有要求的，如果提高莠去津的用量到一定程度，不仅可以轻易地杀死玉米，甚至可以杀死大片的灌木林。

B 灭生性除草剂

灭生性除草剂对植物缺乏选择性或选择性小，草苗不分，“见绿就杀”。灭生性除草剂能杀死玉米所有植物，如百草枯“见绿就杀”，既不区分作物和杂草，也不区分杂草所属种类。



1.1.3.2 按除草剂的传导性能分类

A 触杀型除草剂

触杀型除草剂与杂草接触后,只对接触部位起作用,而不能或很少在植物体内传导。这类除草剂在施用时要求尽量均匀。如百草枯,如果只覆盖了少量杂草叶面,其余的大量叶面仍能正常进行光合作用,杂草会表现出受害症状,受到一定程度的抑制,然后又慢慢恢复生长能力。

B 内吸传导型除草剂

内吸传导型除草剂在被杂草吸收后,能够在其体内传导,药剂能到达未着药部位,甚至传遍全株。如草甘膦,可以由杂草茎叶吸收,经传导到达其余的部位,甚至到达根部,而使杂草彻底死亡。有的除草剂既可触杀,又可内吸,但会有一种方式是主要作用方式。比如虎威,可以触杀叶片,也可以被根吸收,但在应用中以触杀叶片为主。

1.2 农药的毒性与人体健康

农药既是重要的农业生产资料,又是对生物体具有毒害作用的化学物质,即具有毒物的属性。农药进入生物体后会引起多种效应,有轻微的刺激、损伤、致病、致癌,一直到致死。农药的毒性可以分为急性毒性、慢性毒性和特殊毒性(“三致”作用)三类。

1.2.1 农药的急性毒性与人体健康

高剂量(浓度)农药在短时间内进入生物体致毒为急性毒作用。

表征农药急性毒性的最重要指标是半致死剂量或浓度。半致死剂量或浓度是指引起半数试验动物死亡的农药剂量或空气浓度,用 LD_{50} 或 LC_{50} 表示,其值越小,毒性越大,单位分别为 mg/kg 或 mg/m^3 。其分子量为农药量,分母为试验动物体重或试验空气体积。

根据经口、经皮肤 LD_{50} 和吸入 LC_{50} 数值的大小,我国将农药分为剧毒、高毒、中等毒、低毒和微毒五类。农药毒性分级标准见表 1-1。

表 1-1 农药毒性分级标准

毒性分级	级别符号语	经口半数致死量 $/mg \cdot kg^{-1}$	经皮半数致死量 $/mg \cdot kg^{-1}$	吸入半数致死浓度 $/mg \cdot m^{-3}$
I a 级	剧毒	≤ 5	≤ 20	≤ 20
I b 级	高毒	$> 5 \sim 50$	$> 20 \sim 200$	$> 20 \sim 200$
II 级	中等毒	$> 50 \sim 500$	$> 200 \sim 2000$	$> 200 \sim 2000$
III 级	低毒	$> 500 \sim 5000$	$> 2000 \sim 5000$	$> 2000 \sim 5000$
IV 级	微毒	> 5000	> 5000	> 5000



农药可经消化道、呼吸道和皮肤三条途径进入人体而引起急性中毒。图 1-2 所示为农药进入人体途径的示意图。

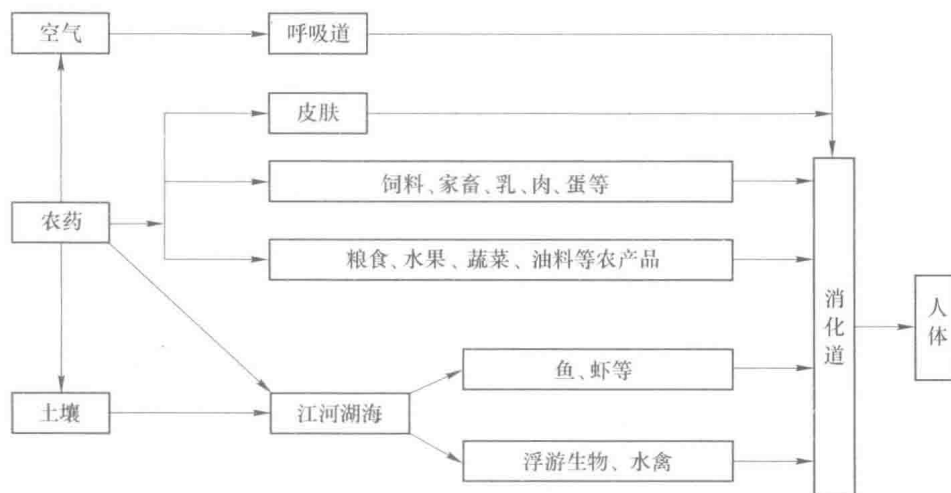


图 1-2 农药进入人体途径

由消化道进入而发生农药中毒的方式有误服、误食、自杀服用农药和食用喷高毒农药不久的蔬菜、瓜果或因农药中毒死亡的畜禽、水产等。此外，植保人员喷药时和喷药后不洗手吃食、饮水和吸烟都易引起农药中毒。很多粉剂、熏蒸剂和一些高挥发高毒农药易从呼吸道进入人体而发生中毒。农药能溶解在脂肪和汗液中，特别是有机磷农药，常可以通过皮肤毛孔进入人体。配制农药、喷具漏水、逆风喷药、药后农事等操作都能发生因农药经皮肤进入人体中毒。

急性中毒多发生于高毒农药，尤其是高毒有机磷农药和氨基甲酸酯农药。这两类农药急性中毒症状相似，轻度中毒症状为头晕、头痛、恶心、呕吐、多汗无力等；中毒为呼吸困难、肌肉震颤、瞳孔缩小、流涎、腹痛、腹泻和精神恍惚；重度为昏迷、抽搐、吐沫、肺水肿、呼吸极度困难、大小便失禁，甚至死亡。

由于历史、经济和技术的原因，目前我国高毒农药产量占相当大的比例，品种也比较多，主要是杀虫剂、杀鼠剂和杀线虫剂，而杀菌剂和除草剂一般为中低毒农药。表 1-2 中列出了一些重要高毒农药的大白鼠经口 LD_{50} 。此外，属高毒农药的还有熏蒸剂氯化苦、溴甲烷和磷化铝等，因具有挥发性而易被吸入危害人体健康。

1.2.2 农药的慢性毒性与人体健康

低剂量（浓度）农药长期逐渐进入生物体，积累到一定程度后而致毒为慢性毒作用。

慢性毒作用以阈剂量（浓度）或最高允许剂量（浓度）来表示。阈剂量（浓度）是指在长期暴露农药下，会引起生物体受损害的最低剂量（浓度）。最