

农产品安全生产 原理与技术

武志杰 梁文举 姜 勇 董加耕 主编



中国农业科学技术出版社

农产品安全生产原理与技术

武志杰 梁文举 姜 勇 董加耕 主编

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

农产品安全生产原理与技术/武志杰等主编. —北京:
中国农业科学技术出版社, 2006.01
ISBN 7 - 80167 - 881 - 8

I. 农… II. 武… III. 农产品 - 安全生产
IV. S37

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 137451 号

责任编辑
责任校对
出版发行
经 销
印 刷
开 本
印 数
版 次
定 价

冯凌云
马丽萍 张京红 贾小红
中国农业科学技术出版社 邮编: 100081
新华书店北京发行所
北京奥隆印刷厂
880mm × 1230mm 1/16 印张: 39.625
1~2 070 册 字数: 1 100 千字
2006 年 1 月第 1 版, 2006 年 1 月第 1 次印刷
120.00 元

沈阳市“十五”重大科技攻关项目(1042057-3-01)
中国科学院沈阳应用生态研究所出版基金 资助出版

《农产品安全生产原理与技术》编委会

主 编 武志杰 梁文举 姜 勇 董加耕
副主编 李东坡 王颜红 张伟东 苏君伟 孟凡祥
委 员 (以姓氏笔画为序)
王春裕 田秋梅 白云霞 刘艳军 朱文波
张 红 张 靓 张玉革 张同臣 李 琪
杨玉兰 肖世盛 迟东明 迟继胜 陈 利
陈 琳 林桂凤 罗 丽 姚 敏 祝旭东
贾翔鹏 郭淑满 崔杰华 梁 松 彭 维
曾 青 鲁 军

内容提要

本书结合当前我国农产品安全生产的实际问题，农产品安全生产现状与发展趋势，农产品安全生产遵循的原理与准则，无公害农产品、绿色食品、有机食品生产与加工技术，无公害农产品、绿色食品、有机食品生产检测检验技术，无公害农产品、绿色食品、有机食品的认证与管理体系，安全食品的销售与贸易等进行了详细的阐述，并结合辽宁省沈阳市农产品安全生产技术示范与产业化的实际，对农产品安全生产的关键技术进行了实例分析。最后收录了我国有关无公害农产品、绿色食品、有机食品的认证、标志等的管理办法。

本书兼具理论性、资料性和实践性，可供从事无公害农产品、绿色食品、有机食品生产、加工、贸易等专业的科研、教学和实践工作者参考。

目 录

第一章 农产品安全生产现状与发展趋势	(1)
第一节 农产品安全生产的概念与范畴	(1)
一、“民以食为天”	(1)
二、农产品安全生产的定义	(2)
三、重大生态环境警示回顾	(3)
第二节 国外农产品安全生产现状与发展趋势	(10)
一、农产品食品安全生产面临着严峻挑战	(10)
二、农产品安全生产的公共卫生学意义	(31)
三、农产品食品安全生产推动着公共卫生学的发展	(32)
第三节 中国农产品安全生产的现状与发展趋势	(35)
一、农产品安全生产的物质基础	(35)
二、农产品安全生产面临的实际问题	(39)
三、农产品安全生产的发展趋势	(42)
第四节 保障中国农产品安全生产的思路与对策	(48)
一、保障农产品安全生产的基本思路	(48)
二、保障农产品安全的对策	(51)
第二章 农产品安全生产遵循的原理与准则	(55)
第一节 农业生态学原理	(55)
一、环境对生物的制约原理	(55)
二、生物对自然环境的适应性原理	(56)
三、生物对自然环境的影响原理	(56)
四、种群自适应性原理	(57)
五、种群负相互作用原理	(57)
六、种群正相互作用原理	(58)
七、化感作用原理	(58)
八、种群的生活史对策原理	(58)
九、种群调节的原理	(58)
十、边缘效应原理	(59)
十一、群落演替原理	(59)
十二、协同进化原理	(59)
十三、群落的多样性与稳定性原理	(59)
十四、农业生态系统结构功能原理	(60)
十五、农业生态系统调控原理	(61)
十六、生态经济区位原理	(61)
十七、资源与效益协调原理	(61)
第二节 绿色化学原理	(61)
一、绿色化学概论	(62)
二、绿色化学基本原理及其内涵	(63)
三、绿色化学应用	(64)

四、绿色化学的发展状况	(67)
第三节 清洁生产的原理	(69)
一、清洁生产概论	(69)
二、清洁生产的原理	(70)
三、农业清洁生产	(70)
第四节 技术经济学原理	(77)
一、农业技术经济效益原理	(77)
二、边际平衡原理	(81)
三、价值转移原理	(82)
第五节 贸易规则	(82)
一、WTO 有关环境管理规定	(82)
二、国际环保公约有关环境规则	(84)
三、发达国家有关环保法规、标准	(85)
四、中国主要贸易对象国与贸易有关的自愿性措施	(87)
第三章 农产品安全生产与加工技术	(89)
第一节 有机食品生产技术	(91)
一、有机农产品生产基地选择和建立	(92)
二、有机农业转换	(96)
三、有机粮食作物农产品生产技术	(98)
四、有机蔬菜生产技术	(134)
五、有机果品生产技术	(138)
六、有机畜禽产品生产技术	(142)
七、有机水产品生产技术	(151)
八、有机食用菌生产技术	(154)
第二节 绿色食品生产技术	(155)
一、绿色食品基本特征和要求	(155)
二、绿色食品生产基地的选择	(156)
三、绿色粮食作物生产技术	(158)
四、绿色蔬菜生产技术	(165)
五、绿色果品生产技术	(171)
六、绿色畜禽产品生产技术	(177)
七、绿色水产品生产技术	(183)
八、绿色食用菌生产技术	(185)
第三节 无公害食品生产技术	(185)
一、无公害农产品生产基地选择	(187)
二、无公害粮食、蔬菜、水果等农产品生产技术概论	(191)
三、无公害粮食产品生产技术	(193)
四、无公害蔬菜生产技术	(214)
五、无公害果品生产技术	(247)
六、无公害食用菌生产技术	(263)
七、无公害畜禽产品生产技术	(276)
八、无公害水产品生产技术	(339)
第四节 农产品安全加工技术	(360)

一、有机食品加工技术·····	(361)
二、绿色农产品加工技术·····	(366)
三、无公害食品加工技术·····	(373)
第五节 农产品安全生产的包装与贮藏及运输技术·····	(380)
一、食品包装概述·····	(380)
二、食品贮藏与运输·····	(380)
三、有机食品的包装、贮藏与运输技术·····	(380)
四、绿色食品包装、贮藏与运输技术·····	(381)
五、无公害食品的包装、贮藏与运输技术·····	(384)
第四章 农产品安全生产检测检验技术·····	(390)
第一节 环境检测检验技术·····	(390)
一、农业生产环境标准·····	(390)
二、环境样品的采集和保存·····	(393)
三、样品的预处理·····	(394)
四、检测技术·····	(395)
第二节 生产资料的检测检验技术·····	(398)
一、农药·····	(399)
二、肥料·····	(400)
三、食品添加剂·····	(403)
四、饲料·····	(406)
五、种子·····	(413)
第三节 农产品检测检验技术·····	(419)
一、重金属检测·····	(419)
二、农药残留检测·····	(421)
三、兽药残留检测·····	(423)
四、微生物检测·····	(424)
五、毒素检测·····	(427)
六、硝酸盐与硝酸盐检测·····	(428)
七、品质和营养检测·····	(429)
八、食品添加剂检测·····	(430)
九、转基因食品检测·····	(431)
十、其他有毒有害有机化合物的检测·····	(432)
第四节 包装的检测检验技术·····	(433)
一、包装的定义和作用·····	(433)
二、包装的分类·····	(433)
三、包装材料的卫生标准和检测方法·····	(434)
四、绿色食品包装的要求和检验·····	(439)
第五章 农产品安全的认证与管理体系·····	(440)
第一节 有机食品的认证与管理·····	(440)
一、有机食品的认证·····	(440)
二、有机食品的管理·····	(443)
第二节 绿色食品的认证与管理·····	(446)
一、绿色食品概述·····	(446)



二、绿色食品的产品认证	(448)
三、绿色食品的管理	(453)
第三节 无公害食品的认证与管理	(462)
一、无公害食品概述	(462)
二、无公害食品的认证	(464)
三、无公害食品的管理	(474)
第六章 安全食品的销售与贸易	(478)
第一节 安全食品的消费与贸易方式	(478)
一、若干国家进出口贸易的历史考察	(478)
二、农产品安全食品的销售方式	(480)
第二节 安全食品的国内消费与贸易	(481)
一、中国主要省区食用农产品的收购与消费	(481)
二、中国辽宁省绿色食品的开发与规划	(485)
三、中国台湾省的有机农业	(493)
第三节 安全食品的国际贸易	(494)
一、中国对外经济贸易的基本情况	(494)
二、世界农产品贸易的发展、结构与 21 世纪初的走向	(498)
三、中国加入 WTO 对其农业的影响与对策	(500)
四、警惕国外技术性壁垒的升级	(501)
第七章 沈阳市农产品安全生产技术与产业化示范	(503)
第一节 沈阳市农产品安全生产的发展现状	(503)
一、沈阳市农业与农产品生产现状	(503)
二、沈阳市农产品安全生产概况	(503)
第二节 沈阳市农产品安全生产保证体系的建立	(504)
一、建立农产品安全的政策引导体系	(504)
二、建立沈阳市农产品生产技术与服务中心	(507)
三、开展农产品安全生产关键技术攻关	(512)
四、推广应用有关农产品安全生产技术	(512)
五、开展农产品安全生产技术的科普及培训工作	(512)
六、沈阳市农产品安全生产体系建设	(512)
七、编制农产品安全生产技术操作规程	(513)
八、对农产品安全生产进行监测和评价	(517)
第三节 沈阳市农产品安全生产产业化对策	(517)
第四节 沈阳市农产品安全生产研究与产业化示范实例分析	(517)
一、无公害畜牧业生产技术与技术推广	(517)
二、无公害农产品生产技术与推广应用	(551)
附录 1 无公害农产品管理办法	(594)
附录 2 无公害农产品标志管理办法	(598)
附录 3 无公害农产品认证产地环境检测管理办法	(600)
附录 4 绿色食品标志管理办法	(602)
附录 5 绿色食品认证及标志使用收费管理办法	(604)
附录 6 辽宁省绿色食品管理办法	(605)
附录 7 辽宁省农业标准化管理条例	(608)



附录 8 有机食品认证管理办法	(611)
附录 9 国家农业部关于全面推进“无公害食品行动计划”的实施意见	(614)
附录 10 上海市食用农产品安全监管暂行办法	(617)



第一章 农产品安全生产现状与发展趋势

第一节 农产品安全生产的概念与范畴

一、“民以食为天”

人民是否吃饱,是否吃得满意与安全,是关系到人类生存与社会发展的首要问题,是人类生存的永恒主题。长期以来,农产品及其食品工业在国民经济发展中占有重要的地位。在新的世纪里,农产品及其食品产业将会进一步的繁荣与发展。具体说来,大农业农产品、食品是人类赖以生存、繁衍、保持健康的最基本的条件。人们每天必须摄入一定数量的食物,藉以维持自身的生命及健康,保证其正常生长、发育和从事各种活动。古人云:“民以食为天”,就是这个意思,它是人与食物关系的精辟概述。在人的一生中,自呱呱坠地到寿终正寝,天天离不开饮食,其总的食品消耗是相当可观的。根据日本科学技术厅的研究,一个日本人一生中所消耗的主食相当于18 800kg大米,把鱼、肉等蛋白质食品换算成生猪,即约要吃掉近50头。人类的食品是丰富多彩的,主要有粮食、食用油、肉类、水产品、蛋品、乳制品、水果、蔬菜、食糖、食盐、糕点、调味品、豆制品、烟、酒、茶叶、罐头以及冷饮等等,真可谓品种繁多,成分复杂,形形色色,不一而足。

根据我国《食品卫生法》第五十四条的规定,食品是指各种供人食用或者饮用的成品和原料,以及按照传统既是食品而又是药品的物品,但是不包括以治疗为目的的物品。据此定义可知,食品既包括食品原料,也包括由原料加工后的成品。通常人们将食物原料称为食料(food stuff),而将经过加工后的食物称为食品(food, food product)。此外,食品还包括既是食品而同时又是药品的物品,例如,红枣与山楂等;而西药则不能视为食品。综上所述,可以归纳出食品具有人类须臾不能离开的三项重要的功能:其一是营养功能,即用来提供人体所需要的各种营养素;其二是感官功能,以满足人们不同的嗜好与要求;其三则是生理调节功能,此属不久以来食品功能的新发展。

作为有着悠久文明历史的中国,尽管其食用、食养(食补)、食疗(食治)、食忌(食禁)以及药食同源的民间经典源远流长,但就以往的总体状况而言,其对食品主要要求则是温饱与味道,而对于药食同源的经验尚缺乏系统与深入的科学研究,缺乏科学的实验论证与分析评价。随着人类文明的进步,经济社会的发展,特别是科学技术的突飞猛进,推动着人们对食品的需求,势将从温饱、味觉的有限范围进而转向有利健康与改善健康的更高要求。相应地,随之而来的是在世界范围内各类保健食品的应运而生,食品营养、保健原理及营养保健食品的开发研究,已越来越引起各国科学界和工业界以及流通与消费领域的高度关注与重视,已为各国政府所共同瞩目。

食物是人类生存与发展的最基本的物质。人类对食物需求是永无止境的,不断地促进和改善食物的生产。在现代社会中,“食物”已不限于其本身的含义,它尚更多地蕴含着文化和物质文明的意义。在人类漫长的生存实践中,食物生产已被划分为两个时期,即“食物采集时期(food-gathering period)”和“食物生产时期(food-growing period)”,前者属公元前8 000年以远的时代,人类以生吃肉食、采集野生植物为生;后者则是从公元前8 000年至今,其食物的种类和生产技术随着社会的进步而不断发展,啤酒酿造可以追溯到公元前7 000年的古代巴比伦帝国(Babylonia)。早在公元前3 000年人类学会了饲养家畜,生产牛奶、黄油、奶酪、腌制肉和鱼等食品的生产技术,并延续到今天。当然,现代食品的种类、生产经营及食用方式等均反映了现代社会的进步、习俗和文明程度。

人体是一个开放系统,不断地与周围环境进行着物质的和能量的交换,食品则是人们在生活中每天都要与之接触的环境物质,其质量的好坏,必将直接影响着人体的健康。品质良好、合乎卫生学要求的食品,能保证人体健康,给予其健全的体魄和充足的精力,以便积极地投入社会活动;反之,质量低劣、遭受污染的食品则能危及人体健康,甚至害病致残,妨碍工作与生活。显而易见,食品与人



体健康的关系极为密切,一些污染食品的危害性已受到人们的广泛关注。

通常所说的现代食品,是指应用现代加工技术所生产的供食用或饮用的各类食品,惟其起源并无准确之说法。不过,1742~1786年 Carl Wilhelm 对氧和甘油的发现,1778~1829年 Humphry Davy 对钾、钠、钙元素的发现,以及1778~1850年 Joseph Louis 建立起的碳、氮、氧的测定方法,则可以说他们的学术成就为现代食品的生产奠定了科学基础。目前,现代化的大农业农产品的食品工业已经成为世界各国国民经济的最大部门之一,美国、日本与法国的食品工业在其制造业中居于第一位,中国居第三位。现代食品的种类,已极大地超出了“前人食谱”,林林总总,新奇诱人,诸如菌类食品、仿生食品、疫苗食品、藻类食品、调理食品、工程食品、保健食品、绿色食品以及快餐食品等等,反映了现代人们的生活方式与特点。

可以认为,现代食品工业是大农业(农业、牧业、渔业与林业)的延续,具有制造业的性质,是人们应用现代科技制造与生产食品的工业部门。利用基因技术所生产的“免疫乳”,利用细菌培养技术生产的虫草菌丝,利用微生物技术生产的 β -胡萝卜素,利用食品科技生产的前述的仿生食品和保健食品等等,均属现代食品制造业。

应当指出的是,现代食品的生产是不限于一个单位、一个部门或一个国家的,它具有着跨部门、跨地区、跨国界的商品经济属性。现代科学技术的广泛应用,例如,自动化生产,适合于市场的包装、运输、贮存等技术,加之现代生活方式的需求,促进食品生产的社会化发展,亦为国际食品的“交流”提供条件,当前在中国市场上也不乏美洲、欧洲与亚洲等众多国家所生产的食品,诚然在异国他乡也不乏中国特色的各类食品。

二、农产品安全生产的定义

地球上自有人类以来,特别是在其长期的自然演进与适应环境的过程中,形成了前述以大农业(农业、林业、牧业与渔业)构成为基础的食物体系,并成为其赖以生存与发展的物质基础。所有提供人类食用的广泛意义上的农产品,毋庸置疑地应当具有营养价值、安全性以及应有的色、香、味。《中华人民共和国食品卫生法》第六条明确规定:“食品应当无毒、无害,符合应当有的营养要求,具有相应的色、香、味等感官性状”。这就是农产品在形成食品时其本身所应该具备的3个基本要素的规定。上述的该法所列的第一条明确指出其立法宗旨是“防止食品污染和有害因素对人体健康的危害,保障人民身体健康,增强人民体质”。从而在法律上保证着农产品食品的安全性,这是政府对广大人民的承诺,是绝对需要严格地付诸实施的。近20年来,通过政府监督管理部门、食品企业与学术界的共同努力,我国的农产品食品安全事业已经取得了长足的进步,从而在保障消费者健康、促进国际农产品食品贸易以及发展国民经济的诸多方面,发挥了极其重要的作用。但是,无庸讳言,在当前包括我国在内的全世界农产品食品安全的状况尚不容乐观,面临的各种挑战依然是严峻的,主要表现为食源性疾病不断上升,恶性食品污染事件接二连三,农产品食品生产及其加工新技术与新工艺所带来的危害,以及在全球范围内由于农产品食品安全质量问题而导致的农产品食品贸易纠纷不断。概言之,上述问题已经成为影响众多国家经济发展、国际贸易与国家声誉的不利因素。

关于农产品食品安全的定义,分别渊源于两个英语概念,其一是,一个国家或地区社会的食物保障(food security),即是否具有足够的食物供应;其二则是,食品中有毒有害物质对人体健康影响的公共卫生问题(food safety)。应当顺便提及的是,在汉语中将 food security 翻译为“食物(品)安全”,是有别于本书所重点论述的食品安全(food security)。以免混淆,我们所说的在大农业产品的“食品安全”(food security)一词,与我国的常用名词“食品卫生(food hygiene)”基本是同义词。1984年世界卫生组织在《食品安全卫生和发展中的作用》的文件中,把“食品安全”与“食品卫生”列为同义语,并定义为“生产、加工、储存、分配和制作食品过程中确保食品安全与可靠,有益于健康并且给人消费的种种必要条件和措施”。1996年世界卫生组织在其《加强国家级食品安全计划指南》中则把“食品安全”与“食品卫生”作为两个不同的概念用语而加以区别。其中,“食品卫生”所指的范围似



乎较之食品安全的范围稍窄一些。所谓的“食品卫生”是指为了确保食品安全性和适用性的食物生产链的所有阶段必须采取一切条件和措施”，而“食品安全”则被定义为“对食品按其原定用途进行制作与之（或者）食用不会使消费者的健康受到损害的一种担保”。其实，我国制定的《中华人民共和国食品卫生法》明文规定：“食品应当无毒、无害”和“防止食品污染和有害因素对人体健康的危害，保障人民身体健康，增强人民体质”，实际就是食品安全的根本内容和定义。

在实践上，人们对于上述的法律规定仍然有着某些不同的理解。消费者往往把“食品应当无毒、无害”理解为食品不能存在危害健康或导致损害的可能性，即总是要求社会能够提供绝对没有任何危险性的食品，继之将近年来频频发生的食品安全事件归罪于技术低下与管理不当，甚至对政府产生不信任感。事实上，不少食品总会有一些有害于人体健康的成分。须知有些危害成分为食物本身所固有，例如，蘑菇中的各种毒素和扁豆（四季豆）中的皂素和植物血凝素，如果在食用时不加注意，则会造成食物中毒，然而更多的有害成分则是农产品食品在生产、加工、储存、运输、销售及烹调等一系列过程中的某个环节被一些有毒、有害因素所污染带来的。既然农产品食品天然地存在或无意被污染“有毒、有害物质”，我们则亟待判断食品中哪些物质或成分属于“有毒、有害物质”，以及在何种水平下会对人体健康产生危害。在目前的科学技术水平下，一些有毒、有害的因素尚难以得出“影响健康”和“有害效应”的结论，但是伴随着人们认识的提高，则必然地会有新的发现，例如，人在长期低剂量接触某些有毒、有害物质的条件下，可能在多年后才呈现出健康的损害。尽管这些有毒、有害效应一直地存在着，但目前的技术手段尚不能识别这些效应，或者目前的检测技术尚难以发现有毒、有害物质。亦就是说，人类消费任何一种食品要求达到绝对安全与丝毫没有危险性，几乎是不可能的。既然食品中总是存在着能够引起人体健康损害的物质，亦即总是存在着危害，但是存在危害并不都意味着一定会产生健康损害。毒理学上有一个称之为“剂量决定毒性”的著名概念，即如果危害的暴露水平在允许摄入量以下则产生健康损害的可能性要小得多。亦就是说，不同食品中存在的有害物质所引起的健康损害的可能性是不同的，在一定条件下能够引起某种健康损害发生的概率称为危险度或风险度。对农产品食品生产或安全管理者而言，食品安全是指在可以接受的危险度下不会对健康造成损害。尽管食品中的危害总是存在的，但其危险性不仅有高有低，而且可采取某种预防措施加以控制或减少危害。消费者与食品生产或安全管理者对于食品安全的认识角度是有差别的，后者往往从食品科技的现实出发，意识到食品总是存在危害，食品安全管理者的任务在于将食品发生对健康损害事件的危险性降低到尽可能低的程度。尽管各国政府十分重视食品安全保障，并相应地采取了周密的管理措施，全球每年仍有数十亿人吃了污染食品而染病，从而公众也越来越意识到食品供应中病原微生物和化学物质的危险性。大多数管理食品安全的部门依据法律条文中的规定，从市场中强行撤去不安全的食品，并依据事实而处罚责任人。这些传统的方法不是建立在导向性预防基础上的，则势必面临不断地涌出的食品安全问题的挑战。在过去的几十年中，伴随着人们对食源性疾病与食源性危害知识的积累，食品安全评价已经向危险性分析技术过渡。由危险性的评估、危险性管理和危险性交流等三部分组成的危险性分析，在保证食品安全和制定食品卫生标准中获得越来越广泛的应用，特别是定量的危险性评估技术使得危险性科学这一毒理学分支学科在食品安全保证中得到飞速发展，进而使得食品卫生标准、准则与规范的制定更具有科学性和透明度。

三、重大生态环境警示回顾

（一）近代环境警示例举

可以认为，已经过去的20世纪，也许是人类文明史上的转折点。人类在20世纪谱写了工业文明大获全胜的历史，发明了汽车与飞机，登上月球，潜入海底，几乎实现了以往所有的梦想，显示了人类的智慧和勇气，但同时也暴露了工业文明的弊端，诸如大规模的污染河流、砍伐森林、制造臭氧空洞，制造了大量不安全的农产品食品，从而直接与间接地威胁着并危害着人类的自身生存。下面不妨回顾一下以往人类历经的重大环境警示，并从其大量的警示之中管窥一斑，以期裨益于关于农产品食



品安全问题之讨论,为未来建立绿色文明而有所启示。

1909年,美国的贝克兰首次合成了酚醛塑料,继之于30年代,由煤炭、空气和水合成,比蜘蛛丝细,比钢铁坚硬,优于丝绸的纤维尼龙问世,构成了塑料工业的基础。此物质质地很轻,加热变软,构形任意,色彩鲜艳,不怕摔而耐用,从而给人们的生活带来了诸多方便。但是当此类化学石油产品充斥于世时,则对环境构成了极大威胁。在中国此类化学石油产品年产 $100 \times 10^4 \text{t}$ 而消费量达 $600 \times 10^4 \text{t}$,全球年产量达 $1 \times 10^8 \text{t}$ 。塑料埋于地下200年不腐烂降解,导致土壤通透不良,耕层板结,影响植物生长,导致人畜误食而引起消化道梗阻,危害其生命健康,其废弃物实是环保工作中令人头疼的一大难题。

世界上第一辆汽车由德国人肯尔·本兹(K. Benz)设计,现已成为著名汽车品牌“奔驰”,于1886年制造出来。1913年美国福特公司的创始人亨利·福特(Henry Ford)实施汽车批量生产。在不到100年的时间里,全球汽车拥有量已超过 6×10^8 辆,尚以每年 3×10^7 辆的速度而递增着。我国现有的汽车保有量已超过 1×10^7 辆,尚以每年5%的速度上升着。至2010年全球的汽车保有量将达 10×10^8 辆。使用汽油的机动车排放的污染物主要有碳氢(CH)、一氧化碳(CO)和氮氧化物(NO_2)等。自从20世纪40年代美国洛杉矶发生光化学烟雾以来,众多国家的大城市都发生过车尾气排放造成严重的大气污染事件。1998年6月,我国广州市也曾出现过光化学烟雾污染的征兆。汽车尾气中的一氧化碳与血液中的血红蛋白结合的速度比氧快250倍,微量吸入即能导致人的可怕的缺氧性伤害,轻者眩晕、头痛,重者则导致脑细胞的永久性损伤。一辆汽车一年内可排放2.5kg的铅(Pb),而人体铅吸收率的40%是从大气中来的,铅粒随呼吸而进入人体,伤害人的神经系统,积累于骨骼之中;如落于土壤与河流,则被动植物吸收而进入人类的食物链。人体内铅的积累达到一定程度后,则会出现贫血、肝炎、肺炎、肺气肿、心绞痛以及神经衰弱等多种疾病。

在比利时境内的马斯河旁一段24km的河谷地段,当地称为马斯河谷,其间中部低洼,两侧则有百米高山对峙,形成一块狭长盆地。然而该盆地系工业区,集中有炼油厂、金属冶炼厂、玻璃厂及炼锌厂等13座大型工厂,此外尚有电力、硫酸、化肥和石灰窑炉等众多工厂。1930年12月1~5日,该国为大雾所笼罩,上述的马斯河谷出现强烈的逆温层,发生气温的逆转,抑制烟雾升腾,无法对流,从而导致烟尘积存不散,最终酿成严重的大气污染。至第3天时,在二氧化硫(SO_2)和其他多种有害气体与粉尘的综合作用下,发生了上千人发生呼吸道疾病的恶性事件,患者出现胸疼、咳嗽、流泪、咽痛、声嘶、恶心、呕吐以及呼吸困难等严重症状,一周内死亡60人,家畜也未能幸免,纷纷死去。

日本的富山县位于该国的中部平原,流淌着一条名叫神通川的河流,是当地百姓世代代的饮用水源,同时灌溉着两岸土地,历来是该国的主要粮食生产基地,人们丰衣足食,十分富饶。但是,在20世纪初,意想不到的发现该地区水稻普遍生长不良,并于1931年出现怪病,患者多见于女性,其病症是腰、手、脚等关节疼痛,继之出现全身性神经痛与骨痛,行动困难,甚至呼吸时都有着难以忍受的痛苦;出现骨骼软化、萎缩,四肢弯曲,脊柱变形,骨质松脆,乃至咳嗽都能引起骨折,不能进食,疼痛无比,难以忍受而自杀,被称为骨痛病或痛痛病。经查此病是由神通川河流上游开发铅、锌矿排放废水引起的镉(Cd)中毒现象,具体来说是经由“镉米”和“镉水”把当地百姓带进“骨痛病”的阴霾之中,最终由法庭仲裁百姓胜诉。经查,由该河流注入海湾的重金属镉达3000多t,出现上述恶果实属难免。

1934年5月12日,一场巨大的风暴席卷了美国东部与加拿大西部辽阔的土地,而风暴起于美国西部环境破坏严重的干旱地带,黄色尘土遮天蔽日,向东横扫而去,形成一条东西长2400km、南北宽1500km及高3.2km的巨大的移动尘土带,空气中的含沙量达 $40 \text{t}/\text{km}^2$,持续3天,掠过了美国2/3的国土面积,计有 $3 \times 10^4 \text{t}/\text{km}^3$ 土壤被刮走,风过之处,水井与溪流干涸,牛羊死亡,人们背井离乡,一片凄凉。这就是震惊世界的“黑风暴”事件。“黑风暴”亦称沙尘暴,起因于拓荒而致地面植被之消失。前苏联及南美洲的一些国家亦曾因毁林开荒而屡屡导致风蚀的侵袭。



1939年11月9日,日本神奈川县某脑科医院收治一名神智不清的男子,其人呈现为原因不明的面部浮肿,3天后蔓延至脚,第8天开始视力减退,自言自语,不断哭泣,被认为是“疯子”,不久在极度痛苦中因心力衰竭而死亡。无独有偶,此后与死者同村居住的人群中又接二连三地出现了同样症状的“疯子”。最终经调查与尸体解剖,断定这些“疯子”均死于重金属——锰(Mn)、铅(Pb)、汞(Hg)等的中毒。其具体情节是由废弃的380节废电池引起井水污染而导致的悲剧,即废电池被弃置于土壤后遭蚀而缓慢溢出有害金属,污染土壤与水源,经由食物链而危害人体健康。

位于美国西部海岸的洛杉矶,是一座西面临海,三面环山,以及气候温暖和风景宜人的著名城市,惟于20世纪40年代开始,每年的夏秋之季,尽管天气晴朗,但其整个上空为一种弥漫的浅蓝色烟雾所笼罩,浑浊不清,导致人们出现眼睛发红,咽喉疼痛,以及呼吸憋闷、头昏与头痛等等。自1943年后烟雾加剧,以致远离城市100km以外的海拔2000m高山上的大片松林枯死,柑橘减产。仅1955年该地区因呼吸系统衰竭而死亡的65岁以上的老人达400多人;1970年约有75%以上的市民患上了红眼病,经查这就是最早出现的新型的大气污染事件——光化学烟雾事件,与前述的福特汽车公司开始使用生产装配流水线所导致的毒烟雾事件相类似。其后,于1948年在美国又发生了多诺拉镇的烟雾事件,导致6000多人同时暴病,其状很惨。1952年12月5~8日出现的英国伦敦烟雾事件,仅4天之内导致4000多人死亡,350头牛也惨遭劫难;2个月后,又有8000多人陆续丧生,确实是骇人听闻的。

日本熊本县水俣湾属其九州本土和天草诸岛围起来的内海,海产丰富,向为渔场。该湾东部有一小镇,人口约4万多人,还有其附近的农民与渔民1万多人。1925年该国氮肥公司于此设厂,生产氮肥与合成醋酸,1949年开始生产氯乙烯(C_2H_3Cl),其废水均排放于该海湾。至1956年开始出现怪病,并首先见于猫身,被称为“猫舞蹈症”,步态不稳、抽搐、麻痹,甚至跳海死去,又称“自杀猫”。继之,该病人侵人体,其症状表现为轻者口齿不清,步履蹒跚,面部痴呆,手足麻痹,感觉障碍,视觉丧失,震颤,以及手足变形等;重者则神经失常,或酣睡,或兴奋,身体弯曲高叫,直至死亡。上述怪病即为其后轰动世界的“水俣病”,是最早出现的由工业废水排放污染面导致的人类公害病,究其原因在于生产氯乙烯、醋酸乙烯的过程中使用了含汞(Hg)催化剂。当汞排放于水中为水生物(鱼虾等)食用而转化为具有剧毒的甲基汞(CH_3HgCl),约挖耳勺一半大小的剂量即可致人于死命,据统计约有数十万人食用了水俣湾中被甲基汞污染的鱼虾,损失极为惨重。

日本的四日市位于其东部的伊势湾海岸,原属人口不过25万的小城市,于1955年建成当地的第一座炼油厂,继之形成石油联合企业。而自1959年开始,该市上空变得污浊,恶臭弥漫,甚至盛夏也不能开窗通风换气,同时其废水又排放于水湾,水产品发臭而不能食用,其时该市平均每月的降尘量达 $14t/km^2$ (最高达 $30t/km^2$),大气中的二氧化硫含量浓度超标5~6倍,大气烟雾层厚达500m,其漂浮物多为有毒有害气体与金属粉尘。引起居民头疼、咽喉疼、眼睛疼以及呕吐等症状,哮喘病人剧增,1964年因3天烟雾不散,致使一些哮喘病患者痛苦死去;1967年又有上述患者因病折磨而自杀;1970年其患者达500多人;1972年达817人;1979年10月被确认上述患者人数达 77.4591×10^4 人。究其原因,在于二氧化硫毒害,当其浓度>10%以上时则导致强烈地刺激和腐蚀人体的呼吸器官,表现为气管和支气管反射性挛缩,管腔缩小,黏膜分泌物过多,呼吸阻力增加,换气量减少,重者造成喉痉挛,甚至使人窒息死亡,从而被命名为“四日市哮喘病”。

旨在提高农作物的粮食产量,从20世纪40年代起,人们开始生产和使用六六六、DDT等,及至20世纪50年代,这些有机氯化物已被广泛使用于生产与生活之中,但却全然没有想到这些杀死害虫的毒物能对生态环境及人类贻害无穷。它们通过空气、水、土壤等潜入农作物,残留于粮食、蔬菜之中,继之通过饲料、饮用水而进入畜体,亦通过食物链或空气而进入与积存于人体,使其神经系统与肝功能导致损害,尚可引起皮肤癌,胎儿畸形或死胎。与此同时,许多害虫则产生抗性,并因食物链改变而使一些原本无害的昆虫变成为害虫。显然,这是人类制造杀虫剂而为自己埋下的毒果。美国海洋生物学家蕾切尔·卡逊(Rachel Carson)经过4年调查研究,特别是应用生态学原理,系统分析了上



述化学杀虫剂对人类赖以生存的生态系统所带来的危害，并于1962年出版了著名的《寂静的春天》一书，从而成为人类生态意识觉醒的丰碑和标志。

在20世纪，鉴于近海石油开发及其繁忙的海上运输，给人们带来了巨大的经济利益，同时也对海洋环境造成了极大的威胁。1967年3月18日，载量为 $12.3 \times 10^4 \text{t}$ 的利比亚籍油轮“托雷·坎尼荣号”满载着 $11.7 \times 10^4 \text{t}$ 原油于波斯湾的科威特出发，驶向英国威尔士的米尔福德港，途经英国的锡利群岛和地角之间的公海时，在七石礁处触礁沉没，船上的 $9.19 \times 10^4 \text{t}$ 原油溢出，污染了长约180km的海域，自此几乎每年都发生有海洋石油泄漏的严重事件，1970~1990年的事故多达1000起，每年排入海洋的石油达 $1 \times 10^4 \sim 1.5 \times 10^4 \text{t}$ 。1991年海湾战争时因油港油库破坏而流入海湾的原油多达 $1 \times 10^6 \text{t}$ 以上。成为世界上最大的原油泄漏事件，浮油覆海，海水难以起浪，犹如泥浆涌动，汨汨成声；海鸟沾满油污，无法飞翔，待以毙命，其他众多的海洋生物诸如鲸、海豚、海龟、虾、蟹以及各种鱼类在劫难逃，被毒死或窒息死亡，成为极大的受害者。近数十年来，除石油泄漏外，全球每年尚有 $2 \times 10^4 \text{t}$ 的废弃物倾倒入海洋，其中重金属汞(Hg)达 $1 \times 10^4 \text{t}$ 以上。至20世纪70年代太平洋表层海水中的铅(Pb)含量已是其50年代的11倍。鉴于人类无休止地向海洋排放与倾倒污染物，导致着海洋生态恶化，呈富营养化，赤潮频发，生物减少乃至消失，呈现为可怕的海上“荒漠”，正在威胁着10种鲸、6种海豹及30种沿海鸟类与海牛等海洋生物的正常生存。有关学者预计欲求波斯湾的生态恢复到污染前的状态，至少需要100年的时间。可见，这是决不能等闲视之的了。

1968年3月，日本的九州、四国等地区的几十万只鸡突然死亡，经查属饲料中毒，但未予深入追究，以致同年6~10月有4个家庭13人因患原因不同的皮肤病而赴该国九州大学附属医院就诊，初期症状是痤疮样皮疹，指甲发黑，皮肤色素沉着，以及眼结膜充血等。此后3个月内又确诊有112个家庭325名患者，继之于全国各地仍持续出现，至1977年因此病而故去的人数达30余人，1984年确诊患者累计达1684人。通过尸体解剖，发现在患者的五脏及皮下脂肪中聚积有化学性质极为稳定的脂溶性化合物多氯联苯。它可以通过食物而富集于动物体内，人畜食后则导致上述脏器等的中毒症状，当病情转重后则肝功能下降，全身肌肉疼痛，咳嗽不止，甚至发生急性肝坏死、肝昏迷等，甚至死亡。后经追踪调查，发现是一个食用油厂在生产米糠油时，管理不善，操作失误，以致油中混入了多氯联苯，造成食物油污染，首先经由饲料而危害家禽与人类，从而一时震惊了世界。

位于美国加利福尼亚的腊夫运河(Love Canal)，是一个世纪前为修建水电站而建造的，20世纪40年代已干涸弃用，1942年该国的家电化学公司启用其1000m长的河段，倾倒废物 $8 \times 10^6 \text{t}$ ，其中的致癌废弃物达 $4.3 \times 10^6 \text{t}$ 。1953年这条已被废弃物填满的运河经填埋覆盖后转赠给了当地的教育机构，陆续开发房地产与建立一所学校，从此厄运降临到了居住在这些建筑物里的善良的人们身上。由1977年开始，其居民不断发生各种怪病，孕妇流产，儿童夭折，婴儿畸形，以及癫痫、直肠出血等病症频频发生。1987年因其地面渗出黑色液体而引起人们恐慌。经检验发现，其黑色污液含有氯仿(CHCl_3)、三氯酚($\text{C}_6\text{H}_3\text{Cl}_3\text{O}$)、二溴甲烷(CH_2Br_2)等多种有毒物质，对人体危害极大，以致时任总统卡特宣布封闭当地住宅，关闭学校，以及撤离居民，以前的电化学公司认定为加害方而赔偿损失费达30亿美元。

1980年，一场异常的寒流袭击了欧洲。在德国、捷克、斯洛伐克和波兰接壤处苏台德山脉的“黑三角地带”，大片早已被酸雨侵蚀得表皮剥落的枯黑林木终于未能耐得住此场寒流，犹如一盘骨牌般纷纷倒下，使这里成为“森林的墓地”。原来，该区系炼钢厂、煤矿及化工厂集中的地方，由于工业废弃物和硫酸化合物的高浓度排放，此处降水较之正常pH值的酸度高出十几倍，呈现为酸雨侵害最为严重之地。鉴于森林被毁，不仅没有了鸟鸣和花香，而且给这片每年可接待600万观光客的国立公司带来了难以估量的损失。被称为“空中死神”的酸雨，目前全世界有三大地区，即北美地区、欧洲地区及中国南方地区，所含二氧化硫(SO_2)和氮氧化物(NO_x)与水汽结合而生成硫酸和硝酸，对森林的危害尤为严重。

1981年，在美国举行的一次现代派露天音乐会上，当震耳欲聋的音乐声响起后，有300名听众突



然失去了知觉，昏迷不醒，100辆救护车赴现场去抢救。这就是骇人听闻的噪音污染事件，被称为“无形的暴力”已是城市的一大隐患。

在20世纪的80年代中期，一场大饥荒席卷了非洲的撒哈拉地区，处于干旱荒漠区的21个国家中，至少有上百万人被饥饿和疾病夺去了生命，有上千万人背井离乡，沦为“生态难民”。在1958~1975年的17年间，上述地区遭受持续的大干旱，面积达 $1.8 \times 10^7 \text{ km}^2$ ，约占全非洲土地总面积的60%，导致沙漠扩展，原本生态脆弱的东南部的自然环境急剧恶化，植被全部被毁，沦为大片沙漠；其北部沙化草场的面积每年扩约1000 km^2 ，尼罗河三角洲每年被沙漠吞噬的面积达13 km^2 。在1968~1974年该沙漠每年向南延伸50 km 。在其后的50年内，撒哈拉沙漠吞掉了南部宜农宜牧的土地近 $6.5 \times 10^5 \text{ km}^2$ ，流沙前沿总长达350 km 以上，导致20世纪50年代尚是热带大片树木与草原景观不复存在，情况十分凄惨。究其原因，主要在于人口增长，过度耕垦与放牧，兼之遭遇持续的多年干旱，难免导致毁灭性的生态环境灾难。总之，干旱、荒漠化与饥荒——世界上贫困地区与环境脆弱地区呈基本重合的严酷事实，使人类摆脱贫困的努力举步维艰，势须另谋对策。

1984年12月3日凌晨，印度中部博帕尔市北郊的美国联合碳化物公司印度分公司的农药厂，突然传出几声尖利刺耳的汽笛声，紧接着—声巨响，一股巨大的气柱冲向天空，形成一个蘑菇状气团，并很快向外扩散。这不是一般的爆炸，而是农药厂发生的严重的毒气泄漏事故。用于制造西维因、敌灭威等农药的原料是异氰酸甲酯（MIC），它属剧毒气体，当其极少量与短时间停留于空气中时，就能引起人们眼睛疼痛，若其浓度稍高，就能致人窒息。众所周知，二战期间德国法西斯就是用这种毒气杀害过大批被关在集中营里的犹太人的。这种令人毛骨悚然的剧毒化合物竟被印度博帕尔农药厂冷却成液态后贮存在一个地下不锈钢储藏罐里面，数量达45t之多。当年12月2日晚发现异氰酸甲酯以气态而溢出扩散，其毒气的泄漏犹如打开了“潘多拉”魔盒，尽管几分钟后关闭设备，但是已有30t毒气化作浓重的烟雾以每小时5000m的速度迅速四处弥漫，很快就笼罩了25 km^2 的地区，数百人在睡梦中就被夺走了性命，几天之内有2500多人毙命，消息传开，农药厂附近居民纷纷逃离家园，许多人被毒瞎眼睛，只能摸索着前行，甚至在逃命中死去，尸体堆积路旁。至1984年底，该地区计有2万多人死亡，20万人受到波及，附近的3000头牲畜也未能幸免于难。在侥幸逃生的受害者中，孕妇大多数流产或生下死婴，有5万人永久失明或终身致残，其余自然是苦日无尽的。此案属发达国家秉唯利是图与损人利己的所谓的“污染天堂”的谬论，将高危害企业转嫁于发展中国家的典型恶性事件，最终以美国付出巨额赔款而了结。人们知道，美国在其本土安装的类似工厂，均设有先进的电脑报警装置，且远离人口稠密区，而安装于印度博帕尔农药厂的仅是些一般性的安全措施，周围尚有着成千上百的居民，难免酿成大祸是一目了然的，其教训则是非常深刻的，科技开发背离人文道德的反人类行为是万万要不得的和不能容许的。

在前苏联基辅市北130 km 处，于1973年始建，并于1977年启动生产的切尔诺贝利核电站，属前苏联最大的核电站。该核电站于1986年4月25日检修时操作失误，次日凌晨1时23分，随着两声沉闷的爆炸声，一条30多米的火柱掀开了反应堆的外壳，冲向天空，高达2000 $^{\circ}\text{C}$ 的烈焰熔化和吞噬了粗大的钢架机房设施，携夹着高放射性物质的水蒸汽和尘埃，随着浓烟升腾与弥漫，遮天蔽日。整个事故损失惨重，爆炸核燃料浓度高达60%，十昼夜后反应堆被封存，而放射性元素尚一直超量释放，除当场死亡少量人员外，直至1992年已有7000多人死于此次核污染事故，放射性污染遍及 $15 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的土地面积，危及了在此居住的 694.5×10^4 人，以致其30 km 范围被划为隔离区，居民疏散，庄稼被埋，至7 km 范围内的树木枯死，在其10 km 范围内的土地其后的半个世纪里不能耕作与放牧，10年内100 km 范围内被禁止生产奶牛。不仅如此，其放射性烟尘已将整个欧洲笼罩于核污染的阴霾之中，一些毗邻国家的粮食、蔬菜及奶制品亦罹致污染，损失巨大。此外，核污染区所造成心理不安和精神恐慌，则是无法估计的。事故发生7年后，有7000名清理人员死亡，其中的1/3为自杀，其中40%的人患精神疾病或永久性记忆丧失，时至2001年，在其参加救援工作的 83.4×10^4 人中，已有 5.5×10^4 人丧生， 15×10^4 人成为残疾， 30×10^4 人以上因放射伤害而离开人世。