



高等学校“十一五”规划教材

环境生物学

Huanjing Shengwuxue

黄占斌 单爱琴 主编

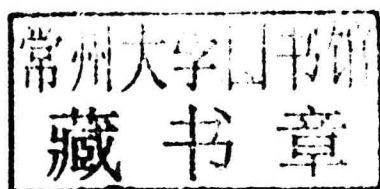
中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

高等学校“十一五”规划教材

环境生物学

主 编 黄占斌 单爱琴



中国矿业大学出版社

内 容 提 要

环境生物学是研究生物与受人类干扰的环境之间相互作用规律及其机理的科学。本书围绕环境生物学的基本理论,结合其在矿区资源开发、环境治理和绿色生产等方面的应用,主要介绍环境污染物的生物效应、生物监测与生物评价、环境污染的生物净化与利用以及生物修复等方面的内容;分析了环境污染对生物在基因、细胞、组织、个体、种群、群落和生态系统水平上的影响;在阐明生物净化基本原理的基础上,对生物降解和净化方法及应用实践进行了重点分析。书中列举了大量环境生物技术在矿区资源开发与环境治理等方面的应用实例。

该书可作为矿业类高等学校环境工程、环境科学、生物工程及相关专业的教材或教学参考书,也可供相关专业科研管理人员、技术人员和生产人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

环境生物学 / 黄占斌,单爱琴主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2010.8

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0691 - 6

I. ①环… II. ①黄… ②单… III. ①环境生物学 IV. ①X17

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第126135号

书 名 环境生物学

主 编 黄占斌 单爱琴

责任编辑 褚建萍

责任校对 徐 玮

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市解放南路·邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 淮安市亨达印业有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 17.75 字数 443 千字

版次/印次 2010年8月第1版 2010年8月第1次印刷

定 价 25.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

环境生物学是研究生物与受人类干扰的环境之间相互作用规律及其机理的科学,它既是环境科学的一个分支学科,也是与生态学、环境毒理学等学科紧密相关的综合性学科。

人类干扰的环境因人类活动或自然原因使环境条件发生不利于人类的变化,以致影响人类的生产和生活,给人类带来灾害,形成环境问题。环境问题一般包括环境破坏和环境污染两大类。环境破坏是指不合理开发利用资源或大型工程建设引起自然环境和资源破坏,如水土流失、土壤沙化、植被减少等;环境污染是指工业“三废”(废气、废水、废渣)等有害物质对大气、水体、土壤和生物的污染,以及矿区生态环境破坏等。

煤炭是人类的重要能源,在我国能源结构中占重要地位。煤炭的勘探、开采和加工利用过程,与环境破坏和环境污染问题紧密相关,而这些问题对生物的影响,以及如何利用生物技术去解决这些问题,正是环境生物学要探讨和解决的核心。例如,利用微生物湿法冶金技术,可以将矿石经微生物细菌氧化或生物氧化,回收某些贵重有色金属和稀有金属,达到防止矿产资源流失、最大限度地利用矿藏的目的;利用煤炭的微生物脱硫技术,结合化学法和物理法去除煤炭中的硫,可以减轻和治理世界性的环境五大难题之一——酸雨问题;而矿区复垦与环境治理,环境生物技术和工程的采用更是关键。

目前,环境生物学教科书已经出版了较多版本,这些版本各具特色,但目前还没有一本针对能源矿产类高等学校教学的专业教材。

编写本书的目的,主要是根据能源矿产类高等学校的教学和生产实习需要,结合现代环境生物学的发展动态和相关技术,特别是生物技术的进展与应用,从理论上系统阐述环境生物学的基本理论与原理,应用实例说明环境生物学在我国社会经济发展和环境治理中的应用和取得的科研成果。期望本书能为能源矿产类高等学校环境工程、环境科学、生物工程及相关专业学生的学习提供参考,为相关专业科研管理人员、技术人员以及生产人员提供帮助。

本书由黄占斌、单爱琴担任主编。各章编写分工如下:绪论由黄占斌、单爱琴编写,第一章由陈要平编写,第二章由单爱琴、张明青、孟庆俊编写,第三章由潘文维编写,第四章由于妍编写,第五章由单爱琴编写,第六章由于浩、姚改焕编写,第七章由于浩编写,第八章由焦志华、黄占斌编写。全书由黄占斌、单爱琴统稿和校对。

在本书的编写过程中,得到中国矿业大学出版社、中国矿业大学(北京)化学与环境学院、中国矿业大学环境与测绘学院、辽宁工程技术大学、安徽理工大学、河南理工大学和西安科技大学等单位有关领导的支持、鼓励与帮助。在此,向关心本书出版,对本书的编写提供支持和帮助的领导、老师和同志们表示衷心感谢!

本书在编写过程中,作者注重理论和实践的结合,既突出学科的理论系统性,又结合最

新的科研成果和生产应用实践。但是,由于环境生物学的内容范围宽广,在所涉及的行业应用中进展差别较大,还存在许多理论和实际问题需要深入研究,加之作者的水平有限,书中疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

黄占斌 单爱琴

2010年3月

目 录

绪论	1
第一节 环境生物学	1
第二节 全球环境问题及其生物学效应	6
第三节 环境生物学在矿区环境治理中的应用	19
思考题	26
第一章 环境污染物在环境和生物体内的行为	27
第一节 环境污染概述	27
第二节 污染物在环境中的迁移与转化	34
第三节 污染物在生物体内的生物转运和生物转化	37
第四节 环境污染物在生物体内的浓缩、积累与放大	47
思考题	50
第二章 污染物对生物的影响	51
第一节 生物化学毒理学基础	51
第二节 污染物在生物化学和分子水平上的影响	57
第三节 污染物在细胞和个体水平上的影响	66
第四节 污染物在种群和群落水平上的影响	68
第五节 环境化合物的联合毒性作用	70
思考题	72
第三章 污染物的生物效应检测	73
第一节 生物测试及方式	73
第二节 一般毒性试验	76
第三节 生物的分子和细胞水平检测	90
第四节 生物致突变、致畸和致癌效应检测	94
思考题	105
第四章 环境质量的生物监测与生物评价	106
第一节 生物监测和环境质量评价概念	106
第二节 生物监测与评价	110

第三节 生态环境质量评价.....	128
第四节 化学品生态风险评价.....	130
第五节 有害物理因素的生物学效应评价.....	135
思考题.....	142
第五章 环境污染生物净化的原理.....	143
第一节 环境污染净化的微生物学基础.....	143
第二节 污染物的微生物降解与转化.....	150
思考题.....	173
第六章 环境污染物的生物净化方法.....	175
第一节 废水的好氧生物处理.....	175
第二节 废水的厌氧生物处理.....	190
第三节 废水生物脱氮除磷.....	199
第四节 固体废弃物的微生物处理.....	210
第五节 大气污染物的微生物处理.....	213
思考题.....	218
第七章 现代生物技术与环境污染治理.....	219
第一节 现代生物技术的概况.....	219
第二节 基因工程与环境污染生物治理.....	223
第三节 细胞工程与环境污染生物处理.....	229
第四节 酶学工程与环境污染生物治理.....	233
第五节 发酵工程在环境污染治理中的应用.....	241
第六节 生态工程与污水处理系统.....	246
思考题.....	255
第八章 污染环境生物修复.....	256
第一节 生物修复的概念及其原理.....	256
第二节 生物修复工程技术.....	266
思考题.....	275
参考文献.....	276

绪 论

第一节 环境生物学

一、环境生物学的定义

环境生物学(environmental biology)是研究生物与受人类干扰的环境之间相互作用规律及其机理的科学,它既是环境科学的一个分支学科,也是与生态学、环境毒理学等学科紧密相关的综合性学科。

人类干扰的环境与一般的环境概念有着本质的区别,人类干扰的环境由于人类活动或自然原因使环境条件发生不利于人类的变化,以致影响人类的生产和生活,给人类带来灾害,形成环境问题。

(一) 环境生物学的发展

环境生物学是随环境科学的发展以及生物与环境问题越来越紧密而形成的一门学科。从 19 世纪中叶起,有学者注意到发达国家的水污染对水生生物的影响,并将水中微型生物进行分组分类。20 世纪初,人们开始研究水污染的生物监测、城市污水和工业废水的生物处理等问题。50 年代以来,随着工农业生产和城市建设的迅速发展,地球表面环境发生了巨大的变化,一方面创造了前所未有的物质文明,另一方面产生了日益尖锐的环境问题,环境污染事件不断发生,环境污染越来越严重。其中以生态平衡遭到破坏所带来的影响最为严重,很多物种从地球上消失或濒临灭绝,人类自己也受到公害的侵扰和威胁。因而关于受人类干预的环境对生物的影响以及两者相互作用的规律和机理的研究,便日益受到人们的重视。从 20 世纪 60 年代开始,由于研究工作的开展,环境生物学逐渐从生物学分化出来,发展成为一门独立的学科。70 年代以来,中国科学工作者在水、气污染的生物监测和生物净化,环境毒理和生态毒理,土壤污染和土地处理系统以及自然保护等领域开展了不少科学研究,建立了相应的研究机构,一些高等院校设立了环境生物学或与之相关的专业。同时,以环境生物学为基础的环境生物技术在环境污染治理与保护、洁净生产、生物能源等领域的应用也得到广泛的发展。

(二) 环境生物学与生态学

环境生物学与生态学和环境毒理学等学科发展紧密相关,它们在学科上的异同最受关注。

环境生物学以坦斯利(A. G. Tansley)提出的生态系统概念作为主要的理论基础,因而有人认为环境生物学就是生态学。实际上,虽然环境生物学和生态学的研究对象和方法有

许多共同之处,但又有区别。

生态学是一门研究生物与环境之间相互关系的经典学科。它是生物学的一个分支学科,其研究对象是生物与环境、生物与生物之间的相互关系。可见,环境生物学与生态学的关系最为密切,在某些研究领域,两者几乎难以界定。

环境生物学是以生态学的基本原理作为其理论基础的,但是与生态学相比较,环境生物学的特殊性在于其研究的重点是生物与受人为干扰的环境之间相互作用的规律及其机理。环境生物学其环境是以人类作为主体的环境,而经典生态学中所涉及的环境是以生物为主体的环境,两者环境的范畴不同。在研究的切入点和研究层次上,环境生物学和生态学各有其特殊性。例如,在研究生物与环境相互关系方面,生态学更加注重从整体上去研究系统中各组成成分之间的关系,而环境生物学则深入到具体组分。

(三) 环境生物学与毒理学

毒理学是研究外来化合物对生物体毒性作用的一门学科。所谓外来化合物,是指所研究的生物体在正常情况下不产生的化合物,即使在生物体内存在。因此毒理学是研究生物与环境相互作用的一个桥梁。环境生物学的主要任务之一就是研究自然环境中大气、水体和土壤中的污染物及其在环境中的转化产物对生物及人体产生的有害效应、毒作用途径及作用机理。它与毒理学的最大区别是:环境生物学不仅研究环境污染对生物产生损害作用的发生、发展过程,而且要阐明其作用机理及影响其毒性作用的各种因素和控制的规律,探索污染物损害有机体的敏感指标,毒物在生物体内积累与毒物浓度的关系以及生物代谢与剂量—效应的关系;宏观上要对毒物在特定的生物区系中,对生物种群、生物群落以及生态系统的结构和功能的影响作出预测,为制定环境标准提供科学依据。这些正是环境生物学中生态毒理学的主要研究内容。

二、环境生物学的研究对象与任务

(一) 环境生物学的研究对象及目的

环境生物学研究的是生物与受人类干扰的环境间的相互关系。人类干扰环境包括:人类活动对生态系统造成的污染,人类活动对生态系统的影响和破坏。

研究环境生物学的目的在于为维护人类生态健康,保护和改善人类生存与发展的环境,合理利用自然和自然资源提供科学基础,促进环境和生物的相互关系以利于人类的生存和社会的可持续发展。

(二) 环境生物学的任务

环境生物学的任务主要有以下几个方面:

- (1) 阐明环境污染的生物学或生态学效应,为解决环境问题提供科学依据。
- (2) 探索生物对环境污染的净化原理,提高生物对污染净化的效率。
- (3) 探讨自然保护生物学和恢复生态学的原理与方法,探索合理利用自然资源的途径。

(三) 环境生物学的研究内容

(1) 环境污染的生物效应:主要是研究污染物在环境中的迁移、转化和积累的生物学规律以及对生物的影响和危害。这种效应包括从分子水平、细胞水平、组织水平、器官水平、个体水平、种群水平到生态系统等各级生物层次探索污染效应的机理,以及研究环境污染的生物监测与生物评价的理论和方法。

(2) 环境污染的生物净化:主要研究生物对环境污染净化与去除的基本原理、方法以及

影响因素,通过生物学或生态学的技术与方法,进一步强化生物在环境污染净化中的作用。其主要内容包括具有高效净化能力的生物种类及菌株的筛选以及基因工程菌的构建,降解和去除污染物的机理及其降解动力学反应模型等;生态工程中生物群落的结构与演替,不同类型物种间的相互关系及其对环境污染净化过程的调控作用等。

(3) 保护生态学:包括自然保护生物学和恢复生态学。自然保护生物学主要是研究生物多样性的保护、自然保护区的建设和自然保护技术,探索保护、增殖和合理利用自然资源的规律,协调人类与自然环境的关系,使自然资源尤其是生物资源能够得到持续利用;恢复生态学主要是研究生态系统的退化机理、物种进入和生长及群落聚集过程的限制因素、群落结构和生态系统的结构与功能之间的关系、制定退化生态系统的恢复方案、发展受损环境修复的生物学或生态学技术。

三、环境生物学的研究方法

(一) 野外调查和试验

对人为干扰的环境进行现场调查和试验,通过对环境因素的确定和对生物各个层次效应的研究,探索环境中物理、化学或生物因素对生物或生态系统影响的基本规律。这种试验可以以自然环境为试验对象,也可以根据研究目的的需要进行人工设计,以利于控制。例如,通过对指示生物、农林生物群落结构、草原生物群落结构、水生生物群落结构、污水生物系统的现场调查,以及对生物指数、污染指数和生物种的多样性指数等的分析,从宏观上研究环境中的污染物和人为干预对各种生物或生态系统产生影响的基本规律。

(二) 实验室试验

通过实验室的试验手段,可以进行环境污染的生物效应和生物净化过程及其机理的研究。这种研究在人工控制条件下,具有较好的稳定性和可重复性。因此,可以从微观上探索环境污染与生物相互作用的因果关系。例如,植物人工熏气或施喂毒物,通过生物急性毒性试验、生物亚急性毒性试验、生物慢性毒性试验和回避反应试验等,从微观上研究污染物和人为干预对生物产生的毒害作用及其机理。

(三) 模拟研究

在系统分析原理的基础上利用计算机和近代数学的方法,在输入有关生物与环境相互关系规律的作用参数后,根据一些经验公式或模型,进行运算得到抽象结果,研究者根据具体的专业知识对其发展趋势进行预测,以达到进一步优化和控制的目的。环境生物学研究中常常应用数学模型来预测环境因素与生物相互作用的规律或环境变化对生物作用的后果。

环境生物学今后将进一步研究污染对各类生态系统结构和功能的影响,建立生态系统的生物模拟(包括受控生态系统的试验)和数学模型研究方法,制作污染生态模型,预测和预报污染对生态系统稳定性、群落结构、物质循环和能量交换的影响,为制定最优化环境区划和规划提供依据;进一步研究各个生态系统(如工矿、农田、森林、草原和水生生态系统)内部和相互之间的调节、控制和平衡关系,以及由于污染而引起的区域性或全球性变化对生物圈生物资源的影响;进一步加强对有关生物净化和生物降解的基础理论研究,以及环境生物技术在包括地质矿产等生产中的实际应用,建立和完善污染物生物效应数据库和生物样品库,加强各种污染环境的生物治理和工程菌构建,包括能源植物和生物技术的物种筛选,生物改良技术和工程等方面的研究。

四、环境生物学的发展趋势

随着社会经济的不断发展,人类干扰环境的活动不断加强,同时人们保护环境、用生物去治理改善环境的技术也更加受到重视。从学科的发展角度看,环境生物学的研究和应用则向分支更细、更加深入、更加宽广的角度发展。这里主要对环境生物学相关的分支学科发展予以简单介绍,主要包括生态毒理学研究、环境污染的生物净化研究、环境生物技术的发展和保护生态学。

(一) 生态毒理学研究

生态毒理学(ecotoxicology)是研究环境压力对生态系统内的种群和群落的生态学和毒理学效应,以及物质或因素的迁移途径和与环境相互作用的规律。生态毒理学是由化学、生态学和毒理学等学科交叉而发展起来的。20世纪70年代,化学品毒性生物测试得到快速发展,建立了单种生物个体、种群的急性和慢性毒性试验标准方法,目前又发展了分子生态毒理学或生物标志物的研究。

21世纪毒理学的发展趋势有三个方面:一是传统和现代毒理学研究方法相结合。随着分子生物学的理论和方法应用于毒理学的研究,外源性化学物的毒性评价将发展到体外细胞、分子水平的毒性测试与人体志愿者试验相结合的新模式,而传统以动物为基础的毒理学研究将减少。某些复杂的整体试验将逐步被体外试验或构效关系数学模式所替代。目前用于有害因素的毒性试验系统将被基因工程的动物和细胞所替代;传统的发病率和死亡率终点将被生化指标所替代;现在需要数月给药和评价的毒性研究将在几小时内完成。二是大量新技术和新方法的应用将使毒理学研究水平更加深入。新技术如系列分析法、DNA芯片或DNA微点阵等可同时测定数千个基因的表达,用于观察基因的上调和下调;基因诱捕、代表性差异分析等将为研究化学物致畸的分子机制提供可能;应用基因分布图能区别特异性或非特异性的细胞损伤;应用络合物形成作用介导的PCR研究DNA损伤和核苷酸水平上的修复;可以预言,各种不同的转基因动物或基因删除动物的建立,将对阐明化学物的毒性作用机制起到重大的作用。三是多种方法结合评价化学物的毒性。过去20多年应用常规的毒理学方法研究外源性化学物,对于大多数化学物是否获得足够的毒理学信息值得怀疑。考虑到化学物质的暴露对人类健康的影响,这一问题就显得更为突出。由于毒理学试验要消耗大量动物,因此在毒理学研究中尽量减少动物用量是每一个负责任的毒理学家应该考虑的问题。

(二) 环境污染的生物净化研究

环境污染的净化方法有物理、化学和生物学方法,其中生物学方法是最重要的和最常用的污染处理方法。目前废水生物处理技术发展趋势如下:发展各种对水量、水质和毒物等冲击负荷耐受能力强的工艺,提高出水水质的稳定性;开发各种具有高生物相浓度、高传质速度的反应器,以及高负荷条件下的运转方式;将好氧与厌氧过程在同一反应器中进行,提高生物处理去除污染物的广谱性,明显改进生物去除难降解物质和氮、磷营养物质的能力;微生物的悬浮生长与附着生长相结合,以维持微生态系统中的生物多样性;与物理和化学方法结合,使生物处理的适用性极大提高,改善生物处理的微生态系统,寻求高效专性菌及适应其生长的环境,如复合菌制剂、有效菌技术、固定化微生物技术等;研究开发能有效去除高浓度有机废水、生物难降解物质、氮磷营养物质等的新工艺和新方法。这里介绍一下植物净化技术。

相对于物理法和化学法而言,植物净化技术属于生物/生态修复技术范畴,生物/生态修复技术是十多年前才开始的,尤其是其中的植物净化技术是近年来才得到重视的。植物净化技术的最大优点是可以通过植物的吸收吸附作用,降解、转化水体中的有机污染物,继而通过收获植物体的形式将有机污染物从水域系统中清除出去,因此,可以达到标本兼治的效果。与此同时,植物的存在为微生物和水生动物提供了附着基质和栖息场所。某些植物的根系能分泌出克藻物质,达到抑制藻类生长的作用,庞大的枝叶和根系成为自然的过滤层,能截获大量的悬浮物质等,对水生态系统的物理、化学以及生物特性亦能产生重要影响。

一个完整的水生态系统包含种类及数量恰当的生产者、消费者和分解者,具体地说包括水生植物和鱼、螺、虾、贝类、大型浮游动物等水生动物,以及种类和数量众多的微生物和原生动物等。其中,水生植物是水生态系统中的初级生产者,其不仅是水体食物网的重要成员,而且在水体溶氧供应、营养循环中起重要作用,同时作为水体结构角色,还为其他水生动物提供生存空间和产卵栖息地。

水生植物技术用于生态修复阶段,其主要作用是:净化微污染的水体,即通过其吸收吸附作用,降解、转化水体中的有机污染物,而使水质得到进一步改善;作为水生态系统的主要成员为其他生物的生存、繁衍提供场所和食物。水生植物尤其是其中的浮叶和沉水植物在污染严重的水体中因生境条件不具备,因而难以成活,而修复水生态系统时若有水生植物的介入,生态系统就能修复。

(三) 环境生物技术的发展

随着生物技术与环境科学与工程的不交叉,以及生物技术在环境保护方面的不断应用,环境生物技术逐渐发展成为一门新兴学科,并已成为解决复杂环境问题最有效、最经济的手段之一。

环境生物技术(environmental biotechnology)是指解决环境问题的生物技术,主要涉及环境质量的监测、评价、控制以及废弃物处理过程中的生物学方法和技术的发展与应用,包括环境监测与评价的生物技术和污染净化的生物强化技术。

生物技术应用于环境保护中主要是利用微生物,少部分利用植物作为环境污染控制的生物。环境生物技术已是环境保护中应用最广和最为重要的单项技术,其在水污染控制、大气污染治理、有毒有害物质的降解、清洁可再生能源的开发、废物资源化、环境监测、污染环境的修复和污染严重的工业企业的清洁生产等环境保护的各个方面发挥着极为重要的作用。应用环境生物技术处理污染物时,最终产物大都是无毒无害的稳定物质,如二氧化碳、水和氮气。利用生物方法处理污染物通常能一步到位,避免了污染物的多次转移,因此它是一种安全而彻底的消除污染的方法。现代生物技术的发展,尤其是基因工程、细胞工程和酶工程等生物高技术的飞速发展和应用,大大强化了上述环境生物处理过程,使生物处理具有更高的效率、更低的成本和更好的专一性,为生物技术在环境保护中的应用展示了更为广阔的前景。美国环保局(EPA)在评价环境生物技术时也指出“生物治理技术优于其他新技术的显著特点在于其是污染物消除技术而不是污染物分离技术”。

当前,环境生物技术在国际上已进入蓬勃发展的轨道。随着全球范围内对环境保护的高度重视,市场对环境生物技术的需求越来越广泛。例如,美国的《清洁空气法》实施后将形成高达几百亿美元的燃煤脱硫市场,其中微生物脱硫市场预计将达 250 亿美元,而且越来越低的燃油硫分标准也促进了石油微生物脱硫技术的发展,美国的 Biosystem 公司正开展的

产业化试验将大大推进该技术的发展。利用微生物制氢气和乙醇等可再生性清洁燃料,为彻底解决困扰人类的大气化石燃料污染问题展示了光明的前景。多年来,由于全球范围内滥用化学品,特别是杀虫剂造成了大规模的水体、土壤污染,对其治理和恢复也将成为一个巨大的市场,非常保守地估计,在未来 10 年内全球市场达 115 亿美元。总之,环境生物技术,尤其是环境污染控制生物技术将具有广阔的市场前景。

我国的环境生物技术处于刚刚起步阶段。该技术的进一步开发需要得到社会、同行及主管部门的广泛支持,大力开展以污染控制生物技术为主体的环境生物技术研究。这将大力推进生物技术在环境保护中的应用,并将通过生物高技术的发展带动整个环保科技的发展,解决我国目前和未来面临的严峻的环境保护问题,同时为环保市场提供高品质的环境保护技术。应该充分认识到环境生物技术开发对我国环境保护和社会、经济发展的重大意义。

(四) 保护生态学

保护生态学包括保护生物学和恢复生态学。

保护生物学是一门新兴学科,目前已由研究珍稀濒临灭绝的物种及其栖息地的保护发展到研究生物多样性(包括遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性)的保护;在自然保护技术和措施方面已由自然保护区的建立发展到生物圈保护区的建立。其中心任务仍是保护、增殖(可更新资源)和合理利用自然资源。

20 世纪 80 年代初保护生物学的概念提出后,其具体的工作经历了由保护单个物种的种群到保护物种的栖息地、生态系统,由区域的、国内的合作到全球的、国际间合作的过程。保护生物学是一门多学科交叉、具有理论科学和应用科学双重特征的综合性学科。其理论基础是:生物地理学、生态学、进化生物学、遗传学、分子生物学、种群生物学、分类学、社会学、环境研究(环境经济学、环境伦理学、环境法规)。该学科根据野外工作经验和工作需要,在农业、林业、渔业管理、土地使用计划、圈养种群管理(动物园、植物园)、自然保护区管理等方面具有重要应用价值。

恢复生态学是研究生态系统的退化机制、物种进入和生长及群落聚集过程的限制因子、群落结构与生态系统功能特征(如生产力、营养物质循环和污染物的降解和释放)之间的关系,制定退化生态系统的恢复方案,以恢复退化的生态系统。

将自然生境转变成农业和工业用地,而最终变成退化土地,是人类对自然环境的主要危害,使生物多样性受到严重威胁。恢复生态学为加快退化土地的恢复提供了一套强有力的工具。恢复生态学主要通过复垦土地的方式来达到保护生物多样性的目的,是对建立自然保护区来保护生物多样性的重要补充。

第二节 全球环境问题及其生物学效应

一、环境与环境问题

人类是环境的产物,人类要依赖自然环境才能生存和发展;人类又是环境的改造者,通过社会性生产活动来利用和改造环境,使其更适合人类的生存和发展。环境是影响人类生存和发展的各种天然和经过人工改造的自然因素的总体,包括大气、水、海洋、土地、矿藏、森林、草原、野生生物、自然遗迹、人文遗迹、自然保护区、风景名胜、城市和乡村等。按照环境

的功能不同,可以把环境分为生活环境和生态环境。

由于人类活动或自然原因使环境条件发生不利于人类的变化,以致影响人类的生产和生活,给人类带来灾害,这就是环境问题。环境问题的由来,主要包括环境污染和生态破坏两方面。

全球环境问题的产生,一个非常重要的源泉是工业化的结果。在工业化之前,气候变化或臭氧层破坏人们没有看到。工业化及人类活动带来了对化学物质的需求,导致了一系列问题产生。另一个重要的源泉是全球化。很多国际环境问题是随着人类活动尺度的增大,在全球范围内相互合作产生的,而且各个国家贸易量逐渐地增大,导致了跟贸易相关的环境问题的产生。

我国的环境污染问题是与工业化相伴而生的。20世纪50年代前,我国的工业化刚刚起步,工业基础薄弱,环境污染问题尚不突出,但生态恶化问题经历数千年的累积,已经积重难返。50年代后,随着工业化的大规模展开,重工业的迅猛发展,环境污染问题初见端倪。但这时候污染范围仍局限于城市地区,污染的危害程度也较为有限。到了80年代,随着改革开放和经济的高速发展,我国的环境污染渐呈加剧之势,特别是乡镇企业的异军突起,使环境污染向农村急剧蔓延,同时,生态破坏的范围也在扩大。时至今日,环境问题与人口问题一样,成为我国经济和社会发展的又一大难题。

二、全球环境问题

环境问题的实质是由于人类活动超出了环境的承受能力,对其所赖以生存的自然生态系统的结构和功能产生了破坏作用,导致人与其生存环境的不协调。

人类活动在不断改变全球的生态系统。在第二次世界大战后的几十年历程中,环境问题迅速从地区性问题发展成为波及世界各国的全球性问题,从简单问题(可分类、可定量、易解决、低风险、近期可见性)发展到复杂问题(不可分类、不可量化、不易解决、高风险、长期性),出现了一系列国际社会关注的热点问题,如气候变化、臭氧层破坏、大气及酸雨污染、土地荒漠化、国际水域与海洋污染、有毒化学品污染和有害废物越境转移等。围绕这些问题,国际社会在经济、政治、技术、贸易等方面形成了复杂的对抗或合作关系,并建立起了一个庞大的国际环境条约体系,正越来越大地影响着全球经济、政治和技术的未来走向。

(一) 气候变化与温室效应

气候变化是一个最典型的全球尺度的环境问题。20世纪70年代,科学家把气候变暖作为一个全球环境问题提了出来。80年代,随着对人类活动和全球气候关系认识的深化,随着几百年来最热天气的出现,这一问题开始成为国际政治和外交议题。气候变化问题直接涉及经济发展方式及能源利用的结构与数量,正在成为深刻影响21世纪全球发展的一个重大国际问题。

1. 气候变化与温室效应

大气中含有水蒸气、二氧化碳和其他微量气体,如甲烷、臭氧、氟利昂等,可以使太阳的短波辐射几乎无衰减地通过,长波辐射却可以被地球吸收。因此,这类气体有类似温室的效应,被称为“温室气体”。

温室气体吸收长波辐射并再反射回地球,从而减少向外层空间的能量净排放,大气层和地球表面将变得热起来,这就是“温室效应”。大气中能产生温室效应的气体已经发现近30种,其中二氧化碳起重要的作用,甲烷、氟利昂和氧化亚氮也起相当重要的作用(见表0-1)。

从长期气候数据比较来看,在气温和二氧化碳之间存在显著的相关关系。目前国际社会所讨论的气候变化问题,主要是指温室气体增加产生的气候变暖问题。

表 0-1 主要温室气体及其特征

气 体	大气中浓度	年增长 /%	生存期 /a	温室效应	现有贡献率 /%	主要来源
CO ₂	3.55×10^{-4}	0.4	50~200	1	55	煤、石油、天然气、森林砍伐
CFC	8.5×10^{-10}	2.2	50~102	3 400~15 000	24	发泡剂、气溶胶、制冷剂、清洗剂
甲烷	1.714×10^{-6}	0.8	12~17	11	15	湿地、稻田、化石、燃料、牲畜
NO _x	0.31×10^{-6}	0.25	120	270	6	化石燃料、化肥、森林砍伐

引自全球环境基金(GEF):Valuing the Global Environment,1998。

2. 气候变化的生物效应和危害

近年来,世界各国出现了几百年来历史上最热的天气,厄尔尼诺现象也频繁发生,给各国造成了巨大的经济损失。1995 年芝加哥的热浪导致 500 多人死亡,1993 年美国一场飓风就造成 400 亿美元的损失。20 世纪 80 年代,保险业同气候有关的索赔是 140 亿美元,1990 到 1995 年间就几乎达 500 亿美元。这些情况显示出人类对气候变化,特别是气候变暖所导致的气象灾害的适应能力是相当弱的,需要采取行动防范。科学家预测,全球气候变化有可能对生物直接或间接的危害有以下几个方面:

(1) 影响农业和自然生态系统。CO₂ 浓度增加和气候变暖,可能会增加植物的光合作用,延长生长季节,使世界一些地区更加适合农业耕作。但全球气温和降雨形态的迅速变化,也可能使世界许多地区的农业和自然生态系统无法适应或不能很快适应这种变化,使其遭受很大的破坏性影响,造成大范围的森林植被破坏和农业灾害。

(2) 加剧洪涝、干旱及其他气象灾害。气候变暖导致的气候灾害增多可能是一个更为突出的问题。全球平均气温略有上升,就可能带来频繁的气候灾害——过多的降雨、大范围的干旱和持续的高温,造成大规模的灾害损失。有的科学家根据气候变化的历史数据,推测气候变暖可能破坏海洋环流,引发新的冰河期,给高纬度地区造成可怕的气候灾难。

(3) 影响人类健康。气候变暖有可能加大疾病危险和死亡率,增加传染病。高温会给人类的循环系统增加负担,热浪会引起死亡率的增加。由昆虫传播的疟疾及其他传染病与温度有很大的关系,随着温度升高,许多国家疟疾、血吸虫病、黑热病、登革热、脑炎可能增加或再次发生。在高纬度地区,这些疾病传播的危险性可能会更大。

3. 气候变化控制的国际行动与对策

为了控制温室气体排放和气候变化危害,1992 年联合国环境与发展大会通过《联合国气候变化框架公约》,提出到 20 世纪 90 年代末发达国家温室气体的年排放量控制在 1990 年的水平。1997 年在日本京都召开了缔约国第二次大会,通过了《京都议定书》,规定了 6 种受控温室气体,明确了各发达国家削减温室气体排放量的比例,并且允许发达国家之间采取联合履约的行动。2005 年 2 月 16 日《京都议定书》正式生效,意味着上千亿美元规模的国际碳排交易市场将全面启动。《京都议定书》清洁发展机制(CDM)规定,2008 年到 2012

年间,工业化国家的全部温室气体排放量比 1990 年平均减少 5.2%。

控制温室气体排放的途径主要是改变能源结构,控制化石燃料使用量,增加核能和可再生能源使用比例;提高发电和其他能源转换部门的效率;提高工业生产部门的能源使用效率,降低单位产品能耗;提高建筑采暖等民用能源效率;提高交通部门的能源效率;减少森林植被的破坏,控制水田和垃圾填埋场排放甲烷等。

增加温室气体吸收的途径主要有植树造林和采用固碳技术,其中固碳技术指把燃烧气体中的二氧化碳分离、回收,然后深海弃置和地下弃置,或者通过化学、物理以及生物方法固定。固碳技术的技术原理是清楚的,但能否成为实用技术还是未知数。

适应气候变化的措施主要是培养新的农作物品种,调整农业生产结构,规划和建设防止海岸侵蚀的工程等。可供选择的技术主要有节能技术、生物能技术、二氧化碳固定技术等。

(二) 臭氧层的破坏

1. 臭氧层作用与破坏成因

大气中臭氧含量仅为亿分之一,在离地面 20~30 km² 存在着臭氧平流层,其中臭氧的含量占该高度空气总量的十万分之一。臭氧层的重要功能是非常强烈的吸收紫外线,吸收太阳光紫外线中对生物有害的部分。由于臭氧层有效地挡住了来自太阳紫外线的侵袭,才使得人类和地球上各种生命能够存在、繁衍和发展。

1985 年英国科学家观测到南极上空出现臭氧层空洞,并证实其同氟利昂(CFCs)分解产生的氯原子有直接关系。1994 年南极上空臭氧层破坏面积已达 2 400 万 km²,北半球上空的臭氧层比以往任何时候都薄,欧洲和北美上空的臭氧层平均减少 10%~15%。

氟利昂等消耗臭氧物质是臭氧层破坏的元凶,氟利昂是 20 世纪 20 年代合成的,其化学性质稳定,不具有可燃性和毒性,被当做制冷剂、发泡剂和清洗剂,广泛用于家用电器、泡沫塑料、日用化学品、汽车、消防器材等领域。20 世纪 80 年代后期,氟利昂的生产达到高峰,产量 144 万 t。它们在大气中平均寿命达数百年,其中大部分仍然停留在对流层,小部分升入平流层。在对流层相当稳定的氟利昂,在上升进入平流层后,在一定的气象条件下,会在强烈紫外线的作用下被分解,分解释放出的氯原子同臭氧会发生连锁反应,不断破坏臭氧分子。科学家估计一个氯原子可以破坏数万个臭氧分子。

2. 臭氧层破坏的危害

臭氧层破坏的后果是很严重的。如果平流层的臭氧总量减少 1%,预计到达地面的有害紫外线将增加 2%。有害紫外线的增加,会对生物产生一系列危害:

(1) 皮肤癌和白内障患者增加,损坏人的免疫力,传染病的发病率增加。据估计,臭氧减少 1%,皮肤癌的发病率将提高 2%~4%,白内障的患者将增加 0.3%~0.6%。初步表明,人体暴露于紫外线辐射强度增加的环境中,会严重抑制人的免疫系统。

(2) 生态系统遭到破坏。研究表明,过量紫外线辐射会使植物生长和光合作用受到抑制,使农作物减产。紫外线辐射也使处于食物链底层的浮游生物的生产力下降,从而损害整个水生生态系统。紫外线辐射也可能导致某些生物物种的突变。

(3) 引起新的环境问题。过量的紫外线能使塑料等高分子材料更易老化和分解,带来光化学大气污染。据加拿大政府 1997 年研究,到 2060 年实施《蒙特利尔议定书》以控制臭氧层破坏的行动的总成本是 2 350 亿美元,但其通过渔业、农业和人工材料损害的减少所带来的效益是 4 590 亿美元。

3. 臭氧层破坏的控制途径和对策

现代经济中,氟利昂等物质应用非常广泛,要全面淘汰必须首先找到其替代物质和技术。为了推动氟利昂替代物质和技术的开发和使用,逐步淘汰消耗臭氧层物质,许多国家采取了一系列政策措施:一是传统的环境管制措施,如禁用、限制、配额和技术标准,对违反规定实施严厉处罚。欧盟国家和一些经济转轨国家广泛采用了这类措施;二是经济手段,如征收税费,资助替代物质和技术开发等。美国对生产和使用消耗臭氧层物质实行征税和可交易许可证等措施。另外,许多国家的政府、企业和民间团体还发起了自愿行动,采用各种环境标志,鼓励生产者和消费者生产和使用不带有消耗臭氧层物质的材料和产品,其中绿色冰箱标志得到了非常广泛的应用。

(三) 酸雨的危害

1. 酸雨及其分布

pH 值低于 5.6 的降水一般称为酸雨,也包括酸性物质以湿沉降或干沉降的形式从大气转移到地面上。湿沉降是指酸性物质以雨、雪形式降落地面,干沉降是指酸性颗粒物以重力沉降、微粒碰撞和气体吸附等形式由大气转移到地面。

酸雨形成是一种复杂的大气化学和物理变化过程。酸雨中绝大部分是硫酸和硝酸,主要来源于排放的 SO_2 和 NO_x 。酸雨发生并产生危害的两个条件:一是发生区域有高度的经济活动水平,广泛使用矿物燃料,向大气排放大量 SO_2 和 NO_x 等酸性污染物,并在局部地区扩散。二是发生区域的土壤、森林和水生生态系统缺少中和酸性污染物的物质或对酸性污染物的影响较敏感物质。如酸性土壤地区和针叶林就对酸雨污染比较敏感,易于受到损害。

全世界酸雨分布主要在三个地区:一是欧洲酸雨区。原因主要是西北欧和中欧的一些国家排出 SO_2 和 NO_x 大部分传输到其他国家。受影响比较严重的地区是工业化和人口密集的地区,即从波兰和捷克经比、荷、卢三国到英国和北欧地区,其酸性沉降负荷高于欧洲极限负荷值的 60%。二是美国和加拿大东部酸雨区。美国是世界上能源消费量最多的国家,消费了全世界近 1/4 的能源,美国每年燃烧矿物燃料排出的 SO_2 和 NO_x 也占各国首位。从美国中西部和加拿大中部工业心脏地带污染源排放的污染物,定期落在美国东北部和加拿大东南部的农村及开发相对较少或较为原始的地区。三是亚洲酸雨区。主要集中在东亚,其中中国南方是酸雨最严重的地区。

2. 酸雨的成因

大气中的 SO_2 和 NO_x 有自然和人为两个来源。 SO_2 的自然来源包括微生物活动和火山活动。自然排放大约占大气中全部 SO_2 的一半,由于自然循环过程,自然排放的硫基本上平衡。人为排放的硫大部分来自贮存在煤炭、石油、天然气等化石燃料中的硫,在燃烧时以 SO_2 释放,还有一部分是来自金属冶炼和硫酸生产过程。随着化石燃料消费量的不断增长,全世界人为排放的 SO_2 不断增加,北半球产生了全部人为排放 SO_2 的 90%。天然和人为来源排放了几乎同样多的氮氧化物(NO_x)。天然来源主要包括闪电、林火、火山活动和土壤中的微生物代谢,广泛分布在全球,对某一地区的浓度不产生什么影响。人为排放的氮氧化物主要集中在北半球人口密集的地区。机动车排放和电站燃烧化石燃料产生的氮氧化物差不多占氮氧化物人为排放量的 75%。