

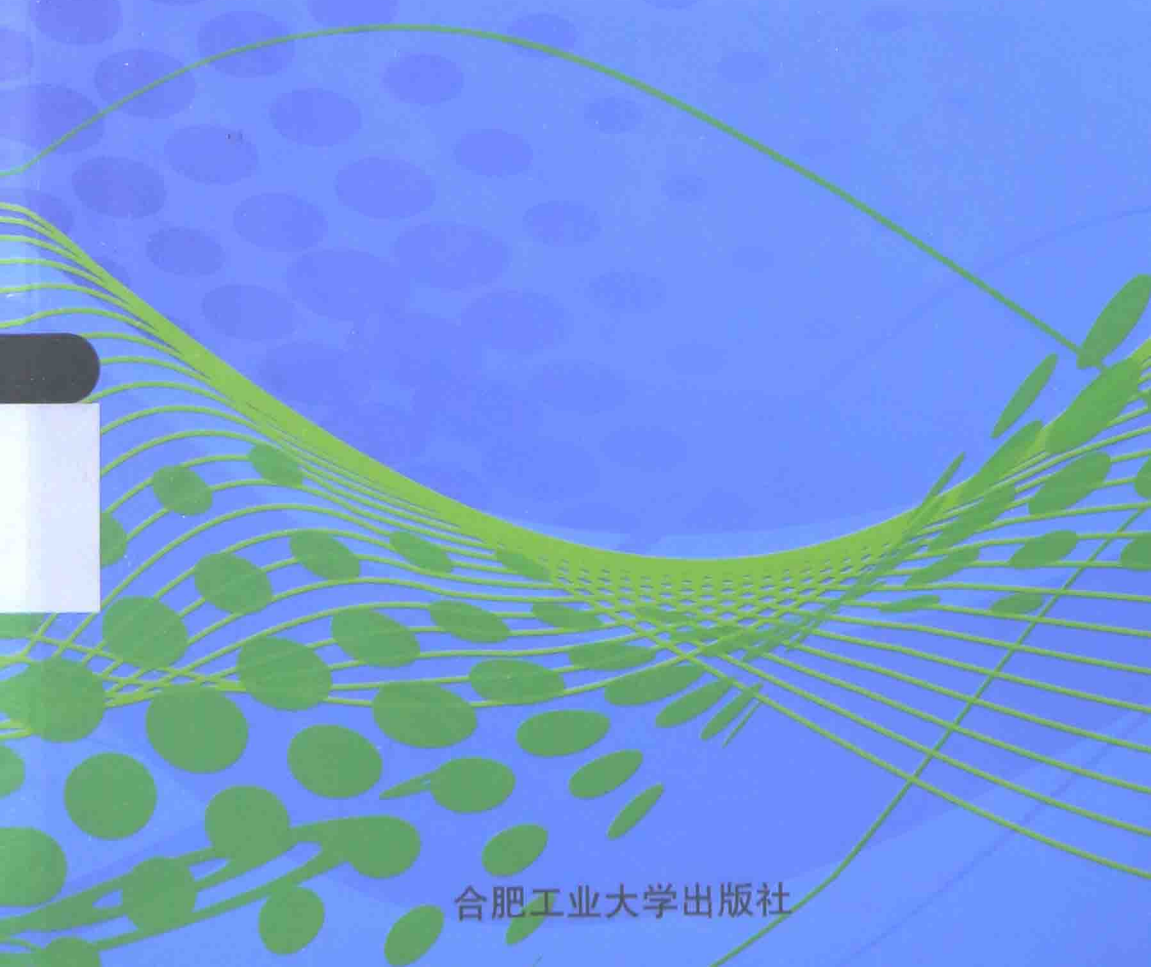


“十二五”环境科学与工程系列规划教材

环境生物学

主 编 孙慧群

副主编 张 群 陈丽梅



合肥工业大学出版社



“十二五”环境科学与工程系列规划教

环境生物学

主 编 孙慧群

副主编 张 群 陈丽梅

合肥工业大学出版社

责任编辑 张择瑞
封面设计 汪晒秋

图书在版编目(CIP)数据

环境生物学/孙慧群主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2014. 12
ISBN 978-7-5650-2058-2

I. ①环… II. ①孙… III. ①环境物化学—生物化学 IV. ①X17

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 252589 号

环境生物学

主 编 孙慧群		副主编 张 群 陈丽梅	
出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2014 年 12 月第 1 版
地 址	合肥市屯溪路 193 号	印 次	2015 年 4 月第 1 次印刷
邮 编	230009	开 本	710 毫米×1010 毫米 1/16
电 话	综合图书编辑部:0551-62903204	印 张	26.5
	市 场 营 销 部:0551-62903198	字 数	505 千字
网 址	www.hfutpress.com.cn	印 刷	合肥现代印务有限公司
E-mail	hfutpress@163.com	发 行	全国新华书店
主编信箱 sunhqliuzh@163.com		责编信箱/热线 zrsrg2020@163.com 13965102038	

ISBN 978-7-5650-2058-2 定价:48.00 元(含教学光盘 1 张)

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换。

编写人员

主 编 孙慧群 (安庆师范学院)
副主编 张 群 (安庆师范学院)
陈丽梅 (昆明理工大学)
编 委 (按姓氏笔画排序)
叶文玲 (安徽农业大学)
孙慧群 (安庆师范学院)
张 群 (安庆师范学院)
陈丽梅 (昆明理工大学)
贾如生 (皖西学院)
董丽丽 (黄山学院)

前 言

随着环境污染和生态破坏问题的日益加重,人们已经把治理污染和保护自然提上日程,环境保护越来越受到人们的关注。虽然当前与前几十年相比,在治理和防御两方面都做得很好,但积压的老问题没有得到解决,新问题仍然不断出现,而且,随着人们对环境质量的要求越来越高,传统的治理技术已难以满足越来越严格的环境标准。

“环境生物学”在环境科学中地位很重,它在环境毒理方面的研究为生态系统的安全发展和人类的健康起到预警和参照作用,它的基础实验研究结果可作为各类环境和卫生质量评定的依据,并为环境监测和环境质量的评价提供科学、先进、经济可行的手段。微生物和植物在净化污染和生物修复上独特的特点和强大的优势注定了环境生物技术成为污染治理和生态恢复领域的主力军。这门学科作为一门新兴交叉学科,将生物科学和环境领域相关科学密切联系起来,提供了经济、高效、能彻底解决复杂环境问题的新技术,成为当今环境科学中发展的主导方向之一。

本书结合编者多年的教学和科研经验,并参考国内外相关书籍及该领域的研究成果和研究进展编写而成。本书在编排上分三大部分:首先从基础理论开始,介绍生物与人为逆境的相互关系;然后介绍了本学科的实验研究方法;最后是这门学科的应用研究,介绍了环境生物技术在解决环境问题中的应用,涉及环境监测、生态风险评价、传统的生物处理方法和新技术方法在污染治理和生态恢复中的使用。本书编写中,我们力求内容全面,循序渐进,深入浅出,概念准确,语言通俗易懂,尽量反映环境生物学的最新成果和发展方向。

本书由孙慧群担任主编,张群和陈丽梅担任副主编,章节人员分工是:孙慧

群负责第一章、第三章、第四章、第七章,董丽丽负责第二章,陈丽梅负责第五章,贾如升负责第六章,张群负责第八章,叶文玲负责第九章。本书可供相关专业的高年级本科生和研究生作为教材或教学参考书,也可供相关专业的教师和研究人員参考。由于编者水平有限,书中不足之处在所难免。欢迎各位读者提出宝贵意见,我们将不胜感激。

《环境生物学》教材编写组

2015年3月10日

目 录

第一部分 基础篇

第一章 绪论	(003)
第一节 环境生物学的研究对象	(003)
第二节 环境生物学的研究目的、内容和方法	(007)
第三节 环境生物学的产生和发展	(014)
第四节 环境生物学的学科特点和地位	(021)
小结	(023)
习题	(024)
拓展阅读	(024)
第二章 化学逆境因子在生物系统的行为	(025)
第一节 化学逆境因子在生物体内的转运	(025)
第二节 化学逆境因子在生物体内的转化	(041)
第三节 化学逆境因子的代谢动力学	(053)
第四节 化学逆境因子的生物浓缩、放大和积累	(058)
第五节 影响化学逆境因子在生物系统中行为的因素	(067)
小结	(073)
习题	(074)
拓展阅读	(074)

第三章 化学逆境因子的毒性作用和生物学效应 (075)

第一节 毒性作用的类型 (076)

第二节 化学逆境因子毒性作用的机制 (079)

第三节 影响毒性作用的因素 (093)

第四节 化学逆境因子的生物学效应 (106)

第五节 非化学性人为逆境因子的生物学效应 (118)

小结 (121)

习题 (122)

拓展阅读 (122)

第四章 生物对人为逆境的响应 (123)

第一节 生物对人为逆境的抗性 (123)

第二节 生物在人为逆境中的适应 (139)

第三节 生物抗性在环境保护中的意义 (145)

小结 (152)

习题 (153)

拓展阅读 (153)

第二部分 实验研究篇

第五章 环境毒理学实验的原理和方法 (157)

第一节 相关概念 (157)

第二节 生物测试方法分类 (166)

第三节 生物测试的程序 (168)

第四节 一般毒性实验方法 (177)

第五节 生理生化和遗传水平测试方法 (191)

第六节 微宇宙法	(216)
小结	(222)
习题	(222)
拓展阅读	(222)

第三部分 实践应用篇

第六章 人为逆境的生物监测和生物学评价	(225)
---------------------------	-------

第一节 生物学监测与评价的概念	(226)
第二节 生物学监测和评价的方法与技术	(233)
第三节 化学逆境因子的生态风险评价	(257)
小结	(268)
习题	(269)
拓展阅读	(269)

第七章 生物净化和治理的传统方法	(270)
------------------------	-------

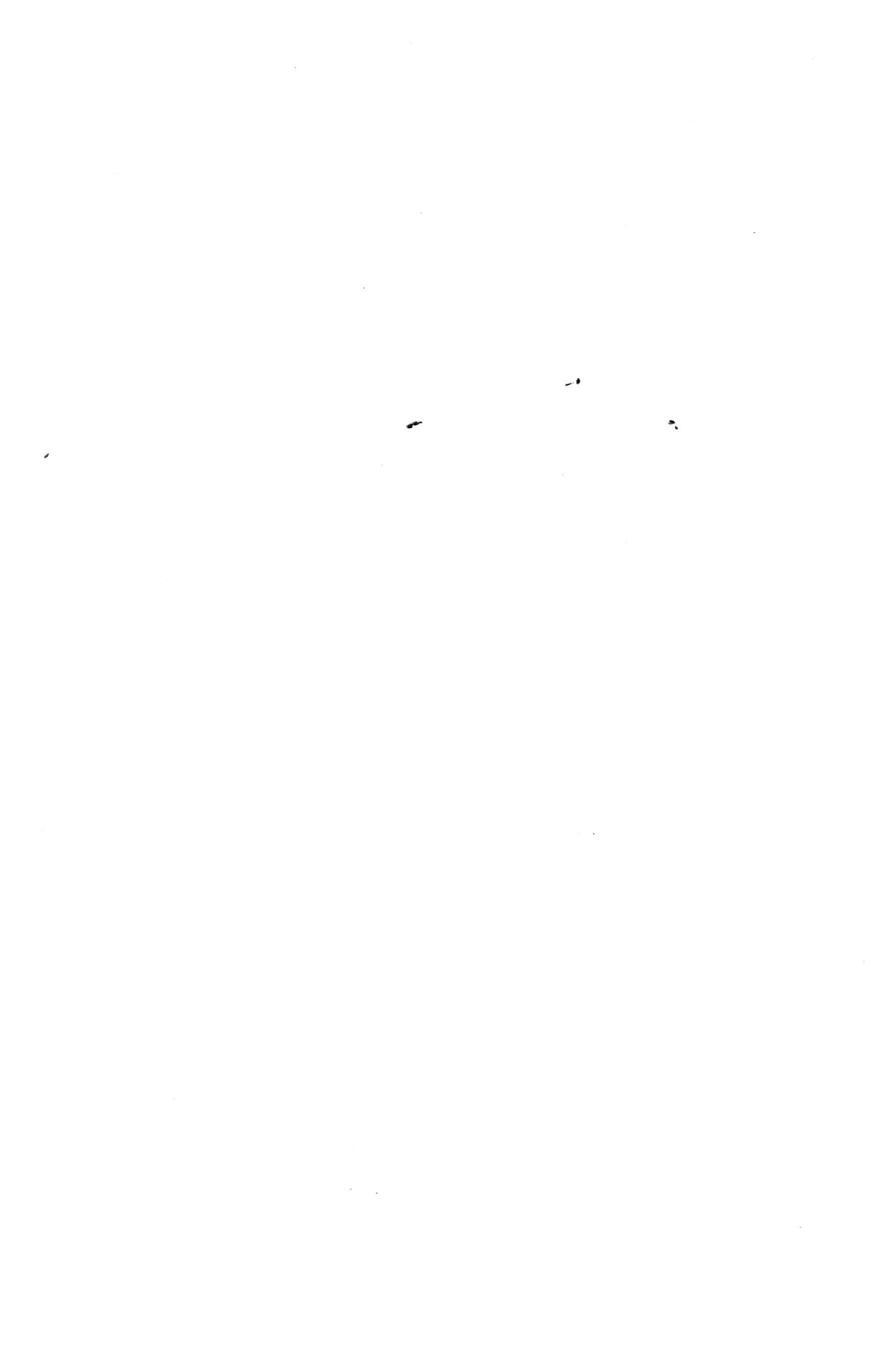
第一节 环境生物技术概论	(270)
第二节 环境污染的生物净化和治理概述	(274)
第三节 微生物处理的传统方法	(298)
小结	(323)
习题	(324)
拓展阅读	(324)

第八章 生物净化和治理的新技术	(325)
-----------------------	-------

第一节 基因工程与环境污染生物处理	(325)
第二节 细胞工程与环境污染生物处理	(344)
第三节 酶工程与环境污染生物处理	(354)
第四节 发酵工程与环境污染生物处理	(367)

小结	(375)
习题	(375)
拓展阅读	(375)
第九章 生物修复技术和生物预防技术	(376)
第一节 生物修复的概念	(376)
第二节 生物修复的工作程序	(381)
第三节 生物修复的机制	(386)
第四节 生物修复工程技术的应用	(395)
第五节 生物多样性保护中的生物预防技术	(402)
小结	(407)
习题	(407)
拓展阅读	(408)
参考文献	(409)

第一部分 基础篇



第一章 绪 论

【本章要点】

绪论部分作为本书的开篇,介绍了环境生物学的定义和研究对象、研究内容和方法,阐述了环境生物学的发展历史、研究现状和未来的发展趋势,并介绍了环境生物学在环境科学中的分支学科、学科特点和地位。

环境问题自古就有,早期的农业生产中,刀耕火种,砍伐森林,造成了地区性的环境破坏。产业革命以后,社会生产力的迅速发展和机器的广泛使用,为人类创造了大量财富,但工业生产排出的废弃物却造成了环境污染。第二次世界大战以后,社会生产力突飞猛进,许多工业发达国家普遍出现现代工业发展带来的范围更大、情况更严重的环境污染问题。环境生物学(environmental biology)就是在人类面临越来越严峻的当代环境问题、人类及生物生存受到严重威胁的历史背景下开始诞生,并针对环境污染和环境破坏对生态系统的影响以及受人类破坏环境的恢复进行系统研究的科学。环境生物学已成为环境科学的一个重要分支学科,并逐渐从生物学中分化出来,成为一门独立的学科。

第一节 环境生物学的研究对象

一、环境和逆境

(一)环境的定义

环境(environment)是相对于某一事物来说的,是指围绕着该事物(通常称其为主体)并对该事物会产生某些影响的所有外界事物(通常称其为客体)的总称,即相对并相关于某中心事物的周围事物。“环境”一词在不同学科领域有不同的含义。

环境学中的“环境”是指人类生存和繁衍所必需的、相适应的物质条件的综合体,其中心事物是人类环境可以作各种不同的划分,按照环境要素可分为大气环

境、水环境、土壤环境、生物环境等;按照人类活动范围可分为车间、厂矿、村落、城市、区域、全球、宇宙等环境;按照其特征和功能,可分为自然环境和人工环境。自然环境是人类赖以生存的必要条件,是非人类创造的物质所构成的地理空间,包括大气、水、光热、森林、矿藏等,是人类周围各自然因素的总和。但现在的地球表层大部分受过人类的干预,原生的自然环境已经不多。人工环境是指人类在自然环境基础上通过长期的有意识的社会劳动,加工和改造的自然物质、创造的物质生产关系和积累的物质文化等所形成的物质体系。《中华人民共和国环境保护法》对“环境”的定义是:影响人类生存和发展的各种天然的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、风景名胜区、城市和乡村等。

环境生物学和生态学中的“环境”内涵相同,外延不同,内涵是指以生物为主体的所有外界因素的集合,包括能够决定和影响生物生长、发育、迁移、繁殖等各种行为活动的生态因子的总和。生态因子分生物性因子(植物、微生物、动物)和非生物性因子(水、大气、土壤等),在综合条件下表现出各自作用。生态学中“环境”的外延表现为自然而成的没有受到人类干预的环境,包括非人类干预的自然逆境,例如亚马逊原始森林、北极冻土荒原、火山爆发造成的生态破坏等环境,研究自然逆境对生态系统的影响是生态学的任务;环境生物学中“环境”的外延表现为受人类胁迫的环境(人为逆境),研究人为逆境对生态系统的影响是环境生物学的任务。

(二)人为逆境

1. 逆境定义

自然界中的生物并不总是生活在正常适宜的环境中,由于不同的地理位置和气候条件,尤其是工业革命以来人类活动造成的多种不良影响,环境变化超出了生物正常生存所能忍受的范围,导致生物受到伤害甚至死亡,我们把这种对生物生长和发育不利的各种环境因素的总和叫作逆境(adversity),又叫环境胁迫(environmental stress)。《环境科学大辞典》定义逆境为:能使生物生长发育和繁殖降到基因型潜能以下的环境,在人为或自然干扰下偏离了自然状态,环境要素成分不完整或比例失调,物质循环难以进行,能量流动不畅,系统功能显著降低。在自然条件下,土壤贫瘠、地震、火山喷发、冰川运动、酷暑、严寒、盐渍化、干旱、水涝、病虫害暴发等引起的自然环境的异常变化均为逆境,有些是不以人的意志为转移的,有些是始料不及的,属于不是人为制造的人类能力无法克服的逆境,这些逆境类型叫自然逆境(natural adversity)或自然胁迫(natural stress)。人类活动同样可以使生物生长发育和繁殖降到其基因型潜能以下,产生不利于生物生存的环境状态,例如化学污染、物理污染、外来物种引入、资源过度开发等人类活动产生的不利于生物生存的环境状态,称之为人为逆境(artificial adversity)或人为胁迫

(artificial stress)(图 1-1)。

人为逆境有两种,一是人类活动大量排放污染物造成的环境污染,二是人类不合理利用自然资源造成的生态系统破坏。

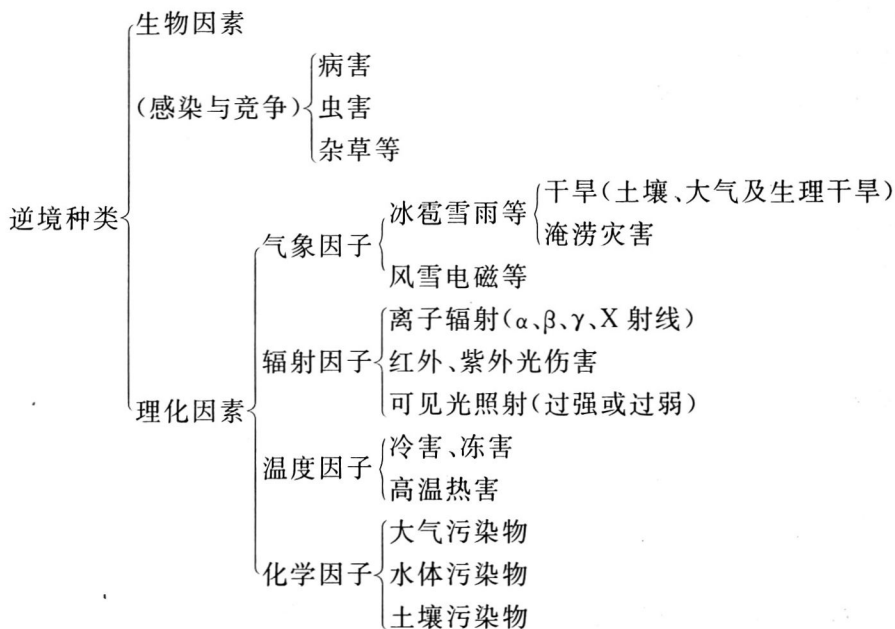


图 1-1 逆境的类型

与胁迫含义相似的另一个名词叫干扰(disturbance)。Fredvan Dyke 编著的《Conservation Biology》中对干扰的定义是:改变生态系统、群落、种群结构或改变资源和物质可利用性的事件,以及物理环境的任何中断性事件。与胁迫类似,干扰也有对生物产生影响的含义,但是,干扰所强调的是对生态系统、群落和种群各级组构水平的影响,而且并未明确对生物的影响达到何种程度,是一种大的范畴下泛指的一类行为。而胁迫所指的影响是对所有生物组构水平而言,而且明确最终使生物生存(生长、发育、繁殖)达到基因型潜能以下的水平或程度。这里的生物组构水平是指各级生物学水平,即生物分子→细胞器→细胞→组织→器官→系统→个体→种群→群落,这些水平综合到一起统称为生物系统。因此,在某种意义上可以说,干扰对生物产生影响,但并不一定对其生理功能或生存产生有害的影响。而胁迫肯定影响到生物的生理功能或生存,不管这种影响发生在哪级组构水平。

2. 人为逆境因子

逆境因子(adversity factors)又叫胁迫因子(stress factors),是指对生物系统具有有害影响的所有环境因子。在生态学中,干旱、冻害、盐害、冷害、病原体、高温、水涝等都是危害生态系统的自然逆境因子(natural adversity factors, NAFs)。

人为逆境因子(artificial adversity factors, AAFs)是指由于人类活动而产生的对生态系统和人类有危害性的物理、化学或生物性因素,其强度和性质取决于人类活动。随着新的生产领域和新的生活方式不断出现,新的 AAFs 正不断出现,例如抗生素、溴代阻燃剂、全氟烷基化合物等。根据 AAFs 的性质,可以将它们分为三大类:化学逆境因子(chemical adversity factors, CAFs, 即化学性污染物 chemical pollution)、物理逆境因子(physical adversity factors, PAFs, 即物理性污染物 physical pollution)和生物逆境因子(biological adversity factors, BAFs, 即生物性污染物 biological pollution)。CAFs 包括无机化学污染物(inorganic chemical pollutants, ICPs)和有机化学污染物(organic chemical pollutants, OCPs);PAFs 包括电离辐射、非电离辐射、噪声、光污染、热污染等;BAFs 主要指人为传播的病原体和人为引入的外来物种,近年来出现的转基因生物构成一类潜在的生物性污染物,被定位为非地球环境的外来物种。

在毒理学研究中,有一个概念包含 CAFs, 即外源性化合物(exogenous compound)。外源性化合物是指在人类生活的外界环境中存在、可能与机体接触并进入机体、没有内在的生物学功能的化学物质,或机体代谢产生的无用或有害的产物,这些物质在体内呈现一定的生物学作用。外源性化合物种类繁多,比较重要的有:①农用化学物。例如农药、化肥等。②工业化学品。例如各种化学原料和产品。③食品添加剂。例如糖精、食用色素、化学防腐剂等。④日用化学品。例如化妆品、洗涤剂。⑤CAFs。⑥无用或有害的代谢产物及环境中的类似物。由外源性化合物的定义和分类可知,CAFs 属于外源性化合物,在毒理学研究中,一般将 CAFs 叫作毒物,在污染治理中,将 CAFs 叫作化学污染物。相对于外源性化合物,内源性化合物(endogenous compound)是指机体内天然存在的或代谢产生的、具有生理功能和生物学活性的物质,它们可以是小分子化学物质,也可以是糖类、蛋白质等大分子。

二、环境生物学的研究对象

环境生物学是环境科学的一个重要分支学科,同时也是一门具有交叉性、边缘性以及综合性的年轻学科,这使得这门学科涉及的研究领域非常广泛,易造成人们认识上的混淆。本书认为环境生物学的准确定义是:环境生物学是研究人为逆境与生物系统之间相互作用规律及机理,并应用这些规律及机理解决环境问题的一门基础性学科。这一定义将环境生物学的研究内容合理地限定在一定范畴之内,从而避免与生物学、生态学、环境学、环境医学、环境卫生学等学科的研究内容和任务发生混淆和碰撞。

各种逆境因子对生物系统都有可能产生不利或者有害的影响或效应,例如大

气中的 SO_2 对动植物生长发育的抑制、电离射线对细胞中 DNA 分子的损伤、过度砍伐使森林衰退等,生物系统同时对逆境因子的行为(或归宿)产生响应,例如有机磷农药在生物体内的代谢降解、电离辐射通过有机体时被吸收而衰减。人为逆境下的生物系统正是环境生物学研究的主要对象。

第二节 环境生物学的研究目的、内容和方法

一、研究目的

环境生物学的研究很广很深,从研究的最终目标看,是为人类合理利用自然和自然资源、保护和改善人类的生存环境提供理论基础,从而指导人类有效地促进环境与生物的相互关系,使之朝有利于人类生存和社会可持续发展的良性发展。一句话,环境生物学的根本任务和最终目的是用生物学原理和生物学方法解决环境污染和生态破坏问题,这是世界环境问题解决的最最终去向。所以,无论研究怎样开展,环境生物学都以解决以下三个主要问题为目的:

(1) 阐明 AAFs 对生物系统的影响以及生物系统作出的响应,这方面的研究能为制定卫生标准、环境质量标准以及预防环境污染物对人体健康的损害提供毒理学依据。如同医生给病人治病的道理一样,要解决环境问题,首先要搞清环境中有哪些 AAFs,这些因子对生物系统造成了什么样的影响,或者说产生了什么样的毒性作用,其作用机理是什么,而生物系统对此产生什么样的反应。只有清楚地了解这些,才能采取相应的方法和对策“对症下药”。

环境生物学中将 AAFs 对生物系统毒性作用产生的影响称为生物学效应(biological effect,或生态学效应 ecological effect),生物学效应是环境生物学研究的基本问题。对生物学效应的研究开始是从一般视角可见的层次开始,认识人为逆境下生物系统的形态结构、生理功能和新陈代谢发生的变化,在进一步分析这些变化的原因时,先从组织器官水平上进行分析,进而依次深入到细胞、分子(基因)水平上;相应地,在生物个体发生变化后,也要认识这种变化对生物群体产生怎样的后果,所以对生物学效应的研究又扩展到种群、群落、生态系统等高层次水平。生物系统会对人为逆境做出相应的响应,这种响应包括抗性和适应,抗性的结果体现在两个方面,一是生物难以适应或基本不适应所处的人为逆境,从而在该环境中逐渐消亡;二是可以适应或基本能适应,生物在人为逆境中通过个体和群体水平的积极调整,通过进化改变其生理形态和生活方式,最终能够在逆境中生存和发展。

(2) 将生物学测试结果应用于环境监测和质量评价中。生物受害和适应的程