

环境污染生物监测 与评价

张志杰 张维平 编著

一九九一年四月廿五日

181
44

中国环境科学出版社

环境污染生物监测与评价

张志杰 张维平 编著

中国环境科学出版社

1991

内 容 简 介

本书从环境与生物学基本知识入手, 比较全面系统地阐明了环境生物监测的基本概念、理论、原理和方法; 介绍了环境污染的生物学评价原则, 标准与方法。全书共分七章, 主要内容包括环境生物监测的基本知识, 水污染的生态与毒理学监测与试验方法, 大气污染的生物监测, 土壤污染的生物监测和环境污染的生物学评价方法, 并介绍了有关方法供作参考。该书注重实用性, 广泛性和科学性, 层次清晰, 文字简练, 通俗易懂。

本书可供从事环境科研、监测、评价和管理的科技工作者以及厂矿企业环保工作者阅读与参考, 也可供有关高等院校和农林院校的师生参考。

环境污染生物监测与评价

张志杰 张维平 编著

责任编辑 夏伟松

中国环境科学出版社出版

北京崇文区北岗子街8号

三河县艺苑印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

1991年3月第 一 版 开本 850×1168 1/32

1991年3月第一次印刷 印张 6 5/8

印数 1—3 000 字数 180千字

ISBN 7-80010-813-9/X·446

定价: 4.50元

前 言

环境污染生物监测是随着环境生物学的发展而产生的一门新兴学科，具有涉及面广、量大、专业性强的特点。国外从20世纪初就开展了生物监测工作，70年代后期美国正式出版了这方面的研究论文集，1983年美国 Douglas L. wort 编著了《环境影响的生物监测》一书，比较全面地介绍了水污染的生物监测，陆地植物和土壤的生物监测，但内容比较简单。我国自70年代起也相继开展了生物监测的科研和应用工作，在利用生物监测大气环境污染、水环境污染等方面都作出了很大的成绩。生物监测正以其测定方法简单、使用方便、成本低、有利于开展群众性报警活动等优点受到了越来越多的人们的重视。但总的来说，人们对生物监测技术还缺乏了解，对这一领域的基本知识还掌握不够。鉴于此种情况，我们编写了本书，以供热心于环境生物监测与评价的同志们应用和参考。

本书是在收集国内外有关环境污染生物监测资料的基础上，根据作者多年工作实践，经过分析筛选编写成的。初稿完成后，北京师范大学环科所所长王华东教授对书稿进行了审定，在此表示感谢。全书注重实用性、基础性和简洁性。但由于环境生物监测是一门新兴学科，涉及面广，在内容处理，编排体系方面难免有不妥之处，恳请指正。

作 者

1989.2

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 生物监测概述.....	(1)
第二节 环境的特性.....	(4)
第三节 生物监测的生物学基础.....	(9)
第二章 水污染的生物监测与评价	(18)
第一节 水生生物样品的采集和处理.....	(18)
第二节 水污染的生物群落监测.....	(22)
第三节 水污染的细菌学监测.....	(28)
第四节 静态水体初级生产力的测定.....	(41)
第五节 活性污泥生物监测.....	(45)
第六节 水污染的生物监测自动报警系统.....	(58)
第三章 水污染的毒理学监测	(64)
第一节 鱼类急性毒性试验.....	(64)
第二节 鱼类回避试验.....	(70)
第三节 鱼类生理生化指标监测.....	(73)
第四节 藻类毒性试验.....	(78)
第四章 大气污染的生物监测与评价	(82)
第一节 植物对大气污染的指示作用.....	(82)
第二节 利用植物监测大气污染的方法.....	(91)
第三节 植物样品残毒量的测定方法.....	(97)
第四节 空气细菌污染与监测.....	(111)
第五节 大气环境质量生物学评价方法.....	(116)
第五章 土壤污染的生物监测与评价	(124)
第一节 概 论.....	(124)
第二节 土壤污染的化学监测.....	(129)

第三节	土壤环境的生物监测	(133)
第四节	土壤异养菌的分离方法	(139)
第五节	土壤环境质量评价	(142)
第六章	环境污染的植物遥感监测	(148)
第一节	基本概念及原理	(149)
第二节	遥感技术系统简介	(152)
第三节	植物遥感监测环境污染的应用	(155)
第七章	其它测定方法	(166)
第一节	水中溶解氧 (DO) 的测定	(166)
第二节	水中化学需氧量 (COD) 的测定	(168)
第三节	生化需氧量 (BOD) 的测定	(170)
第四节	微量定积检压测定技术	(174)
第五节	核糖核酸含量测定	(179)
第六节	DNA 的测定	(182)
第七节	Ames 氏致突变性试验	(183)
第八节	微生物传感器	(188)
附 录		(191)
一、	大气环境质量标准	(191)
二、	居住区大气中有害物质的最高允许浓度	(192)
三、	国内外部分饮水与地表水评价标准	(194)
四、	我国污水综合排放标准	(196)
五、	农田灌溉用水水质标准	(199)
六、	大肠菌群检索表	(199)
七、	其它	(201)

第一章 绪 论

第一节 生物监测概述

一、生物监测的概念

生物监测，是利用生物个体、种群或群落对环境污染或变化所产生的反应阐明环境污染状况，从生物学角度为环境质量的监测和评价提供依据。

生物监测包括水、土壤和大气污染三大部分，生物监测就是定期而系统地利用生物对环境的反应信息来确定包括水、气和土壤环境在内的环境质量，它意味着对一个或多个环境参数进行定期或连续评价，从而探明环境的污染情况。作为生物监测，至少应具备两个重要条件：(1) 对比性，有已建立的标准可供对照；(2) 重复性，在一定观测点上每隔一定时间采样分析。否则也就没有什么实际意义了。

生态系统是生物监测的理论基础，它具有维持一定地区的系统结构和功能的固有特性。环境污染必然影响生态系统固有结构和功能的变化，生物监测可以反映这种环境污染的生态效应，为环境控制与管理提供生物能动的反应信息。由于生态系统的复杂性，因而对生物监测参数的选择方面带来了困难，因为：(1) 污染的发生总是综合性的，各种污染物对生态系统各组分并非产生同样的影响。同样多系统成分亦并非对同一污染物产生同等的反应；(2) 生物在不同生活史阶段的反应不同；(3) 系统受污染后的效应往往在初期不易测出；(4) 生态系尚无法确定一个最基本的标准。基于上述原因，尽管生态学家依据各自条件和所熟悉的领域来选择某些参数，独立地发展生物监测技术，但得出一个或

若干个统一的标准条件尚不够成熟，然而这种处于开创时期的生物监测技术将会获得迅速发展，并越来越受到人们的重视和应用。

二、生物监测的基本概况

环境生物监测是随着环境生物学的发展而产生的一门新兴学科。和其它学科一样，同样经历了一个比较漫长的发展过程。生物监测工作从20世纪初就在一些国家开展起来，1909年Kolwitz和Marson提出了污水生物系统，为运用指示生物评价水体污染和水体自净状况奠定了基础，而且至今仍在欧洲大陆各国和其他国家应用。随后又经Liebmann (1951年)、津田松苗 (1964年)等人的广泛研究和发展。70年代以来，以水体污染和水生生物之间的关系为重点，广泛深入地开展调查研究，使水污染的环境生物监测成为一个活跃的研究领域。1977年美国材料试验学会 (ASTM) 就利用各类水生生物进行监测和生物测试技术方面的研究，专门出版了《水和废水质量的生物监测会议论文集》，概括了这方面的研究成果和进展。国外还进行了熏气室试验、自动生物监测以及大气污染生物监测方面做了许多研究，特别是对植物与大气污染的研究，筛选出一批敏感的指示植物和抗性强的耐污染植物，对利用植物监测大气污染具有重要的理论与实践意义。

我国自70年代起，环境污染的评价研究工作也是十分活跃的。在环境污染调查中，开展了生物监测工作，并取得了不少研究成果。但这些研究多偏重于运用藻类、原生动物、底栖无脊椎动物等指示生物对水体污染状况指示的研究；有的结合水体污染的理化数据，综合了指示生物和群落结构等研究方法，探讨了污染物对水生生物的影响及其在水体自净中的净化与指示作用；也有的通过生理生化指标测定，残毒量分析和生物数学模式等手段监测和评价水体污染状况。我国在大气污染与植物生态，利用植物监测大气污染方面，从70年代起进行了大量的研究工作，取得了

一定的成果。湖北省水生生物研究所 1978 年编辑出版的《环境保护生物监测与治理资料汇编》，中国科学院水生生物研究所 1984 年编辑出版的《全国水生态及环境微生物学术会议论文集》、中国科学院水生生物研究所 1981 年编辑出版的《环境污染与生态论文集》和余叔文等 1981 年编写的《大气污染伤害植物症状图谱》等，都集中地反映了我国有关环境污染生态与生物监测方面的研究成果，为我国开展环境生物监测奠定了基础。

三、生物监测的任务

生物监测是环境监测技术的重要内容，并可与化学监测互补，以获得环境质量监测与评价的正确结果。

环境监测不是目的，只是为分析资料提供数据。例如在环境政策和管理的决策、环境污染程度与污染物的鉴定和确定，政府政策、计划和行动的实施结果，环境质量改善的程度等方面，都必须应用充足的监测数据和资料。

生物监测的基本任务是：

(1) 对环境中各种生物指标进行定期的或临时的监测，了解污染物对生物的危害和影响，从而判定环境污染的类型和程度。

(2) 通过对自然环境和污染环境长期积累的监测资料和趋势分析，为政府制订法规、环境质量标准、环境质量控制对策和环境管理提供可靠依据。

(3) 积极开展生物监测技术研究，促进生物监测技术的迅速发展。

在我国，目前常用的生物监测手段有以下几方面：

1. 大气污染的生物监测手段 主要有：①利用指示植物监测大气污染；②测定植物污染物的含量，估测大气污染状况；③观测植物的生理生化反应，对大气污染的长期效应做出判断；④观测植物的生长状况、年轮变化，以估测大气污染现状与历史。

2. 水污染的生物监测手段 主要是：①利用指示生物进行

环境监测；②利用水生生物群落结构变化监测水污染；③水污染的生物测试，通过生物生理机能变化来测试水质污染状况。

3. 对土壤污染也进行了一定的生物监测，但这方面资料较少。

第二节 环境的特性

一、环境

一般认为环境是指围绕人类空间、以及可以直接、间接影响人类生活和发展的各种自然因素的总体，近年人们越来越多的认为还应包括有关的社会环境。

环境要素包括自然环境要素和社会环境要素，但一般指自然环境要素，它通常包括水、大气、生物、阳光、岩石和土壤等要素。环境要素具有一些十分重要的特点。它们不仅制约着各种环境要素间互相联系、互相制约的基本关系，而且是认识环境，评价环境和改造环境的基本依据。

自然环境可分为大气、陆地和海洋三大部分。聚集在地球周围的大气层可分为对流层、平流层、中间层和热层等，其中对流层与人类的关系极为密切、地球上的天气变化多发生在对流层。陆地是地球表面未被海水浸没的部分，其中面积广大的称为大陆，全球共分六块大陆，按面积大小依次为欧亚大陆、非洲大陆、北美大陆、南美大陆、南极大陆和澳大利亚大陆。分散在海洋、河流、或湖泊中的陆地称为岛屿。海洋是地球上广大连续水体的总称。环境结构具有圈层性、地带性、节律性等特点。

由于人类活动或自然过程会造成环境污染和破坏，引起环境系统结构和功能的变化，这就是我们要了解环境属性的原因。

二、环境污染

人类活动引起环境质量下降，而有害于人类及其他生物正常生存和发展的现象称为环境污染。当环境中某种污染物浓度或总

量超过环境自净能力时，则会产生危害。

环境污染具有下列特征：

(1) 环境污染物的浓度一般较低，持续时间长，而且多种毒物同时存在，联合作用于人体。

(2) 环境污染物可以通过生物或理化作用发生转化，增毒、降解或富集，从而改变原有性状和浓度，产生不同的危害。

(3) 环境污染物可通过大气、水、土壤和食物等多种途径对人体长期影响，而且影响对象也很广泛。

通常按环境要素可分为大气污染、水体污染和土壤污染等类型。下边分别加以介绍。

(一) 大气污染

大气是指围绕在地球周围起着保护人类、动物和植物生存的空气层。这一空气层厚度达1000km，离地面越远，空气越稀薄，接近地面的空气密度最大，与人类和生物的关系也最为密切。

正常大气(干燥状态)的主要组成(按体积计算)为：氮气约占78%，氧气约占21%，氩、氦、氟、氖等惰性气体约占0.94%，二氧化碳约占0.03%，其它如水蒸气、尘埃、烟气、工业气体、微生物等所占的比例虽然不大，但对大气质量影响很大，当它们超过一定浓度时，就会污染大气，对人类及动物和植物产生危害。

大气中污染物或由它转化成的二次污染物的浓度达到有害程度的现象称为大气污染。大气污染多发生在对流层中，尤其是它的下层，即贴近地面1~2km范围内更是如此。

大气污染物的种类很多，约有几十种之多，按照它们的物理化学性质可分为两大类：

(1) 有害气体，它们以气体状态存在于大气中，如二氧化碳、一氧化碳、氟化氢、氮氧化物等；

(2) 灰尘烟雾类，它们都以固体或液体微粒散浮在空气中，如烟灰、烟尘、光化学烟雾等。

虽然如此，但在城市大气污染中数量最多、危险最大的主要是烟尘、二氧化碳、一氧化碳、氮氧化物、碳氢化合物以及由后两种经光化学反应而产生的光化学氧化剂等六种。这些大气污染物主要来自火力发电厂、民用炉灶、工业锅炉和工业炉窑的燃料燃烧以及工业生产过程中的汽车尾气排放等方面。

(二) 水体污染

当人类活动排放的污染物进入水体，使其理化性质或生物群落组成发生变化，从而降低了水的使用价值，这种现象称为水体污染。

水体污染类型主要有以下几种：

1. 需氧物质污染 主要包括生活污水，食品加工和造纸等工业废水，常含有碳水化合物、蛋白质、油脂、木质素等有机物质。这类物质可造成水中溶液氧减少，影响鱼类及其它水生生物的生长。

2. 植物营养物质污染 这是指生活或某些工业废水中的磷和氮等植物营养物质，它们可引起水体富营养化，致使水质恶化。

3. 有毒化学物质污染 主要是重金属和难降解的有机污染物，这些污染物对人体危害很大。

4. 石油类污染 多发生在海洋中，危害是多方面的，既影响水生生物生长，也使水产品质量劣化。

5. 盐污染 指各种酸、碱、盐等无机化合物，影响各种用水水质。

6. 热污染 这是工矿企业向水体排放高温废水造成的，可以降低溶解氧，影响鱼类生存和繁殖。

7. 病原体污染 有些废水中常会有多种病原体，水体受到这种废水污染后，会传播疾病。

(三) 土壤污染

这是由于人类活动产生的污染物进入土壤并积累到一定程

度，引起土壤质量恶化的污染现象。

土壤污染物主要来自工业和城市的废水及固体废物、农药化肥、生物残体及大气沉降物等。由此可见土壤污染源是十分复杂的，因此土壤污染物的种类也极其繁多，既有无机污染物，也有有机污染物。所以一旦污染物进入土壤后，一般很难去除，重金属污染更是如此。表 1-1 列出各类工业污染源及其主要污染物。

表 1-1 各类工业污染源及其主要污染物

工业部门		主 要 污 染 物		
		废 气	废 水	废 渣
钢铁工业	黑色金属	烟尘、一氧化碳、硫化氢、二氧化硫、氮氧化物、三氧化二铁、氟化物、焦油气等	酚、氰化物、硫化物、酸等	高炉渣、废渣
	有色金属	粉尘、二氧化硫、铅尘、氟尘、氟化氢、甲烷等	汞、铬、镉、砷、铅、铜、锌及硫酸盐等	矿渣、赤泥、主要含硅化物、铁及铝的氧化物
化学工业	酸碱生产	二氧化硫、氮氧化物、氟气及氟化氢等	酸、碱	硫化矿渣、盐泥及氟化钙等
	化肥生产	氨、一氧化碳及氟(磷肥)等	氨、碳酸氢铵、尿素、碳酸盐及微量酚氨	煤渣(以煤或焦炭为原料时)
	农药	氟化氢、氟甲烷、氟乙烷等	废酸液、三氟乙醛等	
	基本有机原料合成	各种直链烃、环烃及芳香烃、烃取代物	醇、醛、酮、酸、酯及烃取代物	
	塑料合成	原料气(烃)	盐类(氯化钠、氟酸钠)、酚、尿素、甲醛	
	化纤合成		盐、醋	

续表

工业部门		主 要 污 染 物		
		废 气	废 水	废 渣
化学工业	合成橡胶	原料气、炭黑等	悬浮物(主要是硫酸盐和氯化物等)	
	医药合成		硝基化合物、酸等	
石油工业	炼 油	氧化碳、硫化氢、二氧化硫等	油、酚、硫化物	酸渣、碱渣
电力工业	火力发电	二氧化硫、氮氧化物、粉尘	冲灰水, 主要含氧化钙、氧化镁、汞、铬、砷、铅、镉、酚、氧化铝等	粉煤灰
轻工业	食品加工		油、脂、淀粉、有机酸等	
	制 革		铬、硫化物、油脂等	
	酒精制造		糖类、醇、醛、酯等	酒糟等
	造 纸		酚、氰化物、硫化物、悬浮物等	
	制 糖		糖类物质、悬浮物	蔗渣等
纺织工业	纺织及印染		悬浮物及各种染料(直接染料、硫化染料、还原染料、活性染料、分散染料等) 碱及各种助剂和溶剂等	

工业部门		主要污 染 物		
		废 气	废 水	废 渣
机械制造	机械加工、汽车制造、电镀等	粉尘、漆雾等	机油、润滑油、氧化物及重金属(铬等)	
建材工业	水泥、石棉生产	粉尘、水泥、石棉灰等		

第三节 生物监测的生物学基础

生物监测的理论基础是生态系统理论。运用生物学知识和手段对环境质量做出监测和评价。因此, 对一个从事生物监测工作者来说, 应具备一定的生物学知识, 了解生态系统的基本原理。

一、众多的生物界

过去人们常把地球上的生物界分为植物和动物。植物是自养生活方式, 不能运动或被动运动, 细胞有细胞壁; 动物则相反, 它们能运动, 异养生活方式, 细胞无细胞壁。除这种简单划分外, 还有许多例外, 例如某些单细胞光合生物, 就是可以运动的, 所以行为很象动物。但大多数生物学家认为可将具有细胞结构的生物界划分为四大类, 这就是所谓的原核生物界、原生生物、后生植物界和后生动物界(详见表 1-2)。

据统计, 现在生活在地球上的微生物约有 10 万种, 植物大约 54 万种, 动物 150 万种, 昆虫 200 万种。迄今为止, 已经描述和鉴定过的生物: 微生物 37500 种, 植物 34.1 万种, 动物 135.8 万种, 昆虫约 80 万种。这样众多的生物, 由于本身的遗传基因差异、环境条件的变化, 在长期进化过程中形成了各种各样的生物种类。这些生物不但与社会发展, 人类生活有着密切的关系, 而

表 1-2 地球上的生命

门类群	普通名称	种数	环境	大小	食物来源	实例
原核生物	裂殖菌	2000	含水的和湿的陆地	单细胞到多细胞群体	各式各样的自养的异养的	肺炎球菌
	蓝绿藻	2500	含水的和湿的陆地	单细胞到多细胞群体	光合的	
	绿藻	6000	含水的和湿的陆地	单细胞到多细胞群体	光合的	原生藻 (通常在树上) 水绵, 石莼(海莴苣)
原生生物	车轴藻	250	淡水	小	光合的	
	裸藻	350	含水的	单细胞	自养的、少数是全营养的	绿眼虫
	金藻	6000	含水的	单细胞到多细胞	自养的, 全营养的	硅藻
	囊藻	1000	含水的	大部分为单细胞	自养的, 全营养的	双鞭甲藻—Cymodinium
	褐藻	1000	大多在海洋中	大部分为单细胞; 某些很大	光合的	岩草, 昆布
	红藻	3000	海洋	大多为多细胞	光合的	爱尔兰鲜
	藻状菌 子囊菌 担子菌	200000	几乎全是陆地的, 少数是水生的	小	腐生的, 共生的	蘑菇, 马勃菌, 块菌

续表

门和群	普通名称	种数	环境	大小	食物来源	实例
原生生物	粘菌	500	水生的和潮湿陆地	多细胞的或多核的群体	腐生的, 全营养的	
	原生动物	30000	水生的和潮湿陆地	大多是单细胞的	全营养的, 寄生的, 某些是腐生的	变形虫, 睡眠虫(疟病), 疟疾虫(疟疾), 草履虫
后生植物	苔藓	25000	潮湿陆地, 少数在淡水中	小	光合的	水藓(泥炭藓)
	维管植物	260000	水生的和陆地的	小到小	光合的, 少数腐生的, 寄生的	蕨类, 针叶植物, 有花植物, 树, 草
后生动物	海绵动物	5000	水生的	小	全营养的	
	腔肠动物	10000	大多在海洋中, 淡水中也有些	小(少数中到大)	全营养的	珊瑚, 水母
	扁形动物	10000	水生的, 也有些是陆生的	小到中等	全营养的, 寄生的	涡虫, 肝脏吸虫, 绦虫
	囊虫	15000	水生的和陆生的	小	寄生的	轮虫, 线虫, 旋毛虫, 钩虫
	外肛类	5000	水生的	多细胞的, 群体的	全营养的	苔藓虫
	软体动物	50000	水生的和陆生的	小到小	全营养的	螺, 蛤, 乌贼
	环节动物	15000	水生的和陆生的	小	全营养的	蚯蚓, 水蛭
	节肢动物	1000000	水生的和陆生的	小	全营养的	昆虫, 蜈蚣, 蜘蛛, 壁虱, 甲壳类
	棘皮动物	6000	海洋	小	全营养的	海星, 海胆
	脊索动物	50000	水生的和陆地的	小到小	全营养的	脊椎动物, 鱼, 爬虫, 鸟, 哺乳动物, 人