

化学污染物与生态效应

王俊 张义生 主编

中国环境科学出版社

化学污染物与生态效应

王 俊 张义生 主编

中国环境科学出版社

1 9 9 3

(京)新登字089号

W 07 64
内 容 简 介

本书以人类生态学的基本原理为基础,以化学和生态理论相结合的观点探讨了生态系统的结构与功能、生态平衡原理及其实际应用。简述了人类环境系统的发生、发展、组成和结构以及环境污染与人体的相互作用。详细阐述了非金属、重金属、有机物和放射性污染物质的来源、分布、循环、迁移转化规律、中毒机理、解毒机理及其对生态的作用和防治对策等。

本书适于广大从事环境科学研究、监测、评价、咨询和管理工作者,也可作为环境科学有关的大专院校师生的一部有实用价值的参考书。

化学污染物与生态效应

王 俊 张义生 主编

责任编辑 马秀荣

*

中国环境科学出版社出版

北京崇文区北岗子街8号

北京昌平兴华印刷厂印刷

新华书店总店北京科技发行所发行 各地新华书店经售

*

1993年1月第 一 版 开本 850×1168 1/32

1993年1月第一次印刷 印张 10

印数 1—3100 字数 268千字

ISBN 7-80093-242-7/X·657

定价 6.50元

前 言

环境污染问题是世界各国人民所极为关注的，也是我国社会主义现代化建设中急需解决的重大战略问题。随着人口激增，建设事业的发展，化学污染物的排放越来越多，环境污染日益严重。目前，有许多病属于环境病和公害病，在很大程度上是由于化学污染物造成的。因此，全面地、系统地总结国内外有关化学污染对生态作用的基本理论，并依据实践经验，提出具体防治对策，这对综合防治化学污染物的污染，保护生态环境和人群健康具有重要的意义。

本书是编者根据在校内外为不同层次（研究生、本科生、进修生）、不同专业（环境学、经济管理、人口、考古、环境科学专业）数次讲授《环境学》、《环境保护》和《人类生态学》等课程的讲稿、讲义、编写而成的。

本书在编写过程中，曾得到北京师范大学环境科学研究所所长王华东教授热情鼓励和指导，并对书稿进行了审阅，在此，表示衷心的感谢。

编写《化学污染物与生态效应》一书，既是我们的一种学习过程，也是从事环境科学教学实践和科研实践的一次总结。由于学识水平所限，书中错误和不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

1990年8月于长春

《化学污染物与生态效应》

编写名单

主 编 王 俊 张义生

副主编 杨 彬 姜建祥 阎吉昌

编著者 刘人和 纪永明 吕耀坤 赵晓明
高福和

目 录

前 言	(i)
第一章 生态系统	(1)
第一节 生态系统的特征和类型	(1)
一、生态系统的概念	(1)
二、生态系统的特征	(3)
三、生态系统的类型	(4)
第二节 生态系统的结构和功能	(5)
一、生态系统的结构	(5)
二、生态系统的功能	(10)
第三节 食物链和生态金字塔	(28)
一、食物链和食物网	(28)
二、生态金字塔	(32)
三、食物链富集	(36)
第四节 生态平衡	(38)
一、生态平衡的概念	(38)
二、影响生态平衡的因素	(41)
三、生态平衡原理的实际应用	(46)
第五节 从生态系统研究人口问题	(49)
一、人类生存空间的有限性	(49)
二、自然资源的有限性	(50)
第二章 人类环境系统	(54)
第一节 环境的形成与发展	(54)
一、环境的概念	(54)
二、原始地球的形成及其化学演化	(55)
三、生物环境的形成和发展	(55)
四、人类生存环境的形成和发展	(57)
第二节 人类环境的组成及其特点	(58)

一、自然环境	(58)
二、社会环境	(66)
三、人类环境的特点	(67)
第三节 人类与环境的关系	(70)
一、人类与环境的辩证关系	(70)
二、人类生态系统	(71)
三、人类发展与环境	(72)
四、人类环境问题的发生与发展	(74)
第四节 环境污染与人体的相互作用	(75)
一、环境污染的特征	(75)
二、人体对环境致病因素的反应	(78)
三、化学污染物在人体内的转归	(80)
四、影响化学污染物对人体作用的因素	(83)
五、人体对化学污染物的防御机能	(85)
第三章 非金属污染物与生态效应	(88)
第一节 氟污染与生态效应	(88)
一、氟在环境中的分布	(88)
二、氟在环境中的迁移转化	(90)
三、氟中毒的机理	(93)
四、氟与氟病、龋齿和癌	(96)
第二节 碳氧化物污染与生态效应	(98)
一、一氧化碳的生态效应	(98)
二、二氧化碳的温室效应	(100)
第三节 臭氧层破坏与生态效应	(104)
一、臭氧(O_3)的理化性质	(104)
二、臭氧层破坏对生态平衡的影响	(105)
第四节 氰化物污染与生态效应	(107)
一、氰化物的性质和来源	(108)
二、氰化物在环境中的迁移转化	(109)
三、氰化物的生态效应	(111)
第五节 硫氧化物和氮氧化物污染与生态效应	(113)
一、酸雨污染概况	(113)

二、酸雨形成的机理	(114)
三、影响酸雨形成的因素	(117)
四、酸雨的生态效应	(118)
五、酸雨的发展趋势与防治对策	(122)
第六节 氮、磷污染与水体富营养化	(123)
一、水体富营养化的概念和特征	(124)
二、水体富营养化的类型	(125)
三、赤潮发生的机理	(126)
四、富营养化的判断方法	(127)
五、富营养化的生态危害及其防治对策	(131)
第七节 碘与生态效应	(133)
一、碘在环境中的分布	(133)
二、碘在环境中的循环	(136)
三、碘的生态平衡	(137)
四、碘引起的甲状腺肿	(138)
五、环境与地方性甲状腺肿	(143)
第八节 硒与生态效应	(148)
一、硒在环境中的分布和循环	(148)
二、硒在环境中的迁移转化	(150)
三、硒过多和硒不足的生态效应	(151)
四、硒与癌症和心脏病	(153)
第四章 重金属污染物与生态效应	(156)
第一节 重金属污染物的概述	(156)
一、重金属污染的特点	(156)
二、重金属污染物在环境中的一般迁移转化规律	(157)
第二节 汞污染与生态效应	(161)
一、汞污染概况	(161)
二、汞的环境本底值和来源	(162)
三、汞在环境中的循环	(168)
四、汞在环境中的迁移转化	(169)
五、环境中的甲基汞	(175)
六、甲基汞中毒机理和解毒机理	(181)

第三节 镉污染与生态效应	(185)
一、镉在环境中的分布	(185)
二、镉在环境中的迁移转化	(188)
三、镉的循环和生物富集	(191)
四、镉中毒机理和解毒机理	(194)
第四节 铬污染与生态效应	(199)
一、铬在环境中的分布和循环	(199)
二、铬在环境中的迁移转化	(201)
三、铬的生态效应	(203)
第五节 类金属砷污染与生态效应	(206)
一、砷在环境中的分布	(207)
二、砷在环境中的迁移转化	(210)
三、砷的循环和生物富集	(213)
四、砷的生态效应	(218)
第六节 铅污染与生态效应	(221)
一、铅在环境中的分布	(221)
二、铅在环境中的迁移转化	(223)
三、铅的生态效应	(225)
第五章 有机污染物与生态效应	(227)
第一节 酚污染与生态效应	(227)
一、酚在环境中的来源	(227)
二、酚类化合物的降解	(229)
三、酚类化合物的生态效应	(231)
第二节 多氯联苯污染与生态效应	(233)
一、多氯联苯在环境中的分布和循环	(233)
二、多氯联苯在环境中的降解	(236)
三、多氯联苯的生态效应	(237)
第三节 苯并[a]芘污染与生态效应	(239)
一、苯并[a]芘在环境中的分布和循环	(239)
二、苯并[a]芘的致癌作用	(245)
三、苯并[a]芘致癌机理	(249)
第四节 农药污染与生态效应	(250)

一、农药的理化特性	(250)
二、农药在环境中的降解作用	(258)
三、农药在生态系统中的循环和生物富集	(270)
四、农药污染的生态效应	(277)
第六章 放射性污染与辐射生态效应	(285)
第一节 环境中的放射性	(285)
一、放射性的来源	(285)
二、天然放射性本底	(288)
第二节 辐射生态效应	(292)
一、环境放射性物质进入人体的途径	(292)
二、放射性损伤机理	(294)
三、放射性污染对人体健康的危害	(295)
第三节 海洋放射生态学简介	(298)
一、放射性核素在海洋中的循环	(298)
二、放射性核素在海洋生物体内的迁移转化	(299)
三、放射性核素通过海洋食物链的传播	(302)
四、海洋生物作为放射性污染程度的指标	(304)
五、放射性核素对海洋生物的辐射效应	(305)

第一章 生态系统

生态学是研究生物与其环境间的相互关系及其作用机理的科学，研究的对象是生态系统。它是环境保护和自然资源开发利用等的理论基础。我们开展的环境研究和环境保护的对象实际就是生态系统。因此，本章着重阐述生态系统的结构与功能、能量流、物质流、信息流的动态规律性。着重于了解生态平衡的基本原理及其实际应用。目的是为了调节控制人与环境的生态关系，建立科学的生产管理和环境管理，使两者协调发展，同步前进。

第一节 生态系统的特征和类型

一、生态系统的概念

为了说明什么是生态系统，有必要先简单谈一下什么是系统？什么是环境系统？环境系统和生态系统有什么关系。

任何至少具有两个可区分的组分，并且在这些组分之间有某种相互作用，不管这种相互作用是结构的还是机能的，就可以被认为是一个系统。

各种系统是我们每天生活的一部分，例如，我们家庭的供水系统、供热系统，等等。同时我们也生活在系统之中，例如，自然环境系统、交通系统、地域经济系统，等等。

大家知道，任何一个系统，都由一定的成分组成，具有一定的结构，体现一定的功能。如人的消化系统，是由口腔、咽喉、食道、胃、肠和各种消化腺等器官组成。消化系统依靠这种结构，来完成吞咽、分解、吸收营养和排泄糟粕等消化功能。一部机器

也是这样，它由各种部件相配构成一个系统，行使某一机械功能。

每一个系统的组分本身又是一个系统，同时这每一个系统又是更大系统的一部分。例如，一棵树是一个系统，组成此树的每一片树叶也是一个系统，此树与其他树加上周围环境又构成一个系统。

生态系统是占据一定空间的自然界客观存在的实体，是生命系统（动物、植物和微生物）和环境系统在特定空间的组合。它可以是一个池塘、一个湖泊、一片森林、草地、农田、一个岛屿，或者一座大城市。所以，它具有一定生物和非生物成分的空间结构。

我们周围的环境系统是由自然环境系统和社会环境系统所组成的。就自然环境系统来说，它包括两部分：有生命的部分和无生命部分—物理环境，后者包括空气、水、土、日光等。所以，这种生物系统和非生物系统在特定地理环境中的结合，所构成的生物—环境复合体，即生态系统。生态系统的结构是由生态系统中的各种生物和非生物成分组成，生态系统的基本功能则是能量流动和物质循环。生态系统中的生物和非生物成分，通过能量流动和物质循环而相互联结，组成了网络状的复杂的统一整体。例如生物环境之间的碳循环。

随着人类文化和科学技术的发展，人类对自然系统的影响和作用越来越多。迄今，不但整个生物圈几乎都显示着人类活动的踪迹和结果，就连生物之外的宇宙空间，随着航天飞机的飞行，人类的活动也会越来越频繁，还将会逐步形成超空间生态学。鉴于人类对环境污染日益严重，人类从破坏自然的惨痛教训中加深了认识，认识到人类与自然系统乃是不可分割的整体。

当前，人类对生物圈空间及其资源的正确认识，应该是属于四个基本类型：第一类，本着高度集约使用原则，建立高功效的工业生产；第二类，有效地用于生产食物及工业原料；第三类，保存自然生态系统，包括自然资源与水源保护区，用以保护和调节适宜人类生活的优良环境；第四类，用于进行科学技术、文化

以及日常生活的活动场所。这四方面概括了人类生存和社会经济发展的必然趋势，也说明人类的一切活动都不断地直接或间接影响着生物圈，影响生物圈的物质及能量的输入、输出、交换、循环、组成成分、以及它们相互协调和交织而形成的动态平衡。这种影响正随着经济发展及对于自然资源开发与利用速度的增高而加剧。

二、生态系统的特征

生态系统具有如下的基本特征：

1. 通常与特定的空间相联系，包含一定地区和范围的空间概念。反映一定的地区特性及空间结构，如水平结构、层次结构、以及水平与层次结合的多维空间结构。每个层次空间都具有一定的生态条件，栖居着一定的生物群。

2. 具有发育、繁殖、生长和衰亡等生物有机体的特征。因而生态系统可分为幼期、成长期和成熟期等阶段，表现出了时间概念的时间特征，从而产生了系统“演替”。

生态系统的演替通常以植物群落演替、动物种群变化和环境条件变化为基础。这种演替有以下三个特点：其一，演替是有方向有次序的发展过程，因而可以预测；其二，演替是系统内外因素作用的结果，因而是可以调控的；其三，演替趋势是增加稳态，因而可以保持自然环境的基本特征。这种特征对研究生态系统的生物生产力，对外界条件变化的适应性，以及被损伤后的再生力都是重要的。

3. 具有生物代谢机能的特征。生态系统的代谢是通过生产者、消费者、分解者三个不同营养水平的生物类群而完成的。这三个生物类群是生态系统得以完成物质循环的基本结构。

4. 具有生物机体自动调节的功能。生态系统自动调节机能主要表现在三个方面：第一是同种生物的种群密度调节。这是在比较有限空间内比较普遍存在的种群变动规律。其次是异种生物

种群之间的数量调节。普遍出现于植物与植物、动物与动物之间有食物链关系的类群，以及需要相似生态环境的类群。第三是生物与环境之间的相互适应调节。生物经常需从所在的生境摄取需要的物质，生境则需要对其输出的物质进行及时补偿。两者进行着输出与输入之间的供需调节。

生态系统所具有的这种自身调节能力，不仅能调节自己而且能忍受改变了的条件，这就是生态系统的反馈。在生态系统中的反馈系统是有限度的。

从以上所谈的几个特征中，可看到整个生态系统都包含着复杂的信息传递及反馈控制，这也是生态系统动态平衡和可塑性形成的机理。

由于生态系统是生物圈的基本功能单元，经常进行物质循环和能量交换，因而在长期进化过程中，建立起生物圈与生态系统、生态系统与相邻生态系统之间相互协调与补偿的关系，使整个自然界保持一定的动态平衡，人类也参与和适应了平衡。若某个环节在允许限度内有所变化，整个系统可以进行适当调节，保持原有相对稳定状态不遭受破坏。反之，如由于人类活动或自然力所造成的摧残，超过自然生态系统恢复的能力，则包括人类在内的一切生物也必将受到损害，即通常所说的生态灾难。

三、生态系统的类型

一般把生态系统看作为生物群落与其环境组成的一个自然系统。因此，对生态系统的划分就是根据营养链的关系和特征来进行的。

1. 按生态类型的不同，可分为：

淡水生态系统、海洋生态系统和陆地生态系统。淡水生态系统又分为流动水生态系统和静水生态系统；海洋生态系统又分为滨海生态系统、大洋生态系统等；陆地生态系统又分为荒漠生态系统、草原生态系统、森林生态系统等。

2. 按受人为的影响或干预程度的不同, 又可分为: 自然生态系统, 如原始森林、未经放牧的草原; 半自然生态系统, 如人工抚育过的森林、放牧的草原、养殖湖泊、农田等; 人工生态系统, 如城市、矿区、工厂、宇宙飞船和潜艇的密封舱等。它们都有各自的结构和功能, 都有一定形式的能量流动和物质循环。无数小的生态系统的能量流动和物质循环系统, 组成了整个自然界总的能量流动与物质循环系统。自然界就是在能量流动和物质循环中, 不断演化和发展的。

在地球上最大的生态系统是生物圈。生物圈是指有正常生命存在的地球部分。它包括海平面以下约12公里到海平面以上约10公里的范围, 在这个范围内有正常生命的存在, 有构成生态系统的四个组成部分(生产者、消费者、分解者和无生命物质), 有能量的流动和物质的循环。在生物圈内包含无数个小的生态系统, 每个小的生态系统是自然界的基本活动单元。

第二节 生态系统的结构和功能

我们要深入了解生态系统的实质, 就应该了解生态系统的结构和功能。生态系统的结构是什么样, 有什么功能, 这是本节要讨论的中心问题。

一、生态系统的结构

1. 生态系统的组成

由于生态系统的功能本质强调的是系统中的物质循环和能量流动, 因此生态系统的结构, 主要是从功能上划分的。它包括下面主要组成成分:

非生物部分(无机环境): 包括参加物质循环的无机元素(如C、N、P、K、O₂、H₂O、CO₂等)、太阳光、气候、温度、压力、

空气等。还有联结生物和非生物成分的有机物质（如蛋白质、醣类、脂类和腐殖质）。

生物部分-生物群落：虽然生物种类繁多，但是根据它们取得营养和能量的方式以及能量流通和物质循环中所发挥的作用，可以分为三大类群。一类是自养型进行光合作用的绿色植物和化能合成细菌，叫做生产者；第二类是异养型的草食动物和肉食动物叫做消费者；第三类是异养的微生物，某些原生动物和一些小型土壤动物，它们专门分解植物和动物的尸体，叫做分解者或称转化者。但其作用与生产者相反，把复杂的有机物分解为简单的无机物，也是生态系统中所不可缺少的基本成分。

每个生态系统，都是由四个基本部分组成，即生产者、消费者、分解者和非生物环境，如图1-1所示。

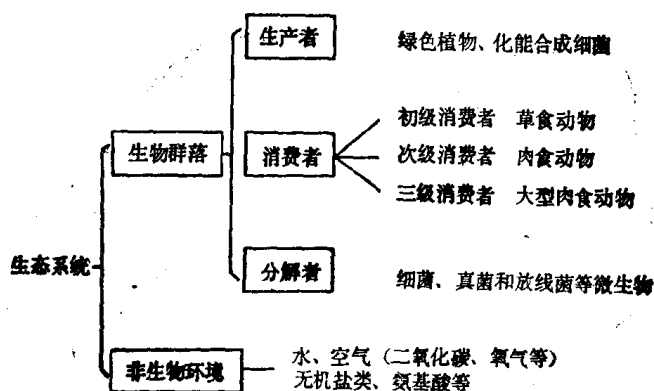


图1-1 生态系统的组成

(1)生产者

生产者主要指制造有机物的绿色植物。它们通过叶绿素吸收太阳能进行光合作用，把从周围环境中摄取的二氧化碳、水等无机物质合成有机物质，也就是把太阳能转变成化学能贮存起来，绿色植物把太阳能加工转化，生产出有机物。因此，太阳能以化学能的形式固定在碳水化合物中，碳水化合物可进一步合成脂肪和蛋白质，植物用来建造自身。这些有机质便成为地球上，包括人类在内的一切生物的食物来源。可见，在生态系统中，绿色植物

是生产者，是最积极的因素，它构成生态系统的基础。

除绿色植物外，化能合成细菌也能把无机物合成有机物。不过，它们在合成有机物时，不是利用太阳能，而是利用某些物质在化学变化过程中产生的能量。如氮化细菌能将氨(NH_3)氧化为亚硝酸和硝酸，利用这一氧化过程放出来的能量把二氧化碳和水合成有机物。

生产者固定太阳能的效率并不高。射到地球大气的太阳能量，大约只有1%或不到1%被生产者转变成植物组织。可是地球全部生命都靠这点能量维持生存。

(2) 消费者

消费者主要指各种动物。它们直接或间接地利用绿色植物制造的有机物质进行生活。直接以植物为食的动物叫草食动物，是初级消费者，如蝗虫、兔、牛、羊等，以初级消费者为食的动物叫肉食动物，是次级消费者，如青蛙、狐狸、黄鼠狼等。捕食次级消费者的动物三级和四级消费者，如虎、豹、鹰和鲨鱼等。但是这些消费者的级别间并没有严格的界限，许多动物是既吃植物又吃动物的杂食动物，许多鸟和某些鱼属于这一类。最后一级消费者是人，所以人是最高级的消费者。

(3) 分解者

分解者主要指细菌、真菌和放线菌等微生物。它们能把死的生物体分解成基本元素和简单的化合物，这些元素和化合物再回到土壤、空气和水中，被绿色植物重新利用，合成新的有机物。

(4) 非生物环境

除生物以外的一切无生命物质都属于非生物环境。这类物质是指无机和有机的化合物，如水、氧、二氧化碳、各种无机盐类和氨基酸等，它们组成了生物赖以生存的大气、江河、湖泊和土壤等环境。

生态系统中的四个组成部分是互相联系、互相作用、互相依存的，每个因素都受周围各因素的影响，同时也反过来影响其他因素。它们之间的相互配合，使生态系统形成一个整体。就拿一