

环境科学基本知识丛书

环境 生物学

林昌善 吴聿明 编著

中国环境科学出版社

环境科学基本知识丛书

环境生物学

林昌善 吴聿明 编著

中国环境科学出版社

1986

内 容 提 要

本书介绍了环境生物学的基本概念。主要有：生态学基本原理；环境污染物；毒物在生物体内、生态系中循环、迁移规律及其对它们的影响。还介绍了用生物学方法治理环境、以及人类活动对环境的影响及环境保护等。最后还介绍了这一学科的发展趋势。

本书适用于从事环境保护、环境生物学和其他方面的环境科学工作者，也可供有关科技人员及高等院校师生参考。

环 境 生 物 学

林昌善 吴聿明 编著
责任编辑 李静华

•

中国环境科学出版社 出版

北京右安门外大街201号

北京市建外印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

•

1986年5月第一版 开本：787×1092 1/32

1986年5月第一次印刷 印张：7 1/2

印数：0001—10,000 字数：168,000

统一书号：13239·0030

定价：1.60元

出版者的话

保护环境，造福人类，使广大人民群众以及子孙后代有一个良好的生息和工作环境，这是环境保护的根本目的。

为了提高全民族的环境意识，普及环境科学基本知识，本社组织环境科学方面的专家编写了一套《环境科学基本知识》。这套丛书包括：环境化学、环境物理学、环境生物学、环境地学、环境工程学、环境医学六个分册。每个分册对各该学科的基础理论，基本内容和基本知识进行了比较全面的、系统的介绍和阐述。书中附有图表以加深对内容的了解，力求做到深入浅出。

本丛书可供环境保护系统中的中级技术管理人员和各级领导干部阅读，也可供从事环境保护工作的科技人员和大专院校的有关专业的师生参考。

环境科学是一门新兴的边缘学科、它的研究对象、任务、内容和学科体系等都在发展之中，还有许多问题尚待进一步研究和探讨。同时由于我们组织编写这套丛书的时间仓促，经验不足，难免存在某些缺点和错误，热忱地期望广大读者批评、指正。

在组织编写这套丛书过程中，得到许多同志的大力支持与协助，谨致谢意。

中国环境科学出版社

一九八五年十月

前 言

从学科发展上看，环境生物学是个新兴的、综合性很强的学科，在六十年代初有人把它从生物学中独立出来，到七十年代，这一学科才初具雏型。其内容包括正常和非正常天文、地理、气象、水质、地质等的物理化学环境因子和有生命机体的细胞、个体、种群、生态系统间的相互关系的规律和机理，以及用生物学方法治理被人为干扰、破坏的环境等。因此，它所涉及的学科范围广而杂。

广义地说，人民现实生活中就必须与环境打交道，必须研究环境中所需之物（多为生物体）与环境的关系。工业革命后，在较发达的工业地区就存在有各种环境污染问题，如因废水排放使某些溪流、湖泊成为死河、死湖。十九世纪中叶，有的学者开始研究水污染引起河流、湖泊中的生物区系变化。到1909年，科尔克威茨（Kolkwitz）和莫尔斯松（Morsson）就提出了污水生物学系统。第二次世界大战后，由于工农业生产的飞速发展，使环境污染问题愈益尖锐地摆在人们面前。特别是某些地区的生态环境严重恶化、物种灭绝及人类自身受公害侵扰、威胁日益突出。因此，不能不促使人们关心、注意研究环境受人为干扰后对生物（包括人类自身）作用的基本规律，从而诞生了环境生物学这一学科。环境生物学与生态学、生物学中的许多方面结有不解之缘，有不少共同之处。由于生态学是研究生物同环境间相互关系的学科，所以也有人认为环境生物学就是生态学；有的则把

环境生物学局限于讨论正常环境因子和生物的关系，纯属生物学上生理、生化的研究。

我们认为，从这个学科的形成过程看，环境生物学含有生态学许多基本原理，包括正常生态因子和生物间关系的机理，但着重点是研究受人为干扰后环境与生物间关系的基本规律。它包括人为活动和环境污染后对生物、生态系统的危害和毒理作用，污染物、毒物在生物体、生态系统间循环迁移规律；生物体或生态系统对污染物、有毒物的净化功能；受人为干扰后生态系统稳定性和生态平衡恢复手段的研究以及自然保护、生物监视、评价等方面。它的研究方法如同许多应用学科一样有室内实验、现场调查、生物及生态模拟（包括计算机模拟）等。本书主要介绍：

1. 生态学基本原理；

2. 环境污染物、毒物在生物体内、生态系统中循环迁移规律及对它们的影响和作用；

3. 用生物学方法治理环境污染的基本概念与类型；人类活动对环境的影响及环境保护等。

环境生物学是一门新兴学科，它的概念、内容、意义都在讨论形成中，这门学科又是综合性很强的学科。至今，本学科很成型的专著还未见到。我们学识有限，在介绍这一边缘学科中难免有错误与缺点，敬请读者、专家批评和指正。

林昌善 吴李明

目 录

一 生态系统	(1)
(一) 基本概念和定义	(1)
(二) 生态系统的主要成分	(4)
(三) 生态系统的结构和功能	(6)
(四) 生物群带	(9)
(五) 生态系统的可能研究途径之一	(12)
二 生物圈	(16)
(一) 地球能源和气候	(16)
(二) 水循环	(20)
(三) 地质循环	(22)
(四) 生物地质化学循环	(23)
(五) 水生生态系统	(36)
三 生态系统的生产力、能量消耗和 种群生态学基本概念	(42)
(一) 初级生产力	(42)
(二) 次级生产力	(48)
(三) 分解过程	(56)
(四) 生物种群数量变动主要统计参数	(61)
(五) 种群结构	(65)
(六) 种群数量变动	(67)
(七) 种间关系	(70)
四 环境对生物动态的影响	(73)
(一) 概述	(73)
(二) 利比赫法则, 限制因子概念, 生物和地理分布、	

气候关系.....	(77)
(三) 温度对生物动态的影响.....	(83)
(四) 湿度、水、降水、雪、风等与生物动态关系.....	(90)
(五) 光对生物动态影响.....	(97)
(六) 环境中某些无机物质对生物的影响.....	(101)
(七) 土壤、火等环境因子对生物的影响.....	(107)
(八) 环境与生物间相互作用.....	(110)
五 环境污染对生物的影响.....	(117)
(一) 若干化学元素、化合物的一些特性.....	(117)
(二) 有毒物质、污染物在生态系统中循环与迁移.....	(121)
(三) 毒物在生物体内转归和作用.....	(129)
(四) 有毒物质在生物体内转归和作用的实例.....	(139)
(五) 生物的富集(浓缩).....	(147)
(六) 某些毒物、污染物的危害与毒物联合作用对生物的影响.....	(153)
(七) 物理污染、生物污染对生物的影响.....	(157)
六 环境污染的生物治理	(167)
(一) 生物对毒物的作用.....	(167)
(二) 生物监测和指示生物.....	(168)
(三) 废水的生物学处理.....	(176)
(四) 污泥和土壤污染的生物治理.....	(188)
(五) 绿色植物在治理某些环境污染中的作用.....	(192)
(六) 防治农药污染的动植物生物保护法.....	(198)
七 人类活动对环境的影响、环	
境保护和环境改造	(205)
(一) 人类活动对环境的影响.....	(205)
(二) 自然资源保护和环境改造.....	(220)
(三) 环境生物学的发展趋势.....	(227)

一 生态系统

(一) 基本概念和定义

人们把生态学作为研究生物（动物、植物和微生物）和环境相互关系的科学，而“环境”一词又经常被人们用来表示生物生活居住地的物理、化学的生活参数。但是，在自然界里每个物种并不是自己孤立地生活着，而是和其它物种生活在一起，因此除了物理化学环境条件之外，还应包括其它生物。环境生物学的范畴比较广泛，它包括动物学、植物学、微生物学、遗传学、地理学、气象学、水文学和生物化学等学科中的有关部分。

生物和一定的环境构成一个生态学单元。生态学的最终目的是研究一个有生命的系统在一定的环境条件下，如何表现生命的形态和功能。研究这个问题只能用整体观的方法（即了解部分与整体之间的相互关系）。有时人们研究某一种生态现象只限于用一些条件去解释这种现象。比方说，研究土壤动物的环境生物学时，我们联系它们生活的土壤的温度、湿度和酸碱度等因素。但是更重要是从土壤的整体性去考虑，因为它是无机物和有机物的复合体，包括种种理化因素和生物因素，特别是后者之间的相互关系，是通过长期进化过程演变成今天的状态。如果不是这样去理解就容易对自然界和人为环境的变化所产生的生态效应得出错误的认识。

据估计，目前有机界有动植物品种约300~1000万种，

迄今有记载的约有150万种，其中仅有一小部分种类曾经过较详细的生态学研究，而大部分种类还没有被人们仔细地研究。超过三个以上物种的相互关系的研究则很少见，多种间的相互关系还有待生态学家来探索其奥妙。有机界的奥妙只能通过整体性的理解去揭示。这种研究可以从不同结构的水平入手，从大至宇宙、生物圈、生态系统、群落系统；小至种群个体直到细胞。我们可以把个别结构水平都看成一系列“黑箱”，大的黑箱里套小黑箱，一个套一个。每个箱的功能可以用“输入”和“输出”的数量来测定，如果在某一个水平上人们所研究的问题得不到解决，那么就应在该水平上揭示其内部各亚系统（“小黑箱”）的相互作用。反过来人们也可以把“黑箱”作为高级系统的相互作用的亚部分。我们将用这种观点来阐述。

在浩瀚无垠的宇宙中，同人类发生最密切关系的应是人类自己居住的星球——地球。地球上的资源是有限的，而物质在地球上不断循环，基本上既没有损失也没有添加任何新的物质。能量从太阳辐射到地球，又以相类似方式反射回空间。地球实际上是一个闭锁系统，人们可以从物质的循环和能量的转换来研究在地球上有机体的活动规律。

在地球表面大气圈范围内，我们可以看到它是由若干层次所组成。生命系统最高层次就是生物圈——它就是地球表面上有机物生活和繁殖的地带。在生物圈有所谓物理化学环境，即固体的岩石圈、液体的水文圈和气体的大气圈。地球上许多元素通过种种不同渠道将非生命物质送进有机体中去，使有机体得到生长和生存，最后有机体又通过排泄和分解作用将物质返回到外界的物质库中去。这种物质反复流动称为物质循环。

自养生物（绿色植物）的光合作用把太阳能固定在植物体的化学键上，然后又由植物本身的代谢作用把键上的能以热能的形式释放出来。而异养生物（动物、真菌、某些细菌等）则依赖自养生物所提供的物质和能量而生活（参看图1-1、1-2）。

生态系统可以说明地球上支配物质流动和能量转换的原理。它出现在地球上已经有几十亿年历史。地球上无论在陆地或水域，干燥或潮湿地区，寒冷或炎热地带都有各式各样的生态系统。动植物和微生物种类千变万化，各自适应于各种气候和地质条件。有些生态系很丰富，充满活力；有些是贫乏而衰老；有些是新生的，在变化和生长中，有些则处于稳定状态。

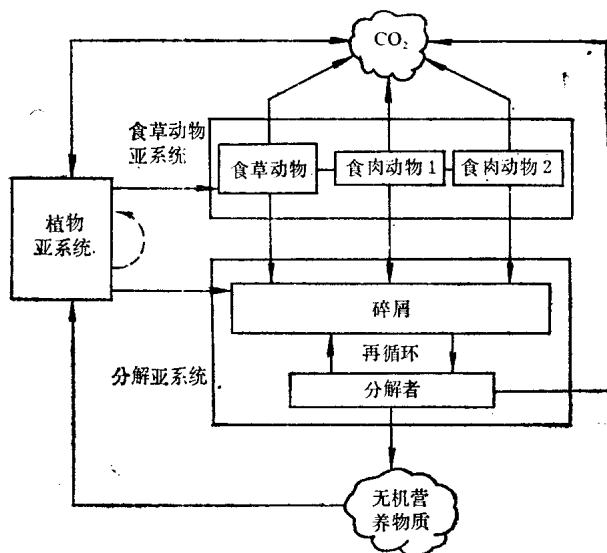


图1-1 生态系统的一般模型

〔三个亚系统(植物、食草动物和分解者)及其间的相互关系〕

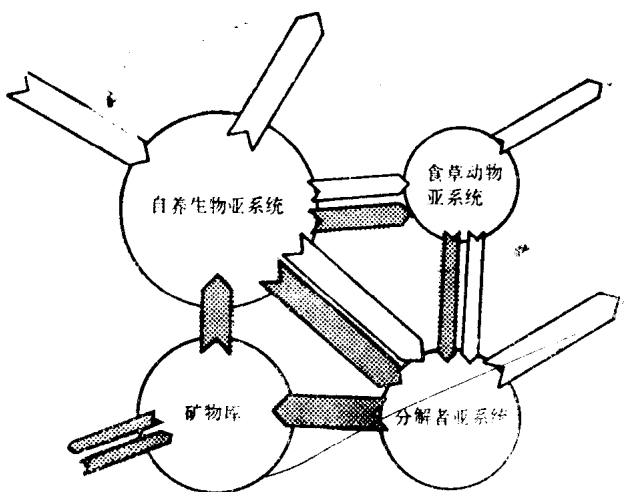


图1-2 生态系统主要成员间关系和营养物质循环 (黑色箭头)

(二) 生态系统的主要成分

一个生态系统在一定范围内可以分成三个亚系统：1. 自养生物亚系统（即绿色植物）。它的主要任务就是接受来自太阳辐射的能量和吸收来自土壤、水和空气中的营养物质，通过光合作用合成为植物的组织。由自养生物合成的物质和能量统称为总初级生产力（GPP）。一部分的GPP被植物的呼吸作用（R）所消耗，剩余的部分称为净初级生产力（NPP）。即 $NPP = GPP - R$ 。2. 食草动物亚系统。它包括一切食草动物和它们的捕食者。食草动物主要以植物为主，它的捕食者又以食草动物为主。甚至在捕食者之上还有它的捕食者，形成一联串的不同营养层的异养生物，这些异养生物连

同分解者的产物统称为次级生产者。3. 分解者亚系统。它包括一些分解动物和植物的死尸和碎屑的生物与它的捕食者。它们是一些真菌、细菌和低等动物，它们把死的有机物质逐步还原为能够被吸收的营养物质，再回到土壤或水域中去。最终这些营养物质又被植物所吸收（参看图1-1、1-2、1-3）。

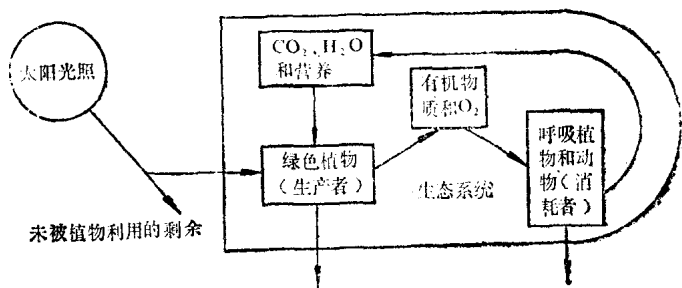


图1-3 生态系统中生产者和消费者之间的能流模型

从生态学的观点看，把营养物质区分为三种不同的库是有用的。1. 交换物质的交换库；2. 相对地不利用物质的储存库；3. 可利用物质的利用库。生态系统的重要特点是在这个系统的范围内，能量以太阳光形式进入该系统而以代谢热形式输出，同时，系统内营养物质从库中被调用，重新循环不止。

我们经常把这三个亚系统所有种类的会聚或一个亚系统的一切种类的会聚称为群落。一个群落的大小有时很难区分，这就看一个系统中的各群落分界的连续性。具体的植物群落和动物群落界限更难确定。尽管如此，人们仍然可以从功能上给予群落一个明确的定义，以测定其总活动以及各群落间的相互作用。

我们可以看到生态系统是由许多动物和植物种群所组

成。一旦种群的定义明确下来，那么人们就有可能通过能量或营养的输入和输出，迁入或迁出推断出它的动态或对于外界干扰的反应。影响这些参数的最主要因素是其它生物（竞争者，捕食者和寄生物）和非生物环境，特别是天气条件（短期的温度、风和降雨条件）和气候条件（这些条件长期的平均值）。

（三）生态系统的结构与功能

分析生态系统时，首先需要把该系统的界限予以规定。有的时候这种界限比较明确，但在植被有梯度性的分布时，确定这种界限就比较困难。因此，这种界限的划分带有一定的主观性。在“国际生物学研究规划”（International Biological Programme）中有一个传统的规定，把一个陆生的生物群落划出一个典型的研究区。在该区内作无损害性的种种测定，如测定该区内的温度、雨量和二氧化碳含量等等。在试验区的四周划出一条狭窄的保护带。在这保护带之外又划出1~10英亩（1英亩=4064.86米²）作为植被或土壤取样地，或划出较大的地区作为研究哺乳类动物或鸟类之用。

从生态系统的分界来说，可以看到，一个生态系是一个在生产力和营养物质交流上能自足的地区，也就是说流出分界以外的物质交流比在内部的交流要小得多。就这一点意义上说，湖泊或海洋也都可以认为是一个生态系统。流水系统中营养交流较为彻底全面，但内部生产和物质循环则较少。因此，河流或小溪可以看作开放的生态系统，严格地说，是一个复杂系统中的亚系统。最早的生态学家把生态系统的主要成分按其广泛的营养阶层分成植物、食

植物和食肉动物。这三大类生物按其数量来区别，植物数量最多，食植物次之，而食肉动物数量最少。排列起来，植物在底层，数量最大；食植物在中层，数量较少；食肉动物在最上层，数量最少。看起来好象古埃及的金字塔，叫做数量金字塔。实际上它们之间的生物量按重量来比较也同样有重、中、轻之别，排列起来也类似金字塔。叫做重量金字塔。见图1-4。例如一个草原，单位面积上的牧草无论在数量和重量上都居多，啮齿动物居中，狐狸居少。生态学家林德曼（R. Lindeman）又进一步提出这三类生物营养层之间存在着“营养阶层的动态”概念。也就是说它们之间能量和物质的转换与交流都存在着数量变动关系。这概念提出之后大大促进了当代生态系统中数量分析方面的研究，同时也表明人们对生态系统更深刻的理解。

一个生态系统的一般模型是由三个亚系统组成：植物、食草动物和分解者及它们的主要分室或营养层。一个生态系统的功能可以按能量流和物质（营养）流进行描述。但是二者的分析各有各的优点。生态系统的能量在不同系统内、不同营养水平的植物和动物之间的相互关系，可以通过一种能量单位（焦耳或卡）进行比较。在许多情况下，矿物营养物质的多寡限定了一个系统功能的作用，因此，分析营养流的途径可能更有意义。一个系统中的营养物质的收支平衡说明一个系统的完整性，同时也说明亚系统分界处的反馈作用在调节和维持功能的完整性中所能起的作用。

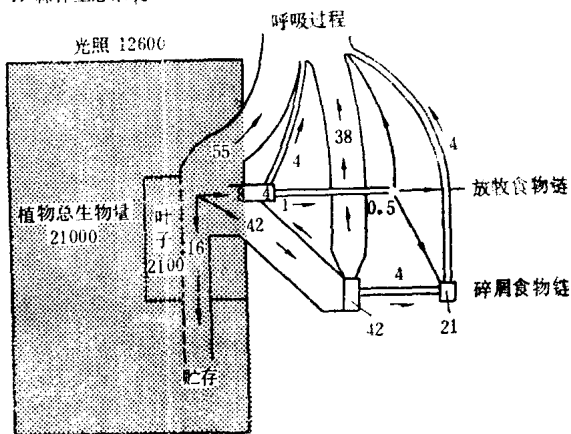
目前，完整的能量流的分析研究并不多，现在仅以经典例子来说明研究结果。

图1-4A说明一个森林系统中，植物储存有大量的能量，要维持这样大量的能源并不需要大量能耗，因为森林的木质

部在代谢上属于惰性物质,而草食动物的生物量是小量的,大量的能流是通过营养生物和分解生物的活动、呼吸来完成。

相反地,图1-4B说明海湾浮游群落生态中自养生物的生物量是微量的,维持了更大的食浮游植物的生物的亚系统。这就出现与前述的生物量金字塔相反的所谓倒置的生物量金字塔式的浮游群落的特殊情况。

A 森林生态系统



B 海湾生态系统

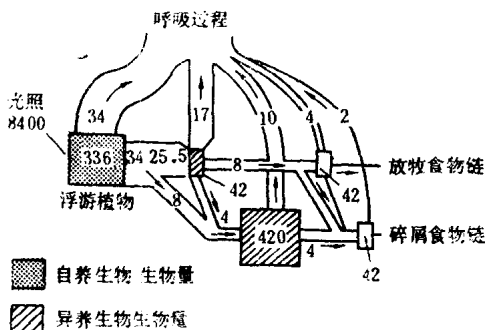


图1-4 两个生态系统类型 (A和B) 的能量比较(图中生物量的能量单位:焦耳/米², 能流速度单位:焦耳/米²·天。箭头后数字是能流速度。Odum, 1962)

从上述结果我们总结如下三个要点：

1. 在陆地生态系统中净初级生产量的一部分储存在多年生的植株的组织中，构成它的主要生物量。尚未成年的森林或植被的生物量可以达到成年的森林或植被的净初级生产量的20~60%。

2. 陆生净初级生产量中的一小部分被食草动物所消耗，即使在过度放牧的草场，这部分也很少超过净初级生产量的25%。虽然地面上一半的生物量全被啃食，但地下生物量（即根部）的产量可能等于地面部分，甚至超过地面的生物量。在森林系统中，昆虫或食植动物消耗的初级生产量不大于10%，而在水域生态系中，浮游植物生产量的80%或超过80%有可能被食植浮游动物所消耗。

3. 不被分配到植物生长的那一部分物质或不进入食植动物的亚系统中去的物质连同食植动物和捕食动物的死尸，以及它们的排泄物统统都进入分解者亚系统。在成熟的森林系统中，植株不再继续累积生物量，大部分的净初级生产量以落叶形式构成落叶层再经分解者进行分解过程。分解者主要的成员是真菌和细菌。除此之外，取食碎屑、真菌和细菌的动物，以及它们的捕食者都属于这种群落的主要成员。物质就这样在他们之间循环，直到有的物质矿物化为止。

（四）生物群带

陆地表面生物的丰盛度和分布主要决定于该地区的气候条件（其中温度和雨量最为重要），而在水域里，光和营养这两个因素更为重要。在生物圈里，我们能识别不同的地区具有由典型的气候或其他物理条件等所决定的特殊的动植物