

生物学基础知识丛书

祝廷成 董厚德 编著

生态系统浅说

科学出版社

内 容 简 介

本书是《生物学基础知识丛书》之一。它比较系统地介绍了生态系统的基本概念及理论,论述了生态平衡的意义,内容丰富,图文并茂,文笔流畅,通俗易懂。

全书共分七章,着重论述了生态系统学说的由来和发展;生态系统的结构与功能;生态系统的主要类型;生态系统的形成与生物群落的演替;生态系统的相对平衡;环境污染与生态系统和生态系统学说的研究与展望。

本书可供广大干部、大专院校生物、农林专业师生及生态工作者阅读。

生 态 系 统 浅 说

祝廷成 董厚德 编著

责任编辑 王龙华

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1983 年 6 月第 一 版 开本:787×1092 1/32

1983 年 6 月第一次印刷 印张:6 1/4 插页:1

印数:0001—11,700 字数:140,000

统一书号:13031·2276

本社书号:3116·13—10

定 价: 0.82 元

序

勤劳勇敢的祖国各族人民，正怀着热切的心情和必胜的信念，团结在中国共产党的周围，为加速实现四个现代化而进行新的长征。在这个极不平凡的历史新时期，大力提高整个中华民族的科学文化水平具有重大的现实意义和深远的历史意义，是当前全党和全国人民的紧迫任务。为此，科学出版社组织编辑了各种自然科学基础学科的普及丛书，《生物学基础知识丛书》就是其中之一。

生物学是研究生命的科学。这一门规模宏伟、内容丰富的自然科学，近二三十年来得到了蓬勃的发展，使得它的地位越来越突出。生物学的许多新成就已经或正在引起农业、医疗卫生、工业和国防建设发生巨大的变革。由于生物学与其它一些科学互相结合、互相渗透和互相促进，衍生出许多新的分支学科，并已深入到分子和量子水平，探讨生命现象的内在规律，证明生命活动的物质性。因而，不难预料，生物学将成为认识自然、改造世界、推动国民经济和人类健康事业的强大武器，将为整个人类社会的进步作出更大的贡献。

我相信，《生物学基础知识丛书》的出版将有利于生物科学知识的进一步普及和提高，将使更多同志掌握和利用生物科学，从而在自己工作中作出更大的贡献，也将有利于培育富有创造性的新一代生物学家。衷心希望这套丛书为加速实现祖国四个现代化增添应有的力量。

贝 时 璋

本书序言

生态系统是近代生态学研究的基本单元。自七十年代以来,发展为国际上最活跃的前沿学科之一。1975年联合国教科文组织为了推动此项工作,还成立了国际生态系统研究组。分析这门学科迅速发展的原因,大致有两方面:一是它的整体观,认为自然界是由多种成分构成的网络体,通过一定结构和相适应的质能循环功能,自然界得以不停地发展与变化,这种思想已渗透到多种学科领域。另一个原因,是这门学科所具有的明显的实践意义,当前几个国际性重大社会问题,如农业、人口、自然资源利用和环境保护等无一不直接有关,生态规律被认为是解决此等问题的理论依据。

生态系统的研究虽然在六十年代初期就引起各国科学家的重视,曾被国际生物学规划列为重点对象,但在陆地、淡水和海洋等方面的进度是不平衡的,工作水平大部分属于本底调查和结构的描述。进入七十年代后,深度与广度都有较大发展,从结构分析进入物质流与能流的代谢功能的探索,从粗放定性向精确的定量发展,从自然生态系统研究扩展到以人类社会经济活动为中心的城市生态系统。同时,广泛运用了系统方法论,真正达到名符其实的“系统”研究水平。

我国的生态系统工作,开始于最近二、三年,但随着社会经济发展,一方面,要求为新建设项目设计,提供生态系统的科学依据;另一方面,对于存在的问题和需要提高改进的项目,如环境保护、森林、草原和江、河、湖、海的自然资源管理及农业生产体制的最佳结构等,迫切要求掌握生态系统知识,以

本书序言

生态系统是近代生态学研究的基本单元。自七十年代以来,发展为国际上最活跃的前沿学科之一。1975年联合国教科文组织为了推动此项工作,还成立了国际生态系统研究组。分析这门学科迅速发展的原因,大致有两方面:一是它的整体观,认为自然界是由多种成分构成的网络体,通过一定结构和相适应的质能循环功能,自然界得以不停地发展与变化,这种思想已渗透到多种学科领域。另一个原因,是这门学科所具有的明显的实践意义,当前几个国际性重大社会问题,如农业、人口、自然资源利用和环境保护等无一不直接有关,生态规律被认为是解决此等问题的理论依据。

生态系统的研究虽然在六十年代初期就引起各国科学家的重视,曾被国际生物学规划列为重点对象,但在陆地、淡水和海洋等方面的进度是不平衡的,工作水平大部分属于本底调查和结构的描述。进入七十年代后,深度与广度都有较大发展,从结构分析进入物质流与能流的代谢功能的探索,从粗放定性向精确的定量发展,从自然生态系统研究扩展到以人类社会经济活动为中心的城市生态系统。同时,广泛运用了系统方法论,真正达到名符其实的“系统”研究水平。

我国的生态系统工作,开始于最近二、三年,但随着社会经济发展,一方面,要求为新建设项目设计,提供生态系统的科学依据;另一方面,对于存在的问题和需要提高改进的项目,如环境保护、森林、草原和江、河、湖、海的自然资源管理及农业生产体制的最佳结构等,迫切要求掌握生态系统知识,以

便模拟生态经济规律,寻找改进途径。所以,祝廷成、董厚德同志编写的《生态系统浅说》是适应当前形势的。本书比较系统地介绍了生态系统的基本概念及理论,并结合现实存在的若干问题,论述了生态平衡的意义,可以预期本书的问世,将对生态系统知识的普及起显著作用。

经验告诉我们,一门科学只有当人们感觉到它与切身的生活命运不可分割时,才关心,才重视,才能得到更大的发展。早在1972年国际《人与生物圈》会议,就要求普及生态学知识,达到家喻户晓;国家科委及全国科协的负责同志亦不止一次地向中国生态学会提出要求,编写此类浅说或生态学普及读物,以满足群众需要,迄未能及时完成任务。本书可做为完成此项任务的第一份“试卷”,希望关心和从事生态学工作的同志多加指正,并随时提供新的资料,使这份试卷的内容与水平不断得到补充和提高。

中国生态学会理事长 马世骏

于1981年5月

目 录

序

本书序言

第一章 生态系统学说的由来和发展·····	1
一 生物圈·····	1
二 生态系统概念的产生·····	4
三 生态系统学说的形成与发展·····	6
第二章 生态系统的结构与功能·····	9
一 生态系统的成分与结构·····	9
(一) 生态系统的成分·····	9
(二) 生态系统的空间结构·····	13
二 生态系统的功能·····	15
(一) 生物生产·····	16
(二) 生态系统中的能量流动·····	25
(三) 生态系统的物质循环·····	40
(四) 生态系统中的信息传递·····	55
第三章 生态系统的主要类型·····	57
一 陆地生态系统·····	57
(一) 森林生态系统·····	59
(二) 草原生态系统·····	72
二 水域生态系统·····	79
(一) 湖泊生态系统·····	79
(二) 海洋生态系统·····	84
三 人工生态系统·····	91
(一) 农田生态系统·····	91
(二) 城市生态系统·····	94
第四章 生态系统的形成与生物群落的演替·····	97
一 生态系统的形成与演化·····	97

二 生态系统中生物群落的演替	105
第五章 生态系统的相对平衡	111
一 什么是生态平衡?	111
二 影响生态平衡的因素	115
(一) 环境变化对生态平衡的影响	116
(二) 人为因素对生态平衡的影响	116
三 怎样调整生态平衡	122
(一) 收获量要小于净生物生产量	123
(二) 调整食物链与维护生态平衡	126
(三) 调整生态平衡与生态系统的整体性	130
(四) 生态区域与因地制宜	133
(五) 创造生物生产力更高的生态系统	134
(六) 建立自然保护区造福于子孙后代	141
第六章 环境污染与生态系统	147
一 污染物质及其来源	148
(一) 工业三废	148
(二) 垃圾与污水	149
(三) 汽车与飞机的尾气	149
(四) 农药与化肥	149
二 主要污染物对生态系统的危害	150
(一) 陆地生态系统的污染	151
(二) 水域生态系统的污染	156
(三) 城市生态系统的污染	162
三 人类生态环境的保护	164
(一) 治理三废	164
(二) 充分发挥生态系统的净化作用	165
(三) 以虫治虫	170
(四) 绿化城市	172
四 战胜生态危机创造最优化的生态环境	174
(一) 什么是生态危机? 我国有生态危机吗?	174
(二) 生态危机的启示	177
第七章 生态系统学说的研究与展望	180

第一章 生态系统学说的 由来和发展

随着生产的发展,人类对自然资源不断地开发和利用,使自然界的面貌相应地发生了一系列深刻地变化。这就为生态学提出了许多新的研究课题。

生态学属于生物学与地学之间的边缘科学。研究范围很广,其中以研究宏观世界综合规律为方向的生态系统学说,在近二、三十年来获得迅速发展。

那么,什么是生态系统?生态系统学说是怎样产生和发展的?生态系统和人类有什么关系?为了回答这些问题,还得先从地球上的生物圈谈起。

一 生 物 圈

我们居住的地球是一个瑰丽多彩的生物世界,它的外面包覆着几个厚度不同的外层,这些外层又叫做圈,如岩石圈、土圈、水圈和大气圈等。这些圈中生存着大量的生物,生态学把有生物生活着的各个圈层合称做生物圈。换句话说,地球上存在着生命的部分叫做生物圈。

生物圈一词由休斯(E. Suess)于1875年首先提出并载入科学文献中。后来,苏联学者维尔纳德斯基(В. И. Вернадский)对生物圈进行了深入的研究,并提出了生物圈的基本概念。他认为生物圈是进行着生命过程的地球表层外壳。它的

范围包括整个水圈、岩石圈的上部（主要由沉积层组成的部分）和大气圈的下部（主要为对流层）。因此，生物圈是地球上所有的生物，包括人类在内和它们生存环境的总体。

生物在地球上分布很广。有些真菌的孢子能耐 140°C 的高温，有些则在零下 190°C 的低温中生活半年也不丧失生命力。这两个极端的例子说明，在地球表面的任何地方都可能存在着生命。据调查，高等植物生存的高度可达海拔 6,200 米左右。在海拔 7,000 米的地方还可以见到少量蜘蛛类动物。一些大型的猛禽，如鹭也可在海拔 7,000 米的高空中飞翔。估计这一高度可能是生物圈的上限了。有些低等植物的孢子可以在数千分之一毫巴的低气压下，即几乎接近真空中生活；大约在海拔 9,000 米以上仅能见到这类顽强的细菌和真菌的孢子；这一范围被称做副生物圈。

绝大多数的生物都集中生活在地球表面一百米以内。海洋生物生存的下限可深到 10 公里的深洋底，但是绿色浮游生物多集中在 100 米以内的海洋表层。

在地下埋藏的石油层中还生存着很多微生物，这类微生物可以经受 3,000 多个大气压。不过生物生活的下限在岩石层中不会超过 3 公里，因为那里的水温已经达到 100°C 了（图 1-1）。

由此可见，做为地球一个绿色外套的生物圈，其形状是不规整的，厚度也是不均匀的。

据生物学家的统计，生物圈中的生物已被记名在册的约有 250 万种，其中，动物约有 200 万种，植物约 34 万种，微生物约 3.7 万种。这些生物中的绝大多数都生活在岩石圈、水圈，土壤圈和大气圈相互接触交融的地带，大致在地面上下 100—200 米的范围之内。

形形色色的生物有一个共同的特点，就是它们的生命活

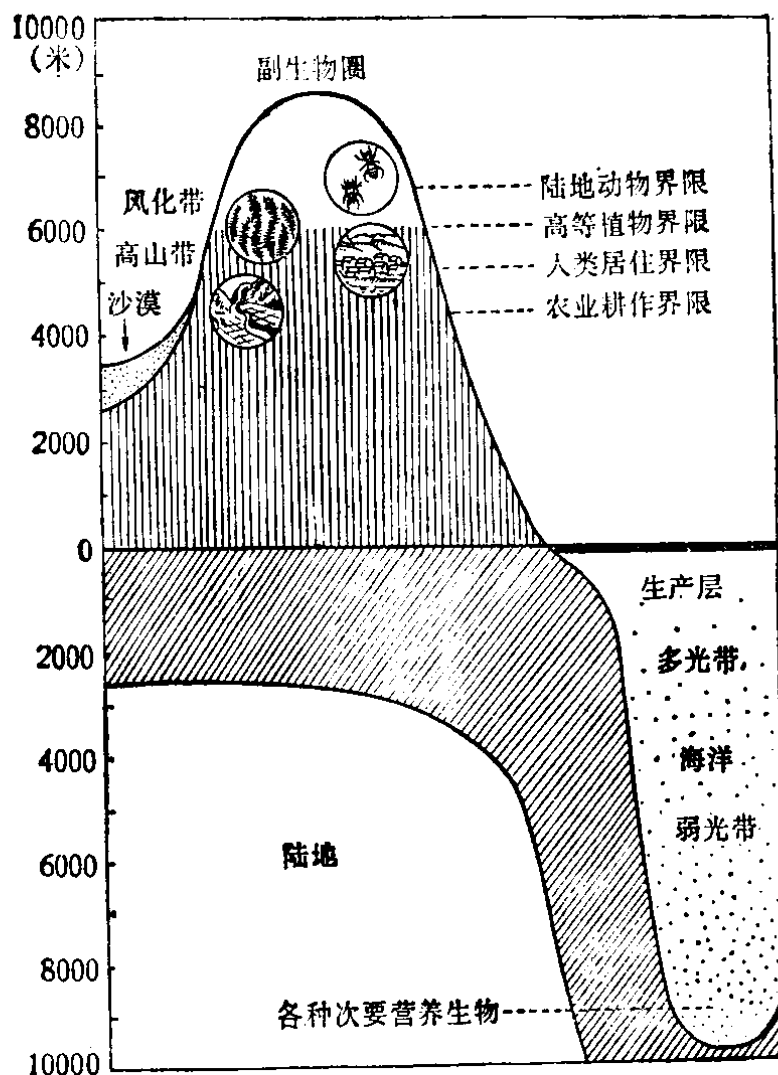


图 1-1 生物圈的上下界限

动都需要一定的环境,即需要占居一定的空间,要求有一定的水、热、气及营养物质。它们从环境中不停地摄取能量和养分,不断地把这些能量和养分同化成自身的一部分,同时,又把异化过程中产生的废物排放到环境中去。因此,生物与环境是密不可分的。在生物圈中植物的种类虽然不多,只占生物总种数的 13—14%,但是,植物的量在有机物质总量中却占 99%以上。植物把太阳能转化为有机质,并为其它生物提供食物,所以,植物是生物圈的核心,具有重要的生态作用。

二 生态系统概念的产生

生态系统是生态学的核心问题之一。生态学英文叫 Ecology，是德国生物学家海克尔 (E.Haeckel) 于 1866 年在《有机体普通形态学》一书中首先提出。它是由希腊文字根 “Oikos” 和 “logos” 组成的。“Oikos” 意思是“住所”或“家”，也寓意着生物的存在，“logos”意为研究或讨论。海克尔把生态学的大意解释为研究生物有机体和无机环境相互关系的科学，真是名符其实的。

生物与环境的关系主要通过能量与物质的交换来体现。因而，也可以说生态学是研究生物与环境之间的能量与物质的收支规律和相互作用机理的科学。这里所谓的环境不仅包括土壤和气候等无机环境，还包括着其它生物个体组成的生物环境。从某种意义上讲，这是更为重要的环境。

不难看出，生态学既包括生物科学的内容，又涉及到地学和环境科学，还与一些应用科学有联系，是一门综合性科学。

地球上的生物不可能单独存在，如同一个人离不开人类社会一样，而总是多种生物通过各种方式，彼此联系而共同生活在一起，组成一个“生物的社会”，这种生物社会就叫做生物群落。生物群落是由植物群落、动物群落和微生物群落构成的。其中植物群落不但数量多，外貌显著，而且还是动物和微生物赖以生存的基础，因此是生物群落的核心。是生态学研究的主要问题之一。

生物群落与环境之间的联系是密不可分的，它们相互依存，彼此制约，共同发展，形成一个自然整体。这种观点早在十九世纪末二十世纪初就出现在欧美各国的科学文献中了。不少学者曾试图提出相应的科学术语来表达这一思想。

其中英国生态学家坦斯利 (A.G Tansley), 基于自己长期对植物群落的研究, 并总结了前人的研究成果, 吸取了邻近学科的“丰富营养”, 于 1935 年比较完整地提出生态系统——Ecosystem 这一科学概念, 用来概括生物群落和环境共同组成的自然整体。标志着生态学的发展进入了一个新的阶段。

坦斯利说: “只有在我们从根本上认识到有机体, 不能与它们的环境分开, 而与它们的环境形成一个自然生态系统, 它们才会引起我们的重视”。后来人们为了纪念这位科学家的功绩, 便把这句话镌刻在他的墓碑上。1972 年在庆祝坦斯利诞生一百周年时, 科学家们一致认为生态系统这一概念是精湛的构思, 具有经典意义。

坦斯利认为有机体与其共存的环境是一个不可分割的整体。有机体包括多种生物的个体、种群和群落, 其生存环境由水、热、光、土、空气及生物等因子构成。有机体与无机环境各组成部分之间并不是孤立存在的, 不是静止不动的, 更不是偶然聚集在一起的。它们息息相关, 互相联系, 相互制约, 是有规律的组合, 处在不断运动变化之中。每个因子不仅本身起作用, 而且相互发生作用, 既受周围其它因子的影响, 反过来又影响其它因子。其中一个因子发生了变化, 其它因子也会产生一系列的连锁反应。这种错综复杂的生物和非生物因子密切相关, 通过能量的流动和物质的循环, 在自然界中构成一个相对稳定的自然体。坦斯利采用了欧洲当时流行的物理学概念——系统予以概括, 把这一自然体特称之为“生态系统”。因此, 生态系统是一定空间范围内生物与非生物通过能量流动与物质循环过程, 共同结合为一个生态学单位。由于它包含着丰富的科学思想, 因而, 一经提出就获得很多生态学家的赞同, 并逐渐予之丰富和补充。有的学者把生态系统概括为一个简单明了的公式: 生态系统 = 生物群落 + 环境条件。

根据这一概念，任何生物群体与其环境组成的自然体都可以叫做生态系统。一块草地、一片森林是生态系统；一片沙漠、一个水池也是一个生态系统；一座山脉是一个生态系统，由它发源下来的一条河流又是一个生态系统。除了天然的生态系统以外，还有人工的生态系统，例如水库、运河、城市与农田等等都是人工生态系统。小的生态系统组成大的生态系统，简单的生态系统构成复杂的生态系统。形形色色，丰富多彩的生态系统合成为生物圈。生物圈本身就是一个无比巨大而又精密的生态系统，是地球上所有的生物（包括人类在内）和它们生存环境的总体。

三 生态系统学说的形成与发展

坦斯利提出生态系统之后，美国耶鲁大学年轻学者林德曼(R. L. Lindeman)吸取了坦斯利、埃尔顿(A. G. Elton)、克莱门茨(F. E. Clements)、谢尔福德(V. E. Shelford)等早期生态学家关于生态系统营养-动态方面的成果，对美国的湖沼生态系统的营养级和能量流进行深入研究。同时受到中国“大鱼吃小鱼，小鱼吃虾米，虾米吃稀泥（实际是吃藻类）”和“一山不能容二虎”等谚语的启示（据曲仲湘 1978），于 1942 年创立了生态系统中能量在各营养级间流动的定量关系，并提出了 1/10 定律。初步奠定了生态系统的理论基础。

几乎与林德曼同时，苏联森林植物群落学家苏卡乔夫(B. Н. Сукачев) 基于长期对陆地植物群落，特别是森林植物群落的研究，并对道库恰也夫(B. В. Докучаев)和莫洛左夫(Г. Ф. Морозов)的思想加以发展，于 1944 年提出了生物地理群落的这一科学概念。苏卡乔夫把生物地理群落概括为一个简单明确的公式：生物地理群落 = 生物群落 + 生境。

生物地理群落包括植物群落、动物群落和微生物群落。生境包括气候和土壤,生物地理群落型是自然界的基本单位,生物圈是由多种多样生物地理群落型组成的。

坦斯利和苏卡乔夫采用的科学术语虽然不同,但是生态系统和生物地理群落两个概念的含意基本一致。因此,早在1959年于加拿大召开的第九届国际植物学会议上,许多国家的学者把这两个术语作为同义语来使用。但是目前各国使用最广的还是生态系统,因为这一术语易于被各种语言所接受。

进入五十年代,特别是六十年代以后,由于世界性的五大社会问题:①人口激增,②能源短缺,③资源破坏,④粮食不足,⑤环境污染,日益引起人们的关注。生态系统学说的发展又进入了一个新的时期。奥德姆(E. P. Odum)和惠特克(R. H. Whittaker)以及苏联的苏卡乔夫和德利斯(Н. В. Дылис)等人的研究工作,使生态系统学说的理论体系进一步完善。尤其是七十年代以来,数学、控制论及电子计算机等理论和方法广泛渗透到生态系统的研究中,生态学已由一般定性描述逐渐走向确切定量的预测预报阶段。

为了解决国际上日益严重的人口、资源和环境等问题,联合国教科文组织在1965年组织了国际生物学研究计划(IBP),其主要任务是研究了解维持地球生命的环境系统及其基本过程,阐明控制环境系统的机理。1970年该组织第十六届全体会议上,根据多数国家建议,又制定了“人与生物圈”(MAB)研究计划,建立大协作,开展全球性生态系统的研究。

为了保证人类社会和经济的发展,需要从根本上摸清地球上各种生态系统的变化规律,掌握它们的发展趋势,提出合理开发和保护生态系统的措施。“人与生物圈”计划就是为了合理利用自然资源,保护人类生存环境的实际需要而制订的,它的十四个课题主要是研究森林、草原、荒漠、山地、河流、湖

泊、海岸、岛屿和自然保护区、大城市、大建筑工程等各种生态系统；预测在人类活动影响下，这些生态系统的变化和这种变化对人类本身以及未来世界的影响。通过这些研究，掌握其变化规律，从而有效的保护生态环境，永续不断地利用可更新的自然资源。

目前，这一计划已进入全面实施的阶段，参加这个计划的有 98 个国家和联合国有关专门机构以及一些学术团体。1972 年，在教科文组织第十七届大会上，我国参加了“人与生物圈”计划的国际协调理事会，并当选为理事国。

1975 年又由四个国际组织成立了“生态系统保持协作组”(E.C.G)，进一步加强生态系统的研究，其主要任务是研究生态平衡和保护环境以及维护和改善生态系统的生产力。近年来，以探索宏观世界综合规律为方向的生态系统的研究，正与研究微观世界的分子生物学齐头并进，飞跃发展，由此则可获得更深刻的生命观、生物观、自然观，决定着整个生物学的前程。

第二章 生态系统的结构与功能

生态系统是自然界的基本功能单元,只要有太阳辐射、足够的水、二氧化碳和无机盐就能运转,把无机物制造成有机物,保证生物的生长和繁衍。因此,生态系统很像一部机器,接通电源(太阳能),输入原料(水和二氧化碳),就能生产出一定成品(生物产品)。那么生态系统这部“机器”是由哪些“部件”(成分)组成的呢?这些成分各有什么功能?它们之间如何联系和协同“动作”?又是怎样来完成它的生产过程的呢?

一 生态系统的成分与结构

要想认识生态系统,首先要剖析一下它的结构。生态系统的结构有两个方面:一是组成成分,二是配置状态。

(一) 生态系统的成分

生态系统组成成分是指系统内部所含有若干相互联系的各种成分,又称要素。地球上一切物质都可能是生态系统的组成成分: 按着这些成分结合的特点及其功能,可以把生态系统分为两大部分: 即非生物部分(无生命成分)——无机环境,生物部分(有生命成分)——生物群落。

第一部分: 无生命物质,即无机环境。包括基质——土壤、岩石、砂砾和水等,构成植物生长和动物活动的空间;物质代谢材料——太阳能、水、二氧化碳、氧、氮和无机盐;生物体