

第一章 绪 论

一、什么是生态学

生态学 ecology 一词源于希腊文“oikos”(原意为房子、住处或家务)和“logos”原意为学科或讨论),原意是研究生物住处的科学。1866年,德国动物学家黑克尔(Haeckel)首次为生态学下的定义是:生态学是研究生物与其环境相互关系的科学。他所指的环境包括非生物环境和生物环境两类。后来,泰勒(Taylor)、艾利(Allee)、布什伯姆(Buchsbaum)、伍德伯里(Woodbury)和奈特(Knight)等人所提出的定义都未超出黑克尔定义的范围。

1966年史密斯(Smith)认为“ECO”代表生活之地,因此生态学是研究有机体与生活之地相互关系的科学,所以又可把生态学称为环境生物学(environmental biology)。

著名生态学家奥德姆(Odum)在《生态学基础》一书中,认为生态学是研究生态系统的结构和功能的科学,具体内容应包括:(1)一定地区内生物的种类、数量、生物量、生活史及空间分布;(2)该地区营养物质和水等非生命物质的质量和分布;(3)各种环境因素(如湿度、温度、光、土壤等)对生物的影响;(4)生态系统中的能量流动和物质循环;(5)环境对生物的调节(如光周期现象(photoperiodism))和生物对环境的调节(如微生物的固氮作用)。

生态学的基本原理既可应用于生物,也可应用于人类自身及所从事的各项生产活动。事实上,现代生态学的发展已越来越把人放在了中心的位置。当代人口猛增所引起的环境问题和资源问题,使生态学的研究日益从以生物为主体发展到以人类为主体,从

自然生态系统的研究发展到人类生态系统的研究。因此，在生态学的定义中，应当反映这种变化，把研究人与环境的相互关系包括在定义之内。总之，我们可以这样说：生态学是研究生物和人与环境之间的相互关系，研究自然生态系统和人类生态系统的结构和功能的一门科学。

二、生态学的分支学科及与其他学科的关系

生态学是一门综合性很强的科学，一般可分为理论生态学和应用生态学两大类。

理论生态学中的普通生态学 (general ecology) 是概括性最强的一门生态学，它阐述生态学的一般原则和原理，通常包括个体生态、种群生态、群落生态和生态系统生态四个研究层次。

理论生态学依据生物类别可区分为：动物生态学 (animal ecology)、植物生态学 (plant ecology)、微生物生态学 (microbial ecology)、哺乳动物生态学 (mammalian ecology)、鸟类生态学 (avian ecology)、鱼类生态学 (ecology of fishes)、昆虫生态学 (ecology of insects) 等。

理论生态学依据生物栖息地可区分为：陆地生态学 (terrestrial ecology)、海洋生态学 (marine ecology)、河口生态学 (estuarine ecology)、森林生态学 (forest ecology)、淡水生态学 (freshwater ecology)、草原生态学 (grassland ecology)、沙漠生态学 (desert ecology)、太空生态学 (space ecology) 等。

应用生态学包括：污染生态学 (pollution ecology)、放射生态学 (radiation ecology)、热生态学 (thermal ecology)、古生态学 (paleo ecology)、野生动物管理学 (wildlife management)、自然资源生态学 (ecology of natural resources)、人类生态学 (human ecology)、经济生态学 (economic ecology)、城市生态学 (city ecology) 等。

现代生态学的发展还促使了一些新的分支学科的诞生，新分

支学科包括：行为生态学 (behavioural ecology)、化学生态学 (chemical ecology)、数学生态学 (mathematical ecology)、物理生态学 (physical ecology)、进化生态学 (evolutional ecology) 等。

生态学是生物学的一个重要组成部分，它与其他生物科学如形态学、生理学、遗传学、分类学及生物地理学有着非常密切的关系。此外，生物的生活环境是很复杂的，上至天文，下至地理，地球内外的一切自然现象都可能成为生物生存的环境因子，因此，深入地研究生态学必然会涉及数学、化学、自然地理学、气象学、地质学、古生物学、海洋学和湖泊学等自然科学以及经济学、社会学等人文科学。作为一个生态学家应当具有广博的学识。

三、生态学研究简史

现代人即智人 (*Homo sapiens*) 是在大约 25 万年前由直立猿人 (*Homo erectus*) 进化来的。随着现代人的诞生，人类便开始慢慢积累生态学知识，早期的人类为了衣食住行，必须选择躲避风雨猛兽的洞穴，从事捕鱼、狩猎和采集野生植物等各项活动，为此就必须熟悉生物的活动规律和它们与环境的关系。四五千年前，我国的神农氏曾尝百草以鉴别各种植物。古希腊最早的医药学家希波克拉底 (Hippocrates) 曾写过一本《空气、水和草地》的书，指出必须研究植物与季节变化之间的关系。亚里士多德 (Aristotle) 在《自然史》一书中，曾描述了生物与环境之间的相互关系以及生物之间的竞争。他的学生特奥弗拉斯图斯 (Theophrastus) 在《植物的群落》一书中，研究了陆地及水域中植物群落及植物类型与环境的关系，被后人认为是最早的一位生态学家。

从中世纪文艺复兴以后，生态学也像其他自然科学一样，在欧洲经历了一个漫长的黑暗时期后，开始得到了蓬勃发展。博伊尔 (Boyle) 以小白鼠、猫、鸟、蛙、蛇和无脊椎动物为材料，研究了低气压对动物的影响。奥雷米尔 (Reaumur) 在 6 卷《昆虫自然史》中，

广泛涉及到了昆虫生态学知识，他也是研究昆虫积温现象的先驱。布丰 (Buffon) 在 44 卷《生命律》中，主要是描述生物与环境的关系，他认为动物的习性与对环境的适应有关。洪堡德 (Humboldt) 于 1799~1804 年到南美洲热带和温带地区对植物及其生存环境进行了五年的考察，收集了大量的植物标本和资料，回国后出版了 26 卷巨著，从而奠定了植物地理学的基础。马尔萨斯 (Malthus) 于 1803 年出版了他的《人口论》，不仅研究了生物繁殖与食物的关系，而且特别研究了人口增长与食物生产的关系，他的思想对达尔文有很大影响。世界著名生物学家达尔文 (Darwin) 于 1859 年出版了他的名著《物种起源》，该书对生态学和进化论作出了巨大贡献。英国学者福布斯 (Forbes) 不仅研究了爱琴海动物的分布，指出在不同深度的海水中，都有其特有的动物，而且还依据古地质资料，提出不列颠岛的动植物是由欧洲大陆通过陆桥 (land bridges) 迁入的，从而对生态学和古生态学的研究都作出了贡献。德国人默比乌斯 (Mobius) 从事牡蛎养殖场的研究，于 1877 年提出了生物群落 (biocoenose) 这一术语。瓦利塞亚 (Wallace) 在马来半岛及南洋群岛从事了八年的博物学考察后，完成了《生物世界》和《动物的地理分布》等著作，对生态学、生物地理学和进化论都有很大贡献。丹麦生态学家瓦罗宁 (Warøning) 的名著《植物生态学》(1881) 是这一领域的经典著作之一。德国生态学家申佩尔 (Schimper) 在《植物地理学》(1898) 一书中，阐明了植物分布与各种环境因子之间的关系，并特别重视环境中非生物因子的作用。瓦罗宁和申佩尔二人都有许多学生，如英国的坦斯利 (Tansley) 和美国的考尔斯 (Cowles)，他们后来都成了著名的生态学家，并对生态学作出了很大贡献。

进入 20 世纪后。生态学的发展更为迅速，人材辈出，著作颇多。芝加哥大学的考尔斯对植物群落颇有研究，是美国生态学知识的启蒙者。谢尔福德 (Shelford) 在 1907 至 1951 年间发表了几十篇论文，对生态学贡献很大，在 1929 年出版的《实验室及野外生

态学》一书中，着重于动物群落的研究，后来在 1931 年又出版了《温带美洲的动物群落》，该书颇负盛名。亚当斯（Adams）于 1913 年出版了《动物生态学研究指南》一书。英国牛津大学的埃尔顿（Elton）最先提出了食物链和生态金字塔的概念，他擅长于种群生态学的研究，曾于 1917 年和 1933 年先后出版了两本《动物生态学》。克莱门茨（Clements）和谢尔福德于 1936 年合著的《生物生态学》至今仍是一本内容丰富的著作。1937 年我国著名鱼类学家费鸿年出版了《动物生态学纲要》，这是我国第一本动物生态学著作。坦斯利是英国植物生态学家，他把生物与其环境看成是一个整体，并于 1935 年首次提出了生态系统（ecosystem）的概念。查普曼（Chapman）著有《动物生态学》（1931），他认为自然界中生物数量之所以能够保持平衡是由于生物的繁殖力与环境阻力相互制约的结果。高斯（Gause）在《生存斗争》（1934）一书中认为，生态位（niche）有差异的物种可以共存，他还详细分析了影响种群消长的各种生态因子。洛特卡（Lotka）1934 年出版了《生物群落的理论分析》，这是一本将数学应用于生态学的理论著作。阿利等人所著《动物生态学原理》（1949）是一本内容丰富的生态学巨著。戴斯（Dies）所著《自然群落》（1952）论述了物理环境与生物群落的关系，并讨论了群落的演替问题。安德鲁沃斯（Andrewartha）和比奇（Birch）合著的《动物的数量与分布》主要以昆虫为材料，进行了生态学的定量分析，并讨论了生物的种群变动、分布和周期活动，还涉及到遗传学方面的研究。

此外，伍德伯里的《普通生态学原理》（1954）、肯迪希（Kendigh）的《动物生态学》（1961）、史密斯，R. L. 的《生态学及野外生物学》（1980 第三版）、奈特的《生态学的基本概念》（1965）、克拉克（Clarke）的《生态学基本原理》（1967）、奥德姆的《生态学基础》（1971）、克雷布斯（Krebs）的《生态学：分布和数量的实验分析》（1985 第三版）、麦克诺顿（McNaughton）和沃尔夫（Wolf）的《普通生态学》（1979 第二版）、梅（May）的《理论生态学》（1976）、

瓦利(Varley)等人的《昆虫种群生态学分析方法》(1975)、史密斯, J. M. 的《生态学模型》(1975)、库马尔(Kumar)的《现代生态学概念》(1983)、安德森(Anderson)的《环境生态学:生物圈、生态系统和人》(1981)和怀特(White)等人的《环境系统》(1984)都是近代生态学的代表著作。

我国的生态学事业是在 1949 年以后才得到发展的,起初发展缓慢,与整个国家建设事业的发展极不适应,与世界先进水平及迅猛发展的速度差距极大。随着我国人口、环境和资源问题的突出和现代化建设的需要,生态学日益受到国家和人民的重视,出现了加速发展的可喜形势。1972 年,我国当选为“人与生物圈”计划国际协调理事会的理事国,并于 1978 年 9 月成立了“人与生物圈”国家委员会,负责组织我国参加该计划的各项研究工作,并提出了生态系统研究的各项课题。目前,我国已在长白山建立了森林生态系统的定位研究站,在内蒙古建立了草原生态系统定位研究站,并且在全国各地建立了四百多个自然保护区,其中的长白山自然保护区、广东鼎湖山自然保护区和四川卧龙自然保护区还加入了国际生物圈自然保护区的协作网。1979 年 10 月,我国正式成立了生态学会;1981 年,《生态学报》创刊;1982 年,《生态学杂志》创刊;1983 年,《生态学进展》创刊,其前身为《陆地生态译报》;1990 年,《应用生态学报》创刊。建国以来,我国已陆续出版了数十部生态学著作,主要有:《昆虫种群生态学原理与应用》(丁岩钦, 1980)、《植物生态学》(云南大学生物系, 1980)、《动物生态学》(华东师范大学等, 1982)、《植物生态学》(第二版)(曲仲湘等, 1983)、《生态学引论——害虫综合防治的理论及应用》(赵志模、周新远, 1984)、《植物群落学》(林鹏, 1986)、《植物群落学》(王伯荪, 1987)、《动物生态学原理》(第三版)(孙儒泳, 2001)、《昆虫种群生态学》(徐汝梅, 1987)、《植物生态学》(祝廷成、钟章成等, 1988)、《生态学概论》(苏智先、王仁卿等, 1989)、《现代生态学透视》(马世骏主编, 1990)、《中国生态学发展战略研究》(马世骏主编, 1991)、《普通生

态学》(孙儒泳、尚玉昌等,1993)、《行为生态学》(尚玉昌,1998)、《生态系统生态学》(蔡晓明,2000)、《生态生物化学》(李绍文,2001)、《普通生态学》(第二版)(尚玉昌,2002)。上述期刊和著作对推动我国生态学事业的发展都发挥了重要作用。

四、生态学的发展趋势

生态学知识的积累虽然可以追溯到史前时期,但作为专门的科学研究来说,只能从 17 世纪和 18 世纪的自然史或博物学研究算起。生态学主要是从自然史和博物学的研究中独立出来的。然而现代生态学却是在 19 世纪末和 20 世纪初开始确立的,直到五六十年代才得到了更大的发展。现代生态学的基础是在 19 世纪后期奠定的,主要有下面几个领域的研究:(1)自然史和生物区系调查;(2)环境生理和生态适应的研究(个体生态学);(3)进化论与自然选择的研究;(4)人口与人口统计学的研究;(5)生态地理和自然保护的研究。这说明生态学从一开始就继承了许多学科的研究成果,具有明显的综合性。

生态学发展迈出的第一步是从个体的观察转向群体的研究,即从个体生态学(autoecology)转向群体生态学(synecology)的研究。从 19 世纪末到 1930 年谢尔福德等人《生物生态学》一书的出版。这一期间生态学逐渐以群落为研究重点(包括种群生态学研究),其代表著作有瓦罗宁的《植物生态学:植物群落研究导论》(1909 英译本)、美国人考尔斯的《密执安湖沙丘植被的生态关系》(1899)等。此时已逐渐形成了研究植物群落的几大学派,研究方法也有了明显进步:已逐渐由描述到定量,由静态到动态,由局部到整体,由考察到实验。不仅动物种群数量的研究开始定量计数,植物群落的调查也已定量化,因此在 20 世纪头十年中就出现了丰盛度、恒定度和频度等概念。动态的研究是从考尔斯开始的,他提出了演替的概念,而且发展了顶极群落的思想。群体生态学从种

间关系着眼,把所有生物看成一个整体,并与环境联系起来进行综合研究。1916年,克莱门茨在《植物的演替:植被发展的分析》一书中,首次把 biome(生物带)一词作为生物群体的基本单位。在20世纪前期还开始了群体的实验研究:在植物方面对植被进行实验研究,在动物方面则用果蝇和黄粉甲等昆虫进行实验种群的数量变动研究。同时还诞生了研究种群遗传结构的遗传生态学。这一期间的群落研究为后来生态系统概念的提出和研究打下了基础。

生态学第二步的重大发展是开展生态系统的研究。生态系统(ecosystem)一词首先是由英国植物生态学家坦斯利于1935年在一篇题为“植被概念和名称的使用和滥用”的论文中提出来的。应当说,这不是坦斯利一人的功绩,而是长期生态学研究的必然结果。生态系统思想的渊源至少可以上溯到达尔文,很多学者都提出过类似生态系统的概念和名词,如自然综合体、林分型和自然地理群落等。就现代生态学来说,埃尔顿强调食物链问题,蒂内曼(Thienemann)指出生产者、消费者和分解者三者的关系以及林德曼(Linderman)在“生态学的营养动态”一文中强调能量流动等,都对生态系统概念作出了重要贡献。此后,热力学和经济学的概念渗入了生态学,20世纪50年代以后,信息论、控制论和系统论也为生态学带来了自动调节原理和系统分析方法,使得进一步揭示生态系统中的物质、能量和信息之间的关系成为可能。生态系统的研究经常涉及农、林、牧、猎、渔、野生动物管理和人类所面临的许多重大课题,可见,生态系统的研究具有重大的理论意义和实用意义。于是,生态学在50年代又进入了一个大发展时期,使生态系统成了生态学研究的重点课题。六七十年代,有关生态系统理论和应用的研究论文如雨后春笋般地大量涌现,生态系统概念已开始应用于地学、农学和环境科学。生态系统的研究很自然地涉及到了整个生物圈,这使生态学一方面与地理学、地球化学等学科交叉,另一方面又开始同社会科学互相渗透,从而显示了高度综合

性的研究方向。

总之，现代生态学是在积累大量资料的基础上形成的生态学发展新阶段。生态学在 20 世纪初期以群落为研究重点时就显示出从描述到定量，从静态到动态，从局部到整体，从单纯考察到实验分析的新特征。从 20 世纪中期生态系统概念提出以来，生态学研究在理论和方法上都发生了巨大变化，这给生态学的应用带来了更广阔的前景。现代生态学从以生物为研究中心发展到以人为研究中心，在改造世界和造福人类方面发挥着越来越重要的作用。

第二章 个体生态

一、环境与生态因子

1. 环境和生态因子的基本概念

环境(environment)是指某一特定生物体或生物群体以外的空间及直接、间接影响该生物体或生物群体生存的一切事物的总和。环境总是针对某一特定主体或中心而言的,离开了这个主体或中心也就无所谓环境,因此环境只具有相对的意义。在环境科学中,一般以人类为主体,环境是指围绕着人群的空间以及其中可以直接或间接影响人类生活和发展的各种因素的总和。在生物科学中,一般以生物为主体,环境是指围绕着生物体或者群体的一切事物的总和。所指主体的不同或不明确,往往是造成对环境分类及环境因素分类不同的一个重要原因。

生态因子(ecological factor)是指环境中对生物的生长、发育、生殖、行为和分布有着直接或间接影响的环境要素,如温度、湿度、食物、氧气、二氧化碳和其他相关生物等。生态因子是生物存在所不可缺少的环境条件,也称生物的生存条件。生态因子也可认为是环境因子中对生物起作用的因子,而环境因子则是指生物体外部的全部环境要素。

2. 生态因子的分类

在任何一种生物的生存环境中都存在着很多生态因子,这些生态因子在其性质、特性和强度方面各不相同,它们彼此之间相互

制约、相互组合，构成了多种多样的生存环境，为各类极不相同生物的生存进化创造了不计其数的生境类型。生态因子的数量虽然很多，但可依其性质归纳为五类：

- 气候因子。如温度、湿度、日光、降水、风、气压和雷电等。
- 土壤因子。土壤是岩石风化后在生物参与下所形成的生命与非生命的复合体，土壤因子包括土壤结构、土壤有机和无机成分的理化性质及土壤生物等。
- 地形因子。如地面的起伏，山脉的坡度和阴坡、阳坡等 这些因子对植物的生长和分布有明显影响。
- 生物因子。包括生物之间的各种相互关系，如捕食、寄生、竞争和互惠共生等。
- 人为因子。把人为因子从生物因子中分离出来是为了强调人的作用的特殊性和重要性。人类的活动对自然界和其他生物的影响已越来越大和越来越带有全球性，分布在地球各地的生物都直接或间接受到人类活动的巨大影响。

除了上述分类法以外，史密斯曾把生态因子分成密度制约因子（density dependent factors）和非密度制约因子（density independent factors）两大类。前者的作用强度随种群密度的变化而变化，因此有调节种群数量，维持种群平衡的作用，如食物、天敌和流行病等各种生物因子；后者的作用强度不随种群密度的变化而变化，因此对种群密度不能起调节作用，如温度、降水和天气变化等非生物因子。但有些科学家（如安德鲁沃斯和比奇）反对把生态因子分为密度制约因子和非密度制约因子。

前苏联学者蒙恰茨基（Мончадский）则依据生态因子的稳定程度将其分为稳定因子和变动因子两大类。稳定因子是指终年恒定的因子 如地磁、地心引力和太阳辐射常数等，这些稳定生态因子的作用主要是决定生物的分布。变动因子又可分为周期变动因子和非周期变动因子，前者如一年四季变化和潮汐涨落等；后者如刮风、降水、捕食和寄生等，这些生态因子主要是影响生物的数量。

蒙恰茨基的分类法具有一定的独创性，对了解生态因子作用的性质有很大帮助。

3. 生态因子作用的特点

概括起来，生态因子作用有四大特点：

- 综合性。每一个生态因子都是在与其他因子的相互影响、相互制约中起作用的，任何一个因子的变化都会在不同程度上引起其他因子的变化。例如光强度的变化必然会引起大气和土壤温度和湿度的改变，这就是生态因子的综合作用。

- 非等价性。对生物起作用的诸多因子是非等价的，其中必有 1~2 个是起主要作用的主导因子。主导因子的改变常会引起许多其他生态因子发生明显变化或是生物的生长发育发生明显变化，如光周期现象中的日照长度和植物春化阶段的低温因子就是主导因子。

- 不可替代性和互补性。生态因子虽非等价，但都不可缺少，一个因子的缺失不能由另一个因子来替代。但某一因子的数量不足，有时可以靠另一个因子的加强而得到调剂和补偿。例如：光照减弱所引起的光合作用下降可靠二氧化碳浓度的增加得到补偿；银大量存在时可减少钙不足对动物造成的有害影响。

- 限定性。生物在生长发育的不同阶段往往需要不同类型或不同强度的生态因子。因此某一生态因子的有益作用常常只限于生物生长发育的某一特定阶段。例如：低温对某些作物的春化阶段是必不可少的，但在其后的生长阶段则是有害的；很多昆虫的幼虫和成虫生活在完全不同的生境中，因此它们对生态因子的要求差异极大。

二、生物与非生物环境之间的关系

1. 一个充满生命的星球

地球是宇宙间已经知道惟一具有生命的星球，在这个星球上，从肉眼看不见的细菌、病毒到海洋中的庞然大物——体长达 33 m 的蓝鲸，繁殖着令人眼花缭乱的千万种生命形式。目前已经被人类发现的生物多达 150 万种，但是据科学家估计，还有比这个数字多 3~6 倍的生物没有被人类发现，现在每年都要有 6000~7000 个新种被发现。有两位美国昆虫学家利用新式录音设备分析蟋蟀的鸣声，竟发现美国东部的 108 种蟋蟀中，有 40 多个新种。生活在南美洲亚马逊河的淡水鱼，现在已经知道有 1000 种，但是新种不断被发现，估计可能有 2000 种。线虫已经知道有 1 万种，但是全世界自由生活的线虫可能在 10 万种以上。至于在海洋这个奇异多彩的生物世界里，必将有更多料想不到的生命形式被发现。

地球上生物的种类是丰富多彩的，但是生物的数量更是惊人。据考察，地球上仅蚂蚁就有 13000 种之多，而蚂蚁的个体数目根据最保守的估计，在任何时刻都不会少于 1000 万亿只，即地球上的每一个人都有 17 万只蚂蚁与之共存！现在让我们看看鸟类，据英国鸟类学家菲舍估计，地球上鸟类的个体数量，大约是 1000 亿只，相当于世界人口数的 17 多倍。仅栖息在澳大利亚沿岸的细嘴鸀，估计数量就多达 1.5 亿只。在墨西哥湾的伊斯勒·瑞兹岛上，0.405 ha 地面上竟有 4000 只燕鸥营巢，每巢一卵，卵和卵间的距离只有 22.86 cm。生活在非洲的织巢鸟，常常聚集成几百万只的大群，飞时遮天蔽日，停栖时会压断树枝。这不由得会使人想起旅鸽往昔的生活情景，旅鸽一度是地球上数量最多的鸟类，其种群数量曾经多达 50 亿只。但这种鸟已经在 1914 年从地球上消失了。

生物数量增殖的潜力是令人难以相信的，就拿繁殖能力并不太快的野鸭来说吧，一对野鸭一年能繁殖 8 只幼鸭，假定每只幼鸭都能顺利地发育到性成熟年龄，并继续按这个繁殖率进行繁殖，那么 16 年以后，这一对野鸭的后代就会超过 3000 亿只！这一数字相当于现在地球上所有鸟类数量的 3 倍！至于地球上包括所有生物在内的生物总数量，那是谁也难以想像的一个巨大天文数字。

2. 生物与环境是不可分割的统一体

地球上这些生物的生存需要一定的环境条件。鱼儿离不开水，植物离不开土壤和阳光，人类离不开新鲜的空气、洁净的淡水和适宜的食物。脱离了环境的生物是不可想像的。

然而，生物和环境是互相影响、互相渗透、互相转化而又不可分割的统一体。如果没有生物，环境也就不复存在了。例如，土壤的概念总是包括生活在土壤里的大量生物。据统计，在一小勺土壤里就含有亿万万个细菌；25 g 森林腐殖土中所包含的霉菌，如果一个挨一个排列起来，其长度可达 11 km。如果排除这些生物的积极活动，土壤也就失去了原来的含义。可以说，土壤的形成从一开始就是和生物的活动密不可分的。当火山喷射出炽热融岩流的时候，当奔腾的流水在光秃秃的地球表面侵蚀最坚硬花岗岩的时候，当年复一年的酷暑严寒使岩石渐渐破碎和瓦解的时候，原始的成土物质就开始聚集起来。此后，生物也就开始了它奇迹般的创造，一点一点地使这些无生命的物质微粒变成有结构的土壤。生命创造了土壤，而丰富多彩的生物又生活在土壤之中，这就是生物和非生物之间奇异的关系。

不仅土壤如此，包围在地球外面的整个大气圈、水圈和气候状况，也都是在和生物的相互作用下形成的，并处于生物的密切作用之中。

地球上的生物是适应它们的生存环境的。从生活在两极冰雪世界中的北极熊、企鹅，到翱翔在喜马拉雅山群峰之巅的兀鹫；从

赤道丛林中的莽莽众生，到数千米以下大洋底层的深海细菌；从森林草原中无数喧闹的鸟兽昆虫，到漂浮在万米高空的生命微尘，都说明生命几乎充溢在地球的每一个角落。从地球出现生命到现在的近 40 亿年中，生生灭灭，总共大约有 3 亿种不同的生物曾经在地球上生存过。这些生物不仅彼此之间互相联系、互相影响，而且也 和人类、整个地球的非生物环境密切联系在一起，构成一个统一的有机整体，即生物圈（它是由大气圈、岩石圈和水圈含有生命的部分组成的）（图 2-1）。

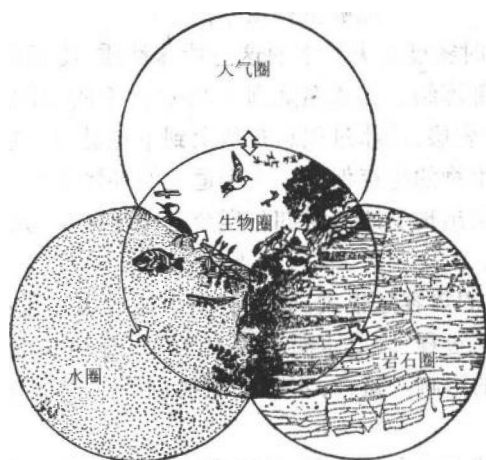


图 2-1 地球表面的大气圈、岩石圈、水圈与生物圈的相互关系

生物和环境之间的相互关系，归根结底要反映在生物种类的多样性和生物数量的变化上。在一个成熟的原始森林中，例如东北小兴安岭的寒带针叶林或海南岛的热带雨林，生物的种类是很稳定的，生物的数量也很少变化，这其中就有着生态学的奥秘。下面介绍的是生物同一些重要环境因子如水、温度、光等之间的关

3. 没有水就没有生命

水不仅是任何生物都不可缺少的组成成分,而且生命的一切新陈代谢活动都必须以水为介质。生物体内营养的运输、废物的排除、激素的传递以及生命赖以存在的各种化学反应,都必须在溶液状态下进行,而所有物质也都必须以溶液状态才能进入或离开细胞。所以,水不仅在大气、陆地和海洋之间进行无休止的循环,也在每个生物体和它们的环境之间不断地进行交换。

各种生物之所以能够生存至今,都有赖于水的一种奇异特性,即在 3.98 °C 时密度最大。水的这一特殊性质,使任何地方的水都不会同时全部冻结。当水温降到 3.98 °C 以下的时候,总是暖水在底层,冷水在表层,结冰过程总是从上到下地进行。这就在冰层下为所有水生生物的生存保持了一个适宜的环境条件。这对地球历史上曾经多次出现的冰河时期和现今寒冷地区生物的生存来说是极为重要的。

此外,水的热容量很大,既能容纳也能放出大量的热,而且它是一个缓慢的过程,因此水温不像大气温度那样变化剧烈,也较少受气温波动的影响。这样,水就为生物创造了一个非常稳定的温度环境。

水在地球大陆上的分布,是决定陆地生物面貌的重要因素之一(另一重要因素是温度)。在高温高湿的赤道地区,生物的种类和数量最多,形成热带雨林;在高湿低温的高纬度地区,生长着连绵不断的寒带针叶林;在中湿中温的中纬度地区,分布着广袤的温带草原;而在雨水极少的任何地区都会出现贫瘠的沙漠。沙漠植被极为稀疏,致使大部分阳光得不到利用,有机物质的生产量每年每平方米只有 20 g(干重),同热带雨林相差 1000 倍。

水是生命的摇篮。最早的生物就诞生在 30 多亿年前的原始海洋中。在生物演化的漫长年代,几乎有 9/10 的时间都是在海洋中进行的。只在大约 4 亿年前,生物才离开海洋登上陆地。

生物登陆后面临的最严重的问题，就是怎样减少水分蒸发和维持体内水分的平衡。谁能解决这个问题，谁就能占有广大的陆地，为种系的繁荣发展开辟广阔的道路。至今，完全适应在干燥陆地生活的，只有像爬行动物（蜥蜴和蛇等）、鸟类、哺乳动物和昆虫这样一些动物，因为它们的皮肤基本是干燥而不透水的，能有效地防止体内水分的蒸发。此外，昆虫、爬行动物和多数鸟类都以固体尿酸的形式排泄体内的含氮废物，从而能节省不少体内的水分。甚至像啮齿动物和羚羊这样的哺乳动物，也靠排出非常干燥的粪球来减少水分的损失。骆驼可以利用驼峰中脂肪氧化所产生的代谢水，因而能长期忍受干渴。更令人惊异的是，白蚂蚁和粉蛾可以依靠含水极少的干木材和干面粉为生；而衣蛾的食物是完全不含水的。这些具有特殊适应本领的动物，只依靠体内的代谢水就能满足对水的需要了。

1

能够在极端缺水的环境中生活的动植物，一般都具有特殊的适应能力。仙人掌为了减少水分蒸发，叶子变成了刺，光合作用不得不在绿色的茎干中进行，而且茎干的褶皱在降雨时能舒展开来，可吸收和储存多达半吨的水！猴尾仙人掌只在雨后才长出叶子，匆匆忙忙完成光合作用后，很快就脱落了。很多沙漠植物的种子外面都包着一层抑制剂，只有雨水把抑制剂冲掉后，种子才发芽，接着就在短暂的雨季迅速完成从发芽、生长、开花，一直到结实的整个生活周期，好像它们知道干燥很快还要到来似的。

动物主要靠获得更多的水、减少水的消耗和贮存水三种方法来适应缺水的环境。沙漠啮齿动物大都在白天炎热时躲在地下深洞里，夜晚出来觅食。木鼠在庞大的仙人掌上打洞，直通其水室吸水。沙漠兔能从许多沙漠植物肥厚的根和块茎获取它们需要的营养和水分。

然而水的污染已经和正在造成生物的大量死亡，威胁着人体的健康，对人类的生存发展非常不利。因此，防止水的污染，保持水源清洁，已经成为当前生态学和环境保护的重要任务。