

高等教育“十三五”规划教材

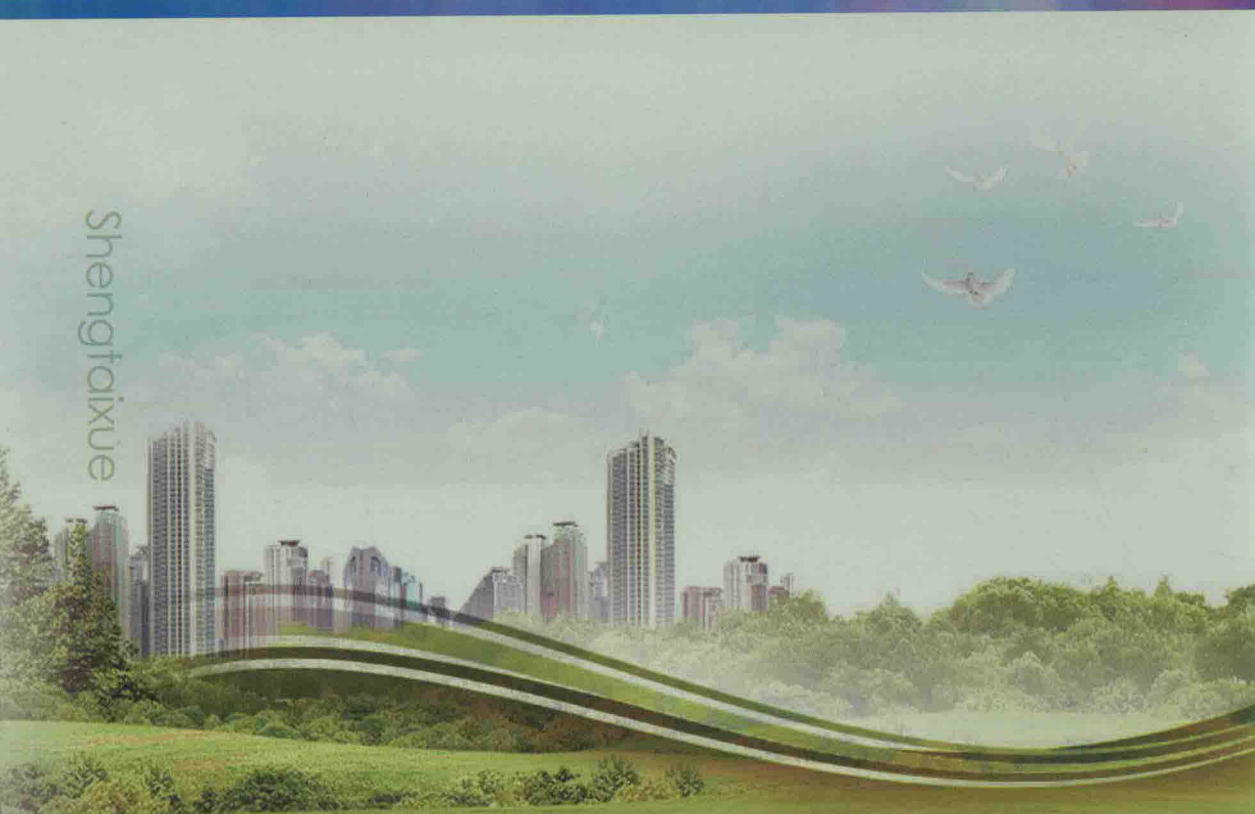


生态学

王现丽 毛艳丽 主编

Shengtaixue

Shengtaixue



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

“十二五”规划教材

生态学

主 编 王现丽 毛艳丽

副主编 曹文平 吴俊峰 薛 杨

中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本书内容分为三篇:第一篇基础(理论)生态学包括个体生态学、种群生态学、群落生态学和生态系统;第二篇城市生态学包括城市生态学的发展及基本原理,城市生态系统的结构组成、特征及其调控,城市景观,城市生态规划,城市生态建设,城市生态评价,城市生态管理;第三篇环境(应用)生态学包括环境污染生态效应,环境污染防治的生态对策和恢复生态学。

本书适合作为环境、城市规划、城市建设、城市管理等专业的教学用书,也可供从事环境生态、城市规划、城市建设、城市管理及相近专业的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

生态学/王现丽,毛艳丽主编. —徐州:中

国矿业大学出版社, 2017. 6

ISBN 978 - 7 - 5646 - 3529 - 9

I. ①环… II. ①王… ②毛… III. ①环境生态学—
高等学校—教材 IV. ①X171

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 103826 号

书 名 生态学

主 编 王现丽 毛艳丽

责任编辑 周 红

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 17 字数 424 千字

版次印次 2017 年 6 月第 1 版 2017 年 6 月第 1 次印刷

定 价 33.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

生态学是研究生物和人与环境之间的相互关系、自然生态系统和人类生态系统的结构和功能的一门科学。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。

城市是人类的主要集聚地之一,城市生态系统与城市环境是人类生态系统及人居环境的重要组成部分。随着人类社会的发展,城市在人类进步中所起的作用日益重要,城市生态与环境问题也日益被人们所重视。本书试图运用生态学的原理、知识,认识、分析城市生态系统及环境各方面的问题。

本书由王现丽、毛艳丽担任主编,由曹文平、吴俊峰、薛杨担任副主编。具体编写分工如下:河南城建学院市政与环境工程学院王现丽(第六、七章),毛艳丽(第八、九、十一章),吴俊峰(第十章);徐州工程学院环境工程学院曹文平(第十三、十四、十五章,实验一、二、三、四、五);辽宁工程技术大学环境科学与工程学院薛杨(第一、二、三、四、五章);平顶山市建设工程质量监督站罗世田(第十二章)。王现丽对本书的统稿作了大量工作,袁英贤教授作了最后的审阅工作。

由于编者水平所限,错误在所难免,希望使用本书的教师和学生提出宝贵意见。本书在编写过程中得到了不少人士的关心和支持,扶咏梅、刘盼、王宇、姜紫薇同学协助绘制了部分插图和文本编辑;本书参考和引用了有关文献资料,在此一并致以衷心的感谢!

编 者

2017年3月

目 录

第一篇 基础(理论)生态学

第一章 绪论	3
第一节 生态学的研究对象	3
第二节 生态学的分支学科及与其他学科的关系	4
第三节 生态学的发展史	5
第二章 个体生态学	7
第一节 环境与生态因子	7
第二节 生态因子对环境的影响	8
第三章 种群生态学	15
第一节 种群及其基本特征	15
第二节 环境承载力和种群增长方程	22
第三节 种群的生存策略	24
第四节 种群间的相互关系	25
第五节 种群关系的调节	32
第四章 群落生态学	37
第一节 群落的含义及性质	37
第二节 群落的种类组成	39
第三节 群落的结构	43
第四节 群落演替	48
第五节 生物在群落中的生态位	53
第五章 生态系统生态学	58
第一节 生态系统的概念和组成成分	58
第二节 生态系统的营养结构	60
第三节 营养级和生态金字塔	62
第四节 生态系统的反馈调节和生态平衡	64

第五节 生态系统中的能量流动	65
第六节 生态系统中的物质循环	74

第二篇 城市生态学

第六章 城市生态学	89
第一节 城市生态学产生背景	89
第二节 城市生态学的概念	93
第三节 城市生态学的发展简史	95
第四节 城市生态学基本原理	98
第七章 城市生态系统	103
第一节 城市生态系统的概念	103
第二节 城市生态系统的组成和结构	103
第三节 城市生态系统的功能	108
第四节 城市生态系统的特征	111
第五节 城市生态系统的生态平衡与调节	112
第六节 城市生态系统的调控	114
第八章 城市景观	135
第一节 城市景观的概念	135
第二节 城市景观结构	138
第三节 城市景观功能	142
第四节 城市景观动态	144
第九章 城市生态规划	149
第一节 城市生态规划的概念	150
第二节 城市生态规划的原则	150
第三节 城市生态规划的内容与程序	152
第十章 城市生态建设	158
第一节 城市生态建设的概述	158
第二节 生态县、生态市和生态省建设指标	159
第三节 国内外生态城市建设	170
第四节 国内外生态海绵城市建设案例	175
第十一章 城市生态评价	191
第一节 城市生态评价的概念和意义	191

第二节 城市生态评价的内容·····	192
第三节 城市生态评价的程序及方法·····	194
第十二章 城市生态管理·····	203
第一节 城市生态管理的概述·····	203
第二节 城市生态管理的原则·····	204
第三节 城市生态管理的内容·····	205
第四节 城市生态管理的方法·····	209
 第三篇 环境(应用)生态学	
第十三章 环境污染生态效应·····	215
第一节 环境污染·····	215
第二节 污染物在环境中的迁移·····	217
第三节 生物在污染生态过程中的作用·····	221
第四节 污染生态效应·····	222
第五节 污染生态效应评价的基本方法·····	226
第十四章 环境污染防治的生态对策·····	229
第一节 生物治理技术·····	229
第二节 环境生态工程·····	234
第三节 污染环境防治和修复工程措施·····	244
第十五章 恢复生态学·····	247
第一节 退化生态系统的定义及其形成原因·····	247
第二节 受损生态系统的恢复与重建·····	248
第三节 退化生态系统恢复原理和技术理论·····	249
第四节 受损生态系统恢复和重建的程序及方法·····	251
实验一 种间关系分析、群落演替分析和重金属在水生食物链中的积累和分布 ·····	253
实验二 不同污染水体中植物叶绿素含量与水质关系的研究·····	254
实验三 种群空间分布格局的调查(湿地调研)·····	256
实验四 植物群落中种的多样性测定·····	258
实验五 水质净化过程中常见生物种类及其作用·····	260
参考文献·····	262

第一篇 基础(理论)生态学

第一章 绪 论

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。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)。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。

第一节 生态学的研究对象

生态学的研究对象很广,从个体的分子直到生物圈。但是,生态学研究对于其中4个组织层次(level of organization)特别感兴趣,即个体(individual)、种群(population)、群落(community)和生态系统(ecosystem)。

在个体层次上,生态学家最感兴趣的问题是有机体对于环境的适应。经典生态学的最低研究层次是有机体(个体)。个体生态学(autecology)研究有机体个体与环境的相互关系。物理环境如温度、湿度、光等通过影响有机体的基础生理过程而影响其生存、生长、繁殖和分布。

种群是栖息在同一地域中同种个体组成的集合。种群是由个体组成的群体,并在群体水平上出现了一系列群体的特征,这是个体层次上所没有的。例如种群有出生率、死亡率、增长率,有年龄结构和性别比,有种内关系和空间分布格局等。在种群层次上,多度及其波动的决定因素是生态学家感兴趣的问题。

群落是栖息在同一地域中的动物、植物和微生物组成的集合。同样,当群落由种群组成为新的层次结构时,群落产生了一系列新的群体特征,例如群落的结构、演替、多样性、稳定性等。

生态系统是一定空间中生物群落和非生物环境的集合,生态学家感兴趣的是能量流动和物质循环过程。

现代生态学的研究对象进一步向微观与宏观两个方面发展,例如分子生态学、景观生态学和全球生态学(即生物圈的生态学)。生物圈(biosphere)是指地球上的全部生物和一切适合于生物栖息的场所,它包括岩石圈的上层、全部水圈和大气圈的下层。岩石圈是所有陆生生物的立足点,土壤中还有植物的地下部分、细菌、真菌、大量的无脊椎动物和掘土的脊椎动物。在大气圈中,生命主要集中于最下层,也就是与岩石圈的交界处。水圈中几乎到处都有生命,但主要集中在表层和底层。随着全球性环境问题日益受到重视,如全球变暖、臭氧层破坏、酸雨,全球生态学已经应运而生。分子生态学是应用分子生物学方法研究生态学问题所产生的新的分支学科。现代生态学十分重视生态研究的尺度(scale)。广义地说,尺度是指某一现象或过程在空间和时间上所涉及的范围和发生的频率。以空间尺度为例,像大气中二氧化碳含量的上升对气候变化的影响研究,就需要在全球尺度上进行。当然这并不否认各个地区范围的较小尺度的类似研究,因为其结果也有助于解释全球的气候变化;甚至于在温室中进行实验,例如人工控制温室的气体以模拟二氧化碳浓度增加,并研究其对于植物光合作用强度的影响,也是有用的。小尺度研究的例子如两种细菌在单个生物细胞中的资源竞争;再大一些的尺度研究如白蚁肠道中细菌与原虫的竞争。就时间尺度而言,植物群落的生态演替,有的以百年计,有的以十年计,而原生动物演替在人工培养皿中要以天数计。生态学中一般认为有三类尺度,即除了空间和时间尺度外,还有组织尺度,上面介绍的个体-种群-群落-生态系统等的组织层次就是其例。近几十年来,生态学迅速发展的另一个非常重要的特征是应用生态学的发展,例如生态系统服务价值评估、生态系统管理等。应用生态学研究方向之多,涉及领域和部门之广,与其他自然科学和社会科学结合交叉点之多,难以给其划定范围和界限。

第二节 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学科,一般可分为理论生态学和应用生态学两大类。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(estuaries 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:环境生态学(environmental ecology)、农业生态学(agricultural 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。

现代生态学还促使了一些新的分支学科诞生,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。

第三节 生态学的发展史

古希腊最早的医药学家希波克拉底(Hippocrates)曾写过一本书《空气、水和草地》,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。他的学生特奥夫拉斯图斯(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16世纪欧洲文艺复兴开始,西方科学文化蓬勃发展,有关生物学家陆续开展了动物、植物、昆虫与环境之间关系的系列研究。1798年,T. Malthus的著作《人口论》发表,对人口与生产资料增长速率之间关系进行了思考。1859年,达尔文的《物种起源》问世,促进了生物与环境关系的研究。1866年,海克尔提出了生态学的定义。1898年,波恩大学教授A. F. W. Schimper出版《以生理为基础的植物地理学》,1909年,丹麦植物学家E. Warming出版了《植物生态学》。这两本书全面总结了19世纪末叶之前生态学的研究成就,被公认为生态学经典著作,标志着生态学作为一门生物学分支学科的成立。此后一直到20世纪50年代,生态学主要集中在种群生态学、群落生态学领域开展研究,生态学基础理论框架得以建立。

20世纪50年代以来,人类的经济和科学技术获得了史无前例的飞速发展,既给人类带来了进步和幸福,也带来了环境、人口、资源和全球变化等关系到人类自身生存的重大问题。而这些问题的控制和解决,都要以生态学原理为基础,因而引起社会上对生态学的兴趣与关心。在解决这些重大社会问题的过程中,生态学与其他学科相互渗透,相互促进,并获得了重大发展。

由于现代生态学所倡导的整体观思想,以及关于生态系统的能量流、物质流、信息流的理论,它在逻辑观念上,就很自然地把人类引回了自然界,作为自然界的一部分而存在,而不是继续错误地自以为凌驾于自然界之上,或挑战性地站在自然界的对立面。

经典的生态学以研究自然现象为主,很少涉及人类社会。现代生态学则超越自然科学界限,与经济学、社会学、城市科学相结合,生态学成了自然科学和社会科学相连接的桥梁之一。随着经济建设的需要和公众生态意识的提高,生态学原理被越来越多地应用到人类的日常生产生活实践当中,应用的焦点集中在保障人类可持续发展方面。

本章小结

本章主要介绍了生态学的基本概念、生态学与人类发展的关系、生态学的分支学科以及生态学的研究对象。

生态学的研究对象很广,从个体的分子直到生物圈。生态学研究对于其中 4 个组织层次特别感兴趣,即个体、种群、群落和生态系统。

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。这两大类中仍有许多分支。

第二章 个体生态学

第一节 环境与生态因子

一、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。

二、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:① 气候因子。如温度、湿度、日光、降水、风、气压和雷电等。② 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。③ 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。④ 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。⑤ 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具有全球性,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,这些生态因子主要影响生物的数量。蒙恰茨基的分类法具有一定的独创性,了解生态因子作用的性质有很大帮助。

三、生态因子作用的特点

概括起来,生态因子作用有四大特点:① 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。② 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。③ 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;镉大量存在时可减少钙不足对动物造成的有害影响。④ 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。

第二节 生态因子对环境的影响

一、生物与环境

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象的。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个细菌;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。

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 and 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,见图 2-1)。

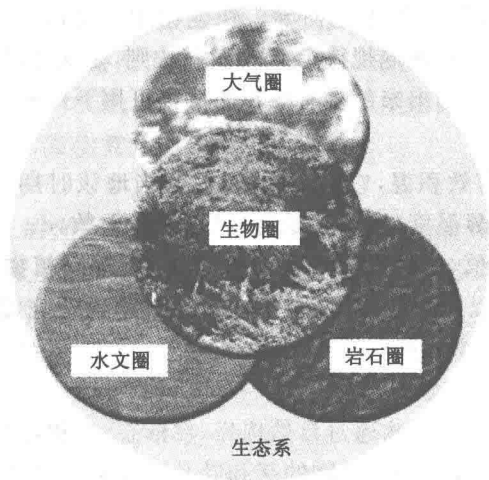


图 2-1 地球表面的大气圈、岩石圈、水圈与生物圈的相互关系

二、生物与水因子

水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,这个过程是一个缓慢的过程,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。

三、生物与温度因子

地表受到太阳辐射,产生气温、水温和土温的变化,因此温度因子存在周期性变化,称节律性变温。节律性变温对生物有影响,极端温度对生物的生长发育也有十分重要的意义。

(一) 温度的生态作用

温度是生物生命活动不可缺少的因素,任何生物都生活在具有一定温度的外界环境中并受着温度变化的影响。生物在长期的演化过程中,各自选择了自己最适合的温度,通常分为最低温度、最适温度和最高温度,在生态学上称为温度的“三基点”。在适温范围内,生物生长发育良好,超过这一范围,则生长发育停滞、受限,甚至死亡。不同生物的“三基点”是不一样的。

生物必须在温度达到一定界限以上,才能开始发育和生长,这一界限称为生物学零度

(biological zero),它们因生物种类不同而异。在生物学零度以上,温度的提高可加速生物的发育。温度与生物发育的最普遍规律是有效积温法则,是法国学者 Reaumur(1735)从变温动物的生长发育过程中总结出来的。有效积温法则可用下式表示:

$$K = N(T - T_0)$$

式中, K 为该生物所需的有效积温,它是个常数; T 为当地该时期的平均温度, $^{\circ}\text{C}$; T_0 为该生物生长活动所需最低临界温度(生物学零度), $^{\circ}\text{C}$; N 为天数, d 。

当温度低于一定的数值,生物便会因低温而受害。低温对植物的伤害主要是冷害(0°C 以上的低温)和冻害(0°C 以下的低温)两种。温度超过生物适宜温区的上限后也会对生物产生有害作用,温度越高对生物的伤害作用越大。

(二) 生物对极端温度的适应

长期生活在低温环境中的生物通过自然选择,在形态、生理和行为方面表现出很多明显的适应性。在形态方面,北极和高山植物的芽和叶片常受到油脂类物质的保护,芽具鳞片,植物体表面生有蜡粉和密毛,植物矮小并常成匍匐状、垫状或莲座状等,这种形态有利于保持较高的温度,减轻严寒造成的影响。生活在高纬度地区的恒温动物,其身体往往比生活在低纬度地区的同类个体大。因为个体大的动物,其单位体重散热量相对较少,这就是 Bergman 规律(Bergman's law)。另外,恒温动物身体的突出部分如四肢、尾巴和外耳等在低温环境中有变小变短的趋势,这也是减少散热的一种形态适应,这一适应常被称为 Allen 规律(Allen's law)。例如北极狐的外耳明显短于温带的赤狐,赤狐的外耳又明显短于热带的大耳狐。恒温动物的另一形态适应是在寒冷地区和寒冷季节增加毛或羽毛的数量和质量或增加皮下脂肪的厚度。

在生理方面,生活在低温环境中的植物常通过减少细胞中的水分和增加细胞中的糖类、脂肪和色素等物质来降低植物的冰点,增加抗寒能力。动物则靠增加体内产热量来增强御寒能力和保持恒定的体温。

生物对高温环境的适应也表现在形态、生理和行为三个方面。就植物来说,有些植物生有密绒毛和鳞片,能过滤一部分阳光;有些植物体呈白色、银白色,叶片革质发亮,能反射一大部分阳光,使植物体免受热伤害;有些植物叶片垂直排列使叶缘向光或在高温条件下叶片折叠,减少光的吸收面积;还有些植物的树干和根茎生有很厚的木栓层,具有绝热和保护作用。植物对高温的生理适应主要是降低细胞含水量,增加糖或盐的浓度,这有利于减缓代谢速率以抗高温。其次植物靠旺盛的蒸腾作用使植物体避免因过热受害。还有一些植物具有反射红外线的 ability,夏季反射的红外线比冬季多,这也是使植物体避免受到高温伤害的一种适应。动物对高温的适应多适当放松恒温性使体温有较大的变幅,或在洞穴中生活,以夏眠、昼伏夜出等方式来抵抗高温,如黄鼠。

四、生物与光因子

(一) 光强的生态作用

光照强度是指单位面积上的光通量大小。在一定范围内光合作用的效率与光强成正比,但达到一定强度若继续增加光强,光合作用的效率开始下降,这时的光照强度称为光饱和点(light saturation point)。另外,植物在进行光合作用的同时也会进行呼吸作用。光合积累和呼吸消耗这两个过程之间平衡时的光照强度是光补偿点(light compensation point)。