

基础生态学

JICHU SHENGTAIXUE

高等学校“十三五”规划教材



市政与环境工程系列丛书

主编 张坤 张颖 李永峰
主审 程国玲 李伟军



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高等学校“十三五”规划教材
市政与环境工程系列丛书

基础生态学

主 编 张 坤 张 颖 李永峰
副主编 张宝玺
主 审 程国玲 李伟军

哈尔滨工业大学出版社

内容简介

本书较全面、系统地阐述了生态学及相应生态技术,主要介绍了生物与环境、分子生态学、生物种群生态、生物群落生态、生态系统生态学、生态系统的管理与服务、生态系统受损、退化及生态修复、陆地生态系统、水域生态系统。

本书可作为高等学校环境科学与工程、生命科学、林学、市政工程和生态学等有关专业的本科及研究生教材,同时还可作为工程应用单位的培训教材,也可作为相关科研、技术人员的参考用书。

基础生态学

图书在版编目(CIP)数据

基础生态学/张坤,张颖,李永峰主编. —哈尔滨:
哈尔滨工业大学出版社,2018.3

ISBN 978-7-5603-7054-5

I. ①基… II. ①张… ②张… ③李… III. ①生态学
IV. ①Q14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 282553 号

策划编辑 贾学斌
责任编辑 李长波 张艳丽
出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006
传 真 0451-86414749
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>
印 刷 哈尔滨市工大节能印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 15 字数 37.5 千字
版 次 2018 年 3 月第 1 版 2018 年 3 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5603-7054-5
定 价 35.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

随着生态学的产生和发展,人们对生态学的研究也在不断深入,在不同时期,对生态学有不同的认识和定义。生态学是研究生物与环境相互关系的科学,主要以个体、种群、群落和生态系统四个组织层次为研究对象。随着人口的增加和工业技术的进步,人类正以前所未有的规模和强度影响环境,环境问题日益显现。能源耗费、资源枯竭、人口膨胀、粮食短缺、环境退化、生态平衡失调六大基本问题的解决,都依赖于生态学理论的指导。

本书较全面、系统地阐述了生态学及相应的生态技术,共分为10章:第1章为绪论,阐述生态学的概念、发展、研究对象及生态学的分支学科;第2章明确了生态学中的环境范畴并重点介绍了环境污染物在生物大分子、细胞、器官、个体、种群、群落、生态系统几个生命层次上的生态效应;第3章介绍了分子生态学的研究进展与分支学科,以及主要的技术方法;第4章简述了生物种群生态;第5章介绍了生物群落生态,重点阐述了群落的基本概念和特征、群落的物种组成、群落的结构和演替方面的内容;第6章介绍了生态系统的组成要素、结构与功能以及调控机制;第7章结合生态规划的目标与原则具体分析了生态规划的基本工作程序,阐述了生态系统管理的目标、原则、要素及主要技术和途径;第8章主要介绍了生态系统受损或退化的原因及类型、生态退化的环境效应、受损生态系统的恢复与重建以及受损生态系统修复的案例;第9章重点介绍了陆地生态系统主要类型的分布、特点及利用与保护问题;第10章重点介绍了水域生态系统的主要类型、影响因素、生物群落、初级生产力、能量流动等。

本书由哈尔滨工程大学张坤、东北农业大学张颖、东北林业大学李永峰、卢嘉慧、李雨桐、南开大学张宝玺、哈尔滨职业技术学院王磊共同编写,由张坤、张颖和李永峰任主编,张宝玺任副主编,王磊、卢嘉慧、李雨桐参与编写,由东北林业大学程国玲和伊春林业中心医院李伟军主审。

本书具体编写分工如下:张坤编写第1~5章,王磊、卢嘉慧编写第6章,张宝玺、张颖编写第7、第8章,张颖、李雨桐、李永峰编写第9、第10章。本书可作为高等学校环境科学与工程、生命科学、林学、市政工程和生态学等有关专业的本科及研究生教材,同时还可作为工程应用系统的培训教材,也可作为相关科研、技术人员的参考用书。

本书中生态学各个层次的内容、理论与应用等力求保持平衡,各章末都有思考题,方便学生复习,以扩大学生的知识面、培养学生的科学素质和独立思考的能力。

由于生态学的内容广泛,与多门学科相交叉,并与社会问题紧密相关,限于作者的能力,疏漏及不足之处,敬请读者批评指正。

谨以此书献给李兆孟先生(1929年7月11日—1982年5月2日)。

目 录

编 者

2017年10月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 生态学的定义	1
1.2 生态学的研究对象	1
1.3 生态学的形成与发展	2
1.4 生态学的分支学科	3
第2章 生物与环境	5
2.1 环境系统	5
2.2 生命系统的组成和特征	17
第3章 分子生态学概述	25
3.1 分子生态学的概念	25
3.2 分子生态学的研究进展与分支学科	26
3.3 分子生态学的技术方法	31
第4章 生物种群生态	35
4.1 种群及其基本特征	35
4.2 种群动态	41
4.3 种群关系	56
4.4 生态位	62
第5章 生物群落生态	66
5.1 生物群落的概念和基本特征	66
5.2 生物群落的物种组成	68
5.3 生物群落的结构	74
5.4 生物群落的演替	82
第6章 生态系统生态学	91
6.1 生态系统的概念与基本特征	91
6.2 生态系统的结构	93
6.3 生态系统的类型	99
6.4 生态系统的功能	104

6.5	生态平衡	134
第7章	生态系统的管理与服务	140
7.1	生态系统服务	140
7.2	生态系统管理	151
7.3	生态规划	159
第8章	生态系统受损、退化及生态修复	167
8.1	生态系统受损或退化的原因及类型	167
8.2	生态退化的环境效应	170
8.3	受损生态系统的恢复与重建	173
第9章	陆地生态系统	184
9.1	陆地生态系统的介绍	184
9.2	森林生态系统	188
9.3	草原生态系统	196
9.4	荒漠生态系统	200
9.5	苔原生态系统	204
9.6	农田生态系统	206
第10章	水域生态系统	212
10.1	概述	212
10.2	海洋生态系统	213
10.3	河流生态系统	218
10.4	湖泊生态系统	227
10.5	湿地生态系统	229
参考文献	233

第 1 章 绪 论

1.1 生态学的定义

生态学(ecology)一词源于希腊文“oikos”,表示“住所”或“栖息地”,字尾“logy”表示“学科”。从词的本义上讲,生态学是研究生物“住所”的科学。生态学与经济学(economics)有相同的词根“eco”,在词义上有共同点,所以我们可以把生态学理解为有关生物的经济管理的科学。可以说,生态学就是探讨自然界的经济学,经济学就是研究人的生态学。

由于不同时期,不同研究者的侧重点不同,因此生态学被赋予了不同的定义。

1866年,德国生物学家 E. H. Haeckel 在其所著《普通生物形态学》一书中首次提出生态学的定义:生态学是研究生物有机体与其周围环境(包括非生物环境与生物环境)之间相互关系的科学。这一定义强调有机体与非生物环境之间,以及有机体之间的相互作用。

1927年,英国生态学家 C. Elton 将生态学定义为:研究动植物及其行为习惯与栖息地关系的科学。

1935年,英国生态学家 A. G. Tansley 将系统的概念引入生态学,首次提出了生态系统的概念,他认为生态系统既包括有机复合体,又包括形成环境的物理因素的复合体,具有自身独特的结构和功能。

1956年,英国生态学家 E. P. Odum 将生态学定义为:研究生态系统的结构和功能的科学,在其《生态学》一书中,认为生态学越来越脱离生物学,形成一门独特的学科,是“研究有机体、物理环境与人类社会关系的科学”,强调了人类在生态学发展过程中的作用。

综上所述,不同的生态学定义代表了生态学的不同发展阶段,强调了不同的基础生态学分支和领域,正如 E. P. Odum 所说,最好的定义可能是最简明和最不专业化的,尽管 Haeckel 的定义存在缺点,但目前大多数学者还是采用他的定义。

1.2 生态学的研究对象

生态学是研究以个体、种群、群落和生态系统为中心的科学。

在个体层次上,生态学侧重个体从环境中获得资源和资源分配给个体用于维持、生长、生殖、修复、保卫等方面的进化和适应对策上。

种群是栖息在同一地域中同种个体组成的群体,并在群体水平上表现了一系列群体的特征,这是个体层次上所没有的。如种群的出生率、死亡率等。种群生态学在 20 世纪 60 年代以前是动物生态学的主流。

群落是栖息在同一地域中的动物、植物和微生物的复合体。当群落由种群组成为新的层次结构时,产生了一系列新的群体特征。如群落的结构、多样性、稳定性等。目前,多数现

代生态学家最感兴趣的是决定群落组成和结构的过程。

生态系统是同一地域中的生物群落和非生物环境的复合体,由于20世纪60年代以后,世界的人口、资源、环境等威胁人类生存的问题凸现,生态系统研究与管理已成为生态学研究的主流。

生态系统的基本功能是能量的流动和物质循环,地球上最大的生态系统是生物圈。

生物圈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、水圈的全部及大气圈的下层。随着全球变暖、臭氧洞、酸雨等全球性环境问题日益受到重视,全球生态学应运而生。

1.3 生态学的形成与发展

生态学的形成与发展经历了漫长的过程,归纳起来可分为四个时期。

(1)生态学的萌芽时期(公元16世纪以前)。

古代人类在长期的生产和生活实践过程中产生了朴素的生态学萌芽。如公元100年前后,我国农历已确立了反应作物、昆虫等生物现象与气候之间的关系;西方古代哲学家和近代自然科学家也对生态学的产生做出了突出贡献,亚里士多德(Aristotle)按栖息地将动物分为陆栖、水栖等大类,还按食性分为肉食、草食、杂食及特殊食性四类。其学生,古希腊学者安比杜列斯(Empedocles)注意到植物营养与环境的关系,并以此来区分不同树木的类型。

(2)生态学的形成时期(公元17世纪至19世纪末)。

17世纪之后,随着人类社会经济的发展,生态学作为一门学科开始成长。1670年英国化学家波义耳(Boyle)以小白鼠、猫、鸟、蛙、蛇和无脊椎动物作为实验材料,研究了低气压对动物的影响,标志着动物生理生态学的开端;1735年法国昆虫学家雷奥米尔(Reaumur)发现,就一物种而言,日平均气温总和对任一物候期都是一个常数,被认为是研究积温与昆虫发育生理的先驱;1798年马尔萨斯(Malthus)发表了著名的《人口论》,论述了生物繁殖(包括人口)与食物的关系。进入19世纪之后,生态学的发展日趋成熟。1859年达尔文发表了著名的《物种起源》,创立了生物进化理论和自然选择学说,促进了生物与环境关系的研究;1866年德国生物学家Haeckel提出“ecology”一词,首次对生态学做出了经典定义。《植物生态学》(Warming, 1895)和《以生理为基础的植物地理学》(Schimper, 1898)两书的问世,标志着生态学作为一门生物学的分支学科正式诞生。

(3)生态学的发展时期(20世纪初至20世纪50年代)。

20世纪初,生态学已经成为一门年轻的科学,生态学的研究也取得了较大进展,出版了不少生态学著作与教科书,其中比较重要的有:Adams(1913)的《动物生态学研究指南》、Pearl(1920)和Lotka(1925)的种群增长模型、Elton(1927)的《动物生态学》、Schelford(1929)的《实验室和野外生态学》、费鸿年(1937)的《动物生态学纲要》、Schelford(1939)的《动物生态学》以及Allee和Emerson(1949)的《动物生态学》等。

这一时期的主要特点是生态学的发展及生态学理论体系的基本形成。最为突出的成果:一是生态系统(ecosystem)概念的提出,即1935年英国生态学家坦斯利(Tansley)提出的生态系统概念,不仅把生态学推向新的研究高度,而且为生态学的研究对象提供了不同层次的平台,并为解决日益凸显的环境问题做出了理论准备;二是营养动力学的产生和研究方法

的定量化,即1942年美国生态学家林德曼(Linderman)以实验为基础,通过分析不同营养级的能量,提出了著名的“百分之十定律”,为能量生态学的研究提供了定量化的途径和手段。

(4)现代生态学时期(20世纪60年代以来)。

第二次世界大战后,世界经济和科技的发展都达到了空前水平,但由于工业的高度发展和人口的迅速增长,出现了全球变暖、海平面上升、环境污染、生物入侵等一系列涉及人类自身生存的重大问题。这些问题的解决,都需要以生态学原理为基础,从而引起了社会上对生态学的兴趣与关心,生态学研究也上升到了一个新的高度。

现代生态学突破了传统生态学的自然科学界限,在研究层次、研究手段和研究范围上都有了很大的改变。

①研究层次上向宏观和微观两极发展。在宏观领域已经从生态系统扩展到景观生态学及全球生态学;在微观领域,生态学研究对象扩展到了分子水平,产生了分子生态学。由此可见,生态学的研究层次已经囊括了分子、基因、个体直到整个生物圈。

②研究手段的更新。高新技术的应用以及数学、物理、化学、计算机等学科的渗透,促进了生态学研究手段的更新。如:现代生态学已广泛使用野外的自计电子仪器来测定光合、呼吸、蒸腾、生物量以及微环境等;“3S”技术,即RS(遥感技术)、GIS(地理信息系统)和GPS(全球定位系统),被用于植被的动态监测和分析;同位素示踪技术被应用于测定物质转移与物质循环等;数量分析和数学模型的应用,用系统分析的方法来模拟生态系统的行为及各种管理措施等。将系统分析的方法应用于生态学称为系统生态学,它的形成和发展是现代生态学在方法论上的突破,被认为是“生态学领域的革命”。

③研究范围的扩展。现代生态学结合人类活动对生态过程的影响,从纯自然现象的研究扩展到了自然—经济—社会复合系统的研究。过去,许多国家只注意经济的发展而忽视自然界的一些基本规律,结果出现了环境恶化、资源破坏等后果,这就需要我们用生态学的观点去分析经济建设活动对环境的影响。生态学在解决环境、资源、可持续发展等重大问题上具有重要的作用,因此受到社会的普遍重视。研究人类活动下生态过程的变化已经成为现代生态学的重要内容。

1.4 生态学的分支学科

由于研究对象的复杂性,生态学已经发展成为一个庞大的学科体系。根据研究对象的组织水平、类群、生境以及研究性质,可将其划分成不同的类型。

(1)根据生物的组织水平划分。

根据生物的组织水平可划分为分子生态学(molecular ecology)、个体生态学(individual ecology)、种群生态学(population ecology)、群落生态学(community ecology)、生态系统生态学(ecosystem ecology)、景观生态学(landscape ecology)及全球生态学(global ecology)。

(2)根据生物体的分类学类群划分。

根据生物体的分类学类群可划分为植物生态学(plant ecology)、动物生态学(animal ecology)、微生物生态学(microbial ecology)、陆地植物生态学(terrestrial ecology)、哺乳动物生态学(mammalian ecology)、昆虫生态学(insect ecology)、地衣生态学(lichen ecology)及各个主要物种的生态学。

(3)根据生物体的生境类别划分。

根据生物体的生境类别可划分为陆地生态学(terrestrial ecology)、海洋生态学(marine ecology)、淡水生态学(freshwater ecology)和岛屿生态学(island ecology)等。

(4)根据研究性质划分。

根据研究性质可划分为理论生态学与应用生态学。理论生态学涉及生态学进程、生态关系的数据推理、生态学建模等;应用生态学则是将生态学原理应用于有关领域。

思考题

1. 简述生态学的定义。

2. 生态学的研究对象是什么?

第2章 生物与环境

2.1 环境系统

2.1.1 环境的概念和类型

1. 环境的概念

生态学中环境的概念是指某一特定生物体或生物群体以外的空间,以及直接或间接影响该生物体或生物群体生存的一切事物的总和。因此,环境是与特定的主体或中心相对应的。在生物学中,环境是指生物的栖息地以及影响生物生存发展的各种因素,包括人的因素,人也是环境的一部分。而环境科学中,人则成为主体,《中华人民共和国环境保护法》明确指出,“环境是指:大气、水、土地、矿藏、森林、草原、野生动物、野生植物、水生生物、名胜古迹、风景游览区、温泉、疗养区、自然保护区、生活居住区等。”显然,这里所界定的环境的范畴就是以人类作为核心参照物的。

2. 环境的类型

环境包括许多要素,是一个十分复杂的动态系统,根据不同的目的和需要可以分成许多种类型。

(1) 按照环境的性质。

按照环境的性质环境可以分成无机环境和有机环境,这里的有机环境指的是有机生命体之外的有机成分。按照环境的性质环境还可以分成自然环境、半自然环境和社会环境。半自然环境是指已经被人类干扰或破坏了的自然环境;社会环境则是人类有计划、有目的地利用和改造自然环境而创造出来的生存环境,与人类的工作和生活关系最密切。按照环境的性质环境还可以分为地理环境和地质环境。地理环境由与人类密切相关的水、土、气、生物环境等因素组成,是具有一定结构的多级自然系统。水、土、气、生物圈是子系统,在整个系统中的地位和作用各不相同,有复杂的对立统一关系。地质环境是指自地表而下的坚硬地壳层,即岩石圈,它为我们提供了大量的生产资料——矿产资源,属于不可再生资源。

(2) 按照环境的范围。

按照环境的范围环境可以分为内环境、微环境、区域环境、地球环境和星际环境。内环境指生物体组织和细胞间的环境,对生物有直接影响。微环境指一个生物个体周围的小环境,它可能与其他更大范围的环境有差异。例如,土壤动物的洞穴,沙漠中含有微生物的一滴水、一粒砂都是其内部寄居生物的微环境。区域环境则是在更广泛的地域空间形成的由不尽相同的要素组成的自然环境。例如,沙漠中的一片绿洲,海洋中的一座小岛。地球环境又称为全球环境或地理环境,与生物的关系尤为密切,在生物的推动下,物质和能量在全球

环境中形成循环和流动。星际环境又称为宇宙环境,太阳是其他各种生存环境中能量的来源,地球与太阳的距离和转动速度使地理环境中的一切有规律地变化,又不过度剧烈,是生物繁荣昌盛的必要条件。

(3) 按照环境要素。

按照环境要素环境可以分为水环境、大气环境和土地环境。

① 水环境。水是自然环境的重要组成部分,是一切生命赖以生存的物质基础。整个地球的含水量极为丰富,包括江河湖海、南北极冰川和地下水系等,可以分为地表水圈和地下水圈,还包含大气中的水蒸气和水滴。但是水资源在全球的分布极不均匀,有许多国家和地区都处于贫水区,尤其是用于生活和生产的淡水资源更是十分不足。另外,由于环境污染和生态破坏,造成地表淡水污染、地下水过度开发、海洋污染以及水旱灾害频发等问题,使得水资源更加紧张。甚至有人认为水资源将是未来人类发展的决定性因素,会成为世界各国争夺的首要对象。

② 大气环境。包围在地球周围的大气层是地球生物不可缺少的生命元素,也是生命的保护伞。它让阳光通过,并且适当保持地球上的热量,调节地球表面的温度,使之适于万物生存。大气中含有多种组分,包括恒定的氮、氧、氩、氖、氙和可变的二氧化碳、水蒸气以及臭氧等,还有上千种的不定组分。保持大气基本组分的稳定和正常状态是地球上的生物生存发展的重要条件。但是 18 世纪以来,伴随近代工业的出现和不断发展,煤烟、粉尘、光化学烟雾、酸雨、温室效应和臭氧层破坏等大气污染问题接踵而至,并且越来越严重。由于大气的全球流动性,大气污染问题是全球共同的问题,需要全人类联合起来保护和净化这一重要的环境要素。

③ 土地环境。土地是地球表面的岩石圈经历了漫长的地质作用过程,历经千百万年乃至上亿年才演化形成的。它的特性是位置固定、面积有限。由于地理分布区域和区域气候特点的限制使得大部分的土地不利于耕种和开垦。因此土地资源的状况也不容乐观。目前土地环境面临的主要问题是:过度的使用使土壤肥力下降,很多土壤变得贫瘠,自然灾害使土壤干裂、盐碱化,导致农作物减产;城市化和工业化的扩大,使大量耕地被占用;工农业生产造成土壤污染日益严重。保护土地、恢复土地正常的生态功能是人类面临的重要任务。

2.1.2 生态因子及其生态作用

环境因子是指生物有机体以外的所有的环境要素,具体包括土壤、水分、温度、光照、大气、火等。其中对生物生长、发育、繁殖、行为和分布有直接或间接影响的要素又称为生态因子,如温度、水分、土壤、光照、氧气、二氧化碳以及食物等。因此,生态因子和环境因子二者既有联系又有区别。各种生态因子对生物的作用不尽相同,它们之间互相影响和制约,通过直接或间接的方式共同作用于生物体。在生物的一定生长发育阶段,有一个具有决定性作用的因子起主导作用。而对于单个生态因子的生态作用的研究,是了解纷繁复杂的生态问题的有效方法,可以帮助我们分析多种生态因子在实际生态系统中的共同作用。

1. 光因子的生态作用

光因子即来自太阳的辐射能量,是地球上所有生物赖以生存和繁衍的能量源泉。太阳能以光和热的形式到达地球表面,通过绿色植物的光合作用转化为化学能,进入食物链,这是地球上生态系统的物质循环和能量流动的起点。由于光本身的强度、质量及其周期性的

变化均对生物有限制性作用,并对其他的生态因子有重要影响,因此光因子表现出非常复杂的生态效应。

(1) 光质的生态作用。

这里的光质主要是指光谱组分。日光的全光谱按波长自短至长,构成 X 射线、 γ 射线、紫外线、可见光、红外线的连续光谱。可见光波段占太阳辐射能的 40% ~ 50%,其余大部分是红外线、紫外线等短波辐射。经大气吸收、反射减弱以后,到达地面的太阳辐射能中,红外线占 50% ~ 60%,紫外线只占 1% ~ 2%,其余可见光占 38% ~ 49%。如图 2.1 所示。

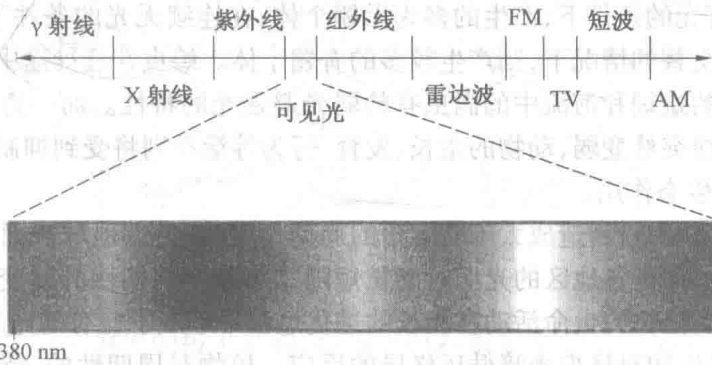


图 2.1 全光谱及可见光光谱

可见光的光谱质量对动植物的生长、发育、繁殖、分布和行为有不同程度的影响。植物的光合作用主要受到可见光的诱导和限制。可见光中的红、橙光和蓝紫光可以被叶绿素和类胡萝卜素吸收,被称为生理有效辐射;而绿光由于很少被吸收,因此被称为生理无效辐射。在水体中,入射时红光和蓝光被滤去,而绿光由于很少被叶绿素所吸收,因此,随着水的深度的增加,可利用的有效光波逐渐减少,绿色植物也相应地减少,直至消失。光质对动物分布和器官功能的影响虽然还不十分明确,但是我们可以观察到不同的动物类群的色觉有明显的差异。有些动物色觉发达,有些则完全没有色觉,这会影响它们的体色和生活习性以及分布区域,尤其是对动物体色的影响比较明显。

不可见光对生物有多方面的影响。紫外光对细胞有杀伤作用,适量的紫外照射具有杀菌功能,而且还能够促进维生素 D 的合成;但是过量的紫外照射会破坏生物大分子尤其是遗传物质的化学键,引起突变或肿瘤,对人和动植物有一定的伤害作用。远红外线则能促进植物茎的延长生长,有利于种子的萌发,并可以提高植物体的温度。

(2) 光强的生态作用。

这里的光强指光照强度,可以用单位面积上的光通量来表示。光照强度首先会影响植物的光合作用速率。在光饱和点范围之内,光合作用速率随光照强度的增加而增加。在光补偿点时光合作用产生的有机物和呼吸作用消耗的有机物相抵消,植物只是维持基本生命活动而没有生长。也就是说,只有光照强度达到光补偿点以上,植物才能生长。当光强达到或超过光饱和点之后,光合作用速度达到最大并开始稳定下来,如果此时光强仍继续增加,则光合作用的速度反而减慢。因此能够促进植物生长的最佳光强范围应该在光补偿点和光饱和点之间。对于不同的植物其光补偿点和光饱和点是不同的,如蒲公英、杨树、柳树、桦树、松树等生长在强光照地区的植物,光饱和点和补偿点都较高,称为阳地植物或喜光植物;而铁杉、红松、冷杉、云杉、红豆杉、槭等,多生长在潮湿背阴或密林的林冠下,通常光饱和点

和补偿点都较低,称为阴地植物或耐荫植物。

光照强度还会影响植物的组织和器官的分化,适宜的光强会促进植物各器官和组织保持发育上的正常比例。在较深的水体中,由于光强随深度的增加而降低,即使是在十分清澈的海水或湖水中,光补偿点的深度最深也只能达到水面以下的几百米处,因此在该深度以下虽然仍有光线,但植物却无法生存。

对于动物的生长发育、繁殖和行为等,光照强度条件也有重要影响。例如蛙卵、鲑鱼卵在有光的情况下孵化快,发育也快;而生活在海洋深处的浮游生物在黑暗的情况下长得较快。蚜虫在连续有光的条件下,产生的多为无翅个体;在连续无光的条件下,产生的也为无翅个体;但在光暗交替的情况下,则产生较多的有翅个体。蝗虫在迁徙途中如遇乌云蔽日则停止飞行,土壤中的蚯蚓和河流中的涡虫有趋弱光避强光的特性。而一直生活在强光环境中的动物,如果光线突然变弱,动物的生长、发育、行为等活动则将受到抑制。

(3) 光周期的生态作用。

由于地球的公转和自转造成太阳高度角的周期性变化,使得地球表面的光照时间呈现一定的昼夜节律性,并且各地区的光照时间长短随季节发生周期性的改变。正是这种原初周期性因子,使得动植物的生命活动在漫长的进化过程中形成了特有的光周期特性。

光周期现象是生物对昼夜光暗循环格局的反应。植物对周期性的,特别是昼夜间的光暗变化及光暗时间长短的生理响应特点,尤指某些植物要求经历一定的光周期才能形成花芽的现象。大多数一年生植物的开花决定于每日日照时间的长短。除开花外,块根、块茎的形成,叶的脱落和芽的休眠等也受到光周期的控制。实验证明植物开花对日照长度的反应有以下几种典型类型:

① 长日植物。24 h 昼夜周期中,日照长度长于一定时数,才能成花的植物为长日植物,延长光照可促进或提早开花。反之,延长黑暗则推迟开花或不能成花。如小麦、菠菜、萝卜、金光菊、桂花等。

② 短日植物。在 24 h 昼夜周期中,日照长度短于一定时数才能成花的植物为短日植物。对这些植物适当延长黑暗或缩短光照可促进或提早开花,相反,如延长日照则推迟开花或不能成花。如水稻、玉米、大豆、高粱、菊花等。

③ 日中性植物。这类植物的成花对日照长度不敏感,只要其他条件满足,在任何长度的日照下均能开花。如月季、黄瓜、茄子、向日葵、蒲公英等。

光周期对动物的影响主要表现在其代谢活动、生殖和迁徙行为等方面。例如候鸟开始迁徙和鸟类每年开始生殖的时间都受到光照长度变化的控制。而且在鸟类生殖期间可以通过人为地改变光照来控制其产卵量,根据这一原理,人类采取在夜晚给予人工光照的办法来提高母鸡产蛋量。在哺乳动物中,由于换毛和繁殖受到光周期的明显影响,也有长日照兽类和短日照兽类之分。

光周期还是影响昆虫滞育的主要因素。引起昆虫种群中 50% 的个体滞育的光照时数,称为临界光周期。不同种或同种不同地理种群的昆虫,其临界光周期不同,如三化螟在南京地区的种群临界光周期为 13 h 30 min,广州种群为 12 h。

2. 温度因子的生态作用

地球表面的热量也来自太阳辐射,这些热量储存在不同的环境介质中,形成气温、水温、土温等。温度与光因子一样有周期性的变化,同时还受到纬度、气流、湿度、土壤结构、地形

地貌等环境因子的影响,因此在全球各地的温度节律性变化各不相同。如图 2.2 所示。

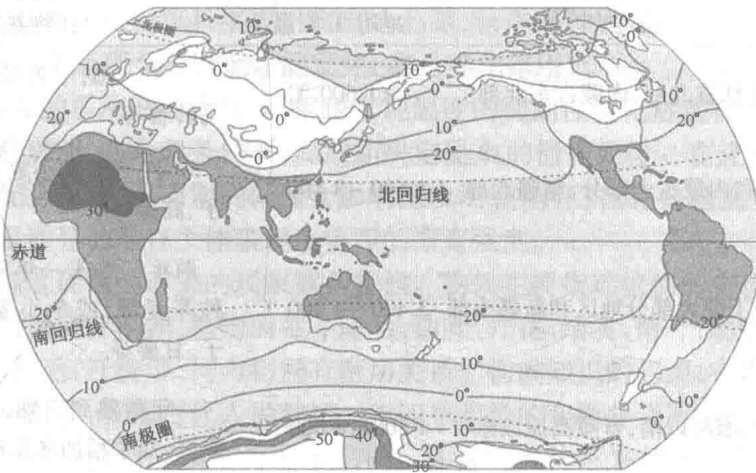


图 2.2 全球年平均气温分布图

(1) 温度对生物生长发育的影响。

生物的生命活动受到温度的极大影响,每种生物都有其生命活动的最适温度范围。超出这个范围的温度,无论是过高或过低,都会导致生物代谢异常,甚至生命活动停止。例如水稻种子发芽的最适温度是 $25 \sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$,最低温度是 $8\text{ }^{\circ}\text{C}$,如果达到 $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 则终止活动, $46.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 则要死亡。不同生物的适温范围不一样,一般高纬度地区的生物其低温阈值偏低,而低纬度地区的生物其高温阈值偏高。一些陆生植物虽然在 $-5 \sim 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 能维持生命,但只有在 $5 \sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 才能正常生长和繁殖。多数植物在 $0 \sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内,生长随温度增加而加快。动物也有其生长发育的最适温度。例如,所有家禽的最适温度在 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,当温度小于 $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或大于 $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,产量及饲料利用率就会下降。

除了通过最适温度范围作用于生物之外,还有一个重要作用形式就是积温。积温是作物生长发育阶段内逐日平均气温的总和。它可以衡量作物生长发育过程的热量条件,也是表征地区热量条件的一种标尺,分为活动积温、有效积温、负积温、地积温、日积温等。通常使用活动积温和有效积温两种。活动积温(一般简称积温),为大于某一临界温度值的日平均气温的总和,如日平均气温不小于 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的活动积温和日平均气温不小于 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的活动积温等。有效积温是指,扣除生物学下限温度(即生物生长发育的起始温度),对作物生长发育有效的那部分温度的总和,即扣除对作物有热害和冷害的部分,使热量条件与作物生长发育趋于一致。如某温带树种,生长发育的起始温度是 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$,当平均温度达到 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,到开始开花共需 30 天,这段时期内的日平均温度为 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$,则该树种开始开花的有效积温是 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$,活动积温是 $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

积温还常作为气候区划和农业气候区划的热量指标,用以衡量该地区的热量条件能满足何种作物生长发育的需要,见表 2.1。

表 2.1 我国各温度带的划分和常见作物熟制

温度带	范围	$\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温	作物熟制
寒温带	黑龙江省北部、内蒙古东北部	$< 1\ 600\text{ }^{\circ}\text{C}$	一年一熟, 早熟的春小麦、大麦、马铃薯等
中温带	东北和内蒙古大部分、新疆北部	$1\ 600 \sim 3\ 400\text{ }^{\circ}\text{C}$	一年一熟, 春小麦、大豆、玉米、谷子、高粱等
暖温带	黄河中下游大部分地区和新疆南部	$3\ 400 \sim 4\ 500\text{ }^{\circ}\text{C}$	两年三熟或一年两熟, 冬小麦复种荞麦等, 或冬小麦复种玉米、谷子、甘薯等
亚热带	秦岭、淮河以南, 青藏高原以东	$4\ 500 \sim 8\ 000\text{ }^{\circ}\text{C}$	一年两熟到三熟, 稻麦两熟或双季稻, 双季稻加冬作油菜或冬小麦
热带	滇、粤、台的南部和海南省	$> 8\ 000\text{ }^{\circ}\text{C}$	水稻一年三熟, 甘蔗

(2) 温度对生物地理分布的影响。

温度是决定生物分布的重要因子之一。年平均温度、最冷和最热月的平均温度都是与生物分布有密切关系的指标, 像前面提到的有效积温和极端温度都会限制生物的分布区域。陆地上从赤道向两极随着温度的下降形成不同的气候带, 热带的植物很难在寒冷的北方栽培, 而北方地区的水果也不能在热带种植。另外由于温度还存在空间上的垂直变化, 从地表向上, 温度随海拔增高而降低, 所以即使是在同一纬度、海拔高度不同的区域, 植被的分布也不同。例如长江流域和福建地区, 马尾松主要分布在海拔 $1\ 200\text{ m}$ 以下, $1\ 200\text{ m}$ 以上则被黄山松所代替。动物的分布也受到温度的直接限制, 同时还受到由于温度导致的植被分布差异而产生的间接影响。例如, 在北半球, 受低温限制, 动物分布有其北界; 且受高温限制, 动物分布仅达南界。

水中的温度变化幅度比陆地环境小, 但是也存在成带现象或分层现象。夏天水体上层比下层温度高, 在静水中形成一个稳定的暖水层, 较深处则有一个较冷的静水层, 两者之间是一个温度变化剧烈的变温层。水生动物的分布也有两个明显的垂直带, 即底栖生物和浮游生物, 一些动物在海底中的成带现象与树木在高山上的成带现象类似。

一般温度较高的地区生物种类较多, 反之, 寒冷地区的生物种类则较少。例如, 苏联的国土面积虽居世界第一, 但由于大部分处于高纬度的低温区, 高等植物种类只有 $16\ 000$ 多种, 而处于热带的巴西面积虽然不大, 却有 $40\ 000$ 多种高等植物。

(3) 温度对生物节律性的影响。

温度有日变化和季节变化, 动植物对这两种节律性变化的反应敏感, 并且为了适应这种变化, 通过体内的特殊生理机制——生物钟, 形成了温周期和物候现象。

植物的温周期特性分为两个方面: 日温周期和年温周期。日温周期是指温度的昼夜变化, 在适温范围内的日温周期对植物生长有利。对番茄的实验表明, 它在日温 $23 \sim 26\text{ }^{\circ}\text{C}$, 夜温 $8 \sim 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的情况下生长最好, 产果最多; 在昼夜恒温 $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时反而生长不好, 果实形成也受抑制。类似的情况如萝卜、马铃薯等植物的地下储藏器官在夏季生长缓慢, 在秋季则迅速增大。年温周期主要是指温度随季节变化的周期性, 年温周期对植物开花的影响比较明显。