

“十二五”国家重点图书出版规划项目

中国科学技术大学 精品 教材

生态学简明教程

◎ 沈显生 编著



中国科学技术大学出版社

“十二五”国家

中国科学技术大学 精品 教材

生态学简明教程

Concise Edition of Ecology

沈显生 编著

中国科学技术大学出版社



沈显生

内 容 简 介

本书系统地介绍了理论生态学中的个体生态学、种群生态学、群落生态学和生态系统生态学,以及应用生态学中的资源生态学、环境生态学和可持续发展生态学等相关知识。本书体系简要,内容丰富,知识面广,结构完整,条理清楚,重点突出,图文并茂,语言精练,概念准确清晰,生态案例生动有趣、剖析透彻,易于读者理解和掌握。书中许多图片为作者在野外工作中亲自拍摄的,十分珍贵,在教学上具有较高的应用价值。

本书可作为普通高校生物学、农学、林学、医学和环境学等专业的生态学教材,也可供高等职业院校相关专业的教师和中学生物学教师以及从事环境科学工作的广大读者参考。

图书在版编目(CIP)数据

生态学简明教程/沈显生编著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2012. 1

(中国科学技术大学精品教材)

“十二五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978 - 7 - 312 - 02879 - 3

I. 生… II. 沈… III. 生态学—高等学校—教材 IV. Q14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 260868 号

中国科学技术大学出版社出版发行

地址 安徽省合肥市金寨路 96 号,230026

网址 <http://press.ustc.edu.cn>

中国科学技术大学印刷厂印刷

全国新华书店经销

开本:710×960 1/16 印张:21.25 插页:2 字数:402 千

2012 年 1 月第 1 版 2012 年 1 月第 1 次印刷

印数:1—3000 册

定价:39.00 元



编审委员会

主任 侯建国

副主任 窦贤康 陈初升
张淑林 朱长飞

委员 (按姓氏笔画排序)

方兆本	史济怀	古继宝	伍小平
刘斌	刘万东	朱长飞	孙立广
汤书昆	向守平	李曙光	苏淳
陆夕云	杨金龙	张淑林	陈发来
陈华平	陈初升	陈国良	陈晓非
周学海	胡化凯	胡友秋	俞书勤
侯建国	施蕴渝	郭光灿	郭庆祥
奚宏生	钱逸泰	徐善驾	盛六四
龚兴龙	程福臻	蒋一	窦贤康
褚家如	滕脉坤	霍剑青	

总序

2008年,为庆祝中国科学技术大学建校五十周年,反映建校以来的办学理念和特色,集中展示教材建设的成果,学校决定组织编写出版代表中国科学技术大学教学水平的精品教材系列。在各方的共同努力下,共组织选题281种,经过多轮、严格的评审,最后确定50种入选精品教材系列。

五十周年校庆精品教材系列于2008年9月纪念建校五十周年之际陆续出版,共出书50种,在学生、教师、校友以及高校同行中引起了很好的反响,并整体进入国家新闻出版总署的“十一五”国家重点图书出版规划。为继续鼓励教师积极开展教学研究与教学建设,结合自己的教学与科研积累编写高水平的教材,学校决定,将精品教材出版作为常规工作,以《中国科学技术大学精品教材》系列的形式长期出版,并设立专项基金给予支持。国家新闻出版总署也将该精品教材系列继续列入“十二五”国家重点图书出版规划。

1958年学校成立之时,教员大部分来自中国科学院的各个研究所。作为各个研究所的科研人员,他们到学校后保持了教学的同时又作研究的传统。同时,根据“全院办校,所系结合”的原则,科学院各个研究所在科研第一线工作的杰出科学家也参与学校的教学,为本科生授课,将最新的科研成果融入到教学中。虽然现在外界环境和内在条件都发生了很大变化,但学校以教学为主、教学与科研相结合的方针没有变。正因为坚持了科学与技术相结合、理论与实践相结合、教学与科研相结合的方针,并形成了优良的传统,才培养出了一批又一批高质量的人才。

学校非常重视基础课和专业基础课教学的传统,也是她特别成功的原因之一。当今社会,科技发展突飞猛进、科技成果日新月异,没有扎实的基础知识,很难在科学技术研究中作出重大贡献。建校之初,华罗庚、吴有训、严济慈等老一辈科学家、教育家就身体力行,亲自为本科生讲授基础课。他们以渊博的学识、精湛的讲课艺术、高尚的师德,带出一批又一批杰出的年轻教员,培养

了一届又一届优秀学生。入选精品教材系列的绝大部分是基础课或专业基础课的教材，其作者大多直接或间接受到过这些老一辈科学家、教育家的教诲和影响，因此在教材中也贯穿着这些先辈的教育教学理念与科学探索精神。

改革开放之初，学校最先选派青年骨干教师赴西方国家交流、学习，他们在带回先进科学技术的同时，也把西方先进的教育理念、教学方法、教学内容等带回到中国科学技术大学，并以极大的热情进行教学实践，使“科学与技术相结合、理论与实践相结合、教学与科研相结合”的方针得到进一步深化，取得了非常好的效果，培养的学生得到全社会的认可。这些教学改革影响深远，直到今天仍然受到学生的欢迎，并辐射到其他高校。在入选的精品教材中，这种理念与尝试也都有充分的体现。

中国科学技术大学自建校以来就形成的又一传统是根据学生的特点,用创新的精神编写教材。进入我校学习的都是基础扎实、学业优秀、求知欲强、勇于探索和追求的学生,针对他们的具体情况编写教材,才能更加有利于培养他们的创新精神。教师们坚持教学与科研的结合,根据自己的科研体会,借鉴目前国外相关专业有关课程的经验,注意理论与实际应用的结合,基础知识与最新发展的结合,课堂教学与课外实践的结合,精心组织材料、认真编写教材,使学生在掌握扎实的理论基础的同时,了解最新的研究方法,掌握实际应用的技术。

入选的这些精品教材，既是教学一线教师长期教学积累的成果，也是学校教学传统的体现，反映了中国科学技术大学的教学理念、教学特色和教学改革成果。希望该精品教材系列的出版，能对我们继续探索科教紧密结合培养拔尖创新人才，进一步提高教育教学质量有所帮助，为高等教育事业作出我们的贡献。

侯建國

中国科学技术大学校长
中国科学院院士
第三世界科学院院士

前　　言

当前,生态学研究越来越受到人们的广泛关注和高度重视。因为它不仅是一门理论性较强的基础学科,而且也是一门应用领域十分广泛的应用学科。纵观当今各个学科的发展,无一例外地、或多或少地都与生态学有着一定的交叉与融合。因此,面向在校大学生普及生态学知识,介绍生态学原理和生态学研究方法,拓展知识面和活跃思维,树立可持续发展观念,其意义是不言而喻的。在面对全球十大环境问题方面,联合国教科文组织早在1980年就号召在全世界范围内普及生态学知识,要求做到家喻户晓。令人兴奋的是,2011年3月,经国务院学位办批准,生态学由原来的二级学科晋升为一级学科,与生物学并列。教育部为研究生教育设生态科学、生态工程与技术、生态规划与管理3个二级学科。

生态学是专门研究生物和环境以及生物与生物间相互关系的学科。生态学分为理论生态学和应用生态学,其中理论生态学也称基础生态学或普通生态学,包括个体生态学、种群生态学、群落生态学和生态系统生态学。在学习生态学过程中,重点应该放在个体生态学和种群生态学这两个部分。因为环境作用的直接对象是生物有机体,生物与环境相互作用而产生的进化单元则又是种群。因此,在个体生态学和种群生态学中,有许多重要的生态学基本原理、法则和定律等,可以帮助我们很好地理解微观生态学和宏观生态学。我们只有真正掌握了理论生态学原理、方法和思想精髓,才能更好地理解各种层次的生命系统与其环境的辩证关系,也才能更加科学地将生态学知识运用到社会生产实践中去,服务于人类。

笔者在高校讲授“生态学”已长达25年,在教学过程中收集了大量的教学素材,并在国内外各种考察活动中十分注意获取有关生态学的原创性资料,对生态学的教学与研究颇有心得与感悟,尤其是近年读了巴顿的《进化》

和重温了达尔文的《物种起源》后，对生态学的思想精髓有了更深的理解和领悟。

本书作为生态学简明教程,力求做到内容体系简洁,条理清楚,重点突出,生态案例生动、剖析透彻,以方便读者理解和掌握。在章节安排上,注意生态学知识的系统性和连贯性,先从个体生态学入手,接着是群体生态学,最后是应用生态学。

感谢为本书所提供照片的朋友们以及所引用图片和资料的原作者们。

最后,感谢中国科学技术大学为《生态学简明教程》进行教材建设立项。同时感谢中国科学技术大学生命科学学院国家理科基础科学研究中心与教学人才培养基地、国家级生命科学实验教学示范中心和国家级基础生物学教学团队的资助。

由于本人专业水平所限,书中的错误或不足之处在所难免,还请读者指正。

沈显生

2011年2月

2011年2月

中国科学技术大学

目 次

(81)	第一章 生物与环境	一
(82)	第二章 环境与生态学	二
(83)	第三章 生态因子	三
(84)	第四章 生物与环境的相互作用	四
(85)	第五章 生物与环境的协调与平衡	五
(86)	第六章 生物与环境的适应	六
(87)	第七章 生物与环境的相互作用与协调	七
(88)	第八章 生物与环境的相互作用与协调	八
(89)	第九章 生物与环境的相互作用与协调	九
总序	序言	(i)
前言	序言	(iii)
绪论	绪论	(1)
第一节 生态学概述	第一节 生态学概述	(1)
一、生态学的定义	一、生态学的定义	(1)
二、生态学的理论基础	二、生态学的理论基础	(2)
三、生态学的研究对象	三、生态学的研究对象	(3)
四、生态学的任务与目标	四、生态学的任务与目标	(6)
第二节 生态学的发展简史	第二节 生态学的发展简史	(9)
一、国外生态学的发展简史	一、国外生态学的发展简史	(9)
二、我国古代的生态学思想	二、我国古代的生态学思想	(11)
第三节 如何学习和研究生态学	第三节 如何学习和研究生态学	(12)
一、学习生态学的重要性	一、学习生态学的重要性	(12)
二、生态学的研究方法	二、生态学的研究方法	(13)
三、如何学好和用好生态学	三、如何学好和用好生态学	(15)
复习题	复习题	(16)
第一章 生物与环境	第一章 生物与环境	(17)
第一节 生态因子概述	第一节 生态因子概述	(17)
一、环境的概念	一、环境的概念	(17)
二、分析生态因子作用的基本原则	二、分析生态因子作用的基本原则	(18)
第二节 生态因子的特征与作用	第二节 生态因子的特征与作用	(19)

一、生态因子——光	(19)
二、生态因子——温度	(26)
三、生态因子——水	(43)
四、生态因子——土壤	(58)
五、生态因子——大气	(65)
六、生态因子——火	(68)
七、生态因子——地形与海陆位置	(70)
八、生态因子——经纬度与海拔	(71)
九、生态因子——生物因子和人类活动	(72)
第三节 生物的适应法则	(73)
一、生物的适应规律	(73)
二、生物的生长规律	(75)
三、植物营养的生态类型	(77)
四、植物对胁迫的适应	(81)
复习题	(82)
 第二章 种群生态学	(83)
第一节 种群的概念与特征	(83)
一、种群的概念	(83)
二、种群的特征	(83)
三、种群的增长	(93)
四、种群数量的调节	(98)
第二节 种群之间的关系	(101)
一、种群之间关系的类型	(101)
二、竞争关系	(102)
三、捕食关系	(108)
四、其他种间关系	(115)
第三节 种群的适应策略	(119)
一、种群的生活史策略	(119)
二、种群的性别选择与适应	(129)
第四节 动物的通讯与行为	(137)
一、动物的通讯	(137)
二、动物的行为	(138)

目 次

三、动物的行为与适应	(141)
第五节 种群的遗传与进化	(146)
一、物种与物种形成	(146)
二、种群的遗传法则	(148)
三、种群进化的机制	(151)
四、生物进化的动力	(153)
复习题	(158)
第三章 群落生态学	
第一节 群落的基本特征与结构	(159)
一、生物群落的概念	(159)
二、群落的结构	(165)
三、群落组成的多样性分析	(172)
四、影响群落组成与结构的因素	(177)
第二节 群落的形成过程与分类	(180)
一、群落的发育与演替	(180)
二、植物群落的分类	(185)
三、植物群落的命名规则	(188)
第三节 植物群落的主要类型	(189)
一、植物群落的划分方法	(189)
二、主要植物群落类型介绍	(191)
三、群落的土壤结构	(200)
四、植物群落的垂直分布与水平分布	(202)
五、淡水生物群落与海洋生物群落	(204)
复习题	(211)
第四章 生态系统生态学	
第一节 生态系统的基本特征	(212)
一、生态系统的概念	(212)
二、生态系统的基本成分	(213)
三、食物链的4种类型	(214)
四、生态系统的类型	(217)
第二节 生态系统的运动规律	(219)

一、生态系统中的能量流动	(219)
二、物质循环的类型及一般特征	(225)
三、生态系统中的信息联系	(234)
四、生态系统的进化与演替	(236)
五、生态系统的平衡	(240)
第三节 生态系统的健康与服务	(242)
一、生态系统的健康	(242)
二、生态系统的服务	(243)
复习题	(246)
 第五章 应用生态学	(247)
第一节 概述	(247)
一、应用生态学的概念	(247)
二、应用生态学的分支学科	(248)
第二节 资源生态学	(248)
一、自然资源的概念与分类	(248)
二、淡水资源短缺与生态调水	(251)
三、森林资源	(253)
四、土地资源	(254)
五、矿产资源	(255)
六、生物多样性与物种保护	(257)
第三节 环境生态学	(267)
一、水土污染与城乡物质循环问题	(269)
二、持久性有机污染物(POPs)	(274)
三、酸雨污染	(276)
四、城市污染	(276)
五、臭氧层破坏	(277)
六、温室效应	(279)
七、厄尔尼诺与拉尼娜	(281)
八、生物入侵	(284)
第四节 农业生态学	(287)
一、农业生态学的概念	(287)
二、生态农业	(287)

目 次

三、农业害虫防治	(290)
第五节 化学生态学	(295)
一、化学生态学的研究简史	(295)
二、化学生态学的研究内容	(296)
三、植物的次生化学物质	(297)
四、昆虫与植物的关系概述	(298)
五、植物的他感作用	(303)
六、植物的抗性诱导	(304)
七、转基因生物的生态安全问题	(309)
第六节 景观生态学与生物圈	(310)
一、景观生态学	(310)
二、生物圈	(312)
第七节 生态规划与生态修复	(314)
一、生态规划	(314)
二、生态修复	(318)
第八节 可持续发展	(320)
一、可持续发展的概念	(320)
二、经济的可持续发展	(323)
三、社会的可持续发展	(324)
四、环境的可持续发展	(326)
复习题	(327)
参考文献	(329)

绪 论

生物的形态与结构是高度适应其生理功能的,而其功能又决定着生物的形态与结构。这只是问题的一个方面,因为环境可以影响和改变(或塑造)着生物的形态与结构,反过来,其形态与结构又是对环境的主动适应的结果。因此,在自然界中,生物与环境的问题是事物发展的两个方面,它们相互作用,相互联系,密不可分。众所周知,生命的存在与演化是离不开环境的,也只有在一定的环境条件下生命才可能产生并与之进化。生物与环境的相互作用只产生两个结果:一个是生物多样性;另一个是生态过程。生态系统就是生物与环境、生物与生物相互作用、协同进化的综合产物。生态学可以帮助我们进一步认识和理解这个进化产物的形成机制。生态学的精髓就是适应与进化。

第一节 生态学概述

一、生态学的定义

关于生态学的定义,在生态学不同的发展时期,曾有多种不同的解释。简而言之,生态学是研究生物与环境之间,以及生物与生物之间相互作用规律的一门学科。1869年,由德国动物学家黑克尔(E. Haeckel)首次所定义的生态学是:研究生物有机体(动物、植物和微生物)与其周围自然环境(包括非生物环境和生物环境)相互关系的学科。或者说,生态学是研究被达尔文称做生存斗争环境中的复杂的网络关系的学科。随着生态学的发展,生态学研究的内涵越来越丰富。1956年,美国生态学家奥德姆(E. P. Odum)的定义是:生态学是研究生态系统的结构

与功能的学科。

生态学的英文单词 ecology 与希腊文的 oikos 是同义语,由瑞典北欧生态协会主办的一个著名刊物的名称就是 Oikos(生态学)。生态学家是通过观察和实验的方法,从不同的生命层次、不同的视角和不同的时间和空间尺度研究自然环境和生物的关系的。一方面,生态学研究和了解生物栖息地在时间和空间尺度上的变化规律和特征,注意应用时间尺度和空间尺度的组合;另一方面,生态学研究生物有机体这个生态学上最直接、最基本的客观实体,也是一个最基本的生态学系统。人类是生物圈中重要的组成部分,然而,随着世界人口的膨胀,目前人类对自然界的破坏力和影响程度,已经上升为生态学研究的热点和焦点问题。

二、生态学的理论基础

生态学研究运用了地理学、物理学、化学、数学和经济学的一些原理和定律，综合了生物学中的生理学、遗传学、进化论、行为学和分类学的原理与法则，探索生物和环境相互作用规律，形成了一门联系广泛的综合性的学科（见图 1）。生态学虽然已经跨出生物学和地学的门槛，成为一门独立的学科，但是，生态学与生理学的联系仍然十分密切，有时难以划分其界限。

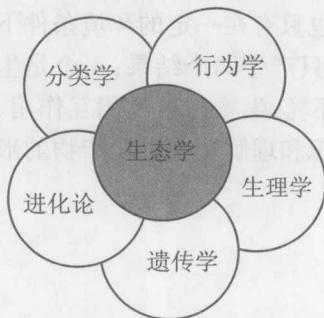


图1 生态学与其他生物学科的关系(沈显生绘)

分类学是研究生物分类和系统进化的学科，目的在于阐明生物间的亲缘关系，以及生物是怎样进化、新的物种是如何形成的等问题，这也是生态学的基础知识。同时，生态学的发展又反过来促进分类学的发展。

生理学是研究生物的功能与代谢机制的学科,它是生态学重要的理论基础。生态生理学(ecological physiology)是植物生态学与植物生理学之间的边缘学科,运用植物生态学的原理,采用植物生理学的技术手段,研究植物与环境之间的相互关系的规律性。生理生态学(physiological ecology)是生态学的一个分支学科,研究生物对非生物环境因子的反应,主要包括结构上的适应和生理上的调节等。

遗传学是研究生物遗传和变异规律的学科,它既研究生物遗传和变异的物质基础,又研究引起变异的外部环境因素。特别是分子遗传学,为生物学特别是生态学以及其他学科开辟了新的研究途径并提供了理论基础。正如分子生物学一样,分子遗传学对生态学的发展产生了积极的作用,对许多生态学重大问题已开始由

现象的描述转入到对基本作用规律的阐述。同样,生态学随着本身的发展与遗传学相结合,形成了生态遗传学(ecological genetics),成为遗传学的一个分支学科,以研究物种在自然界中的分布和演变规律。

生物进化论是研究生命起源、物种形成、种系发生和进化的规律,以及如何运用这些规律解释生物进化事件的学科,是生态学的理论基础之一。当今生物进化论是以拉马克(Lamarck)学说、达尔文进化论和孟德尔-摩尔根遗传学理论为理论基础。进化生态学(evolutionary ecology)是生态学的一个分支学科,研究种群的隔离、自然选择与新种形成、群落演替和生态系统进化以及生物突变的进化机制等。

行为学是研究生物个体和种群对内环境和外界环境的变化(刺激)所做出反应的规律性的学科,主要揭示生物对环境变化的适应策略或反应机制。行为学家从行为学的角度提出了生态行为学(eco-ethology),主要研究生物的行为与环境的关系;而生态学家从生态学的角度提出了行为生态学(biological ecology),主要研究生物的行为机制和行为的生态学意义。

由此可见，生态学的理论基础非常宽厚，涉及多个学科，研究内容也相当广泛。特别是生态学与行为学和进化论联系紧密，三者往往形成了一个相互交织的综合的大学科体系。

三、生态学的研究对象

生态学按研究对象的性质可划分为：理论生态学和应用生态学。

(一) 理论生态学

理论生态学按研究对象的层次划分,可分为个体生态学、种群生态学、群落生态学和生态系统生态学,统称为生态学系统(ecological system)。我们把单个生物体、种群、群落和生态系统看成是不同的生命系统层次。生物有机体是生态学研究的最基本的单位,个体生态学是基本的生态学系统。习惯上,人们把上述生态学系统看成是宏观层次上的生态学,而把细胞、分子与其微环境关系的研究看成是微观层次上的生态学,后者最具代表性的分支学科是分子生态学。广义的生态学系统包括分子生态学、个体生态学、种群生态学、群落生态学、生态系统生态学、景观生态学、区域生态学和全球生态学(见图 2)。严格地说,对于不具备独立的生命形态诸如器官、细胞(单细胞生物除外)或生物大分子与其微环境关系的研究,不属于生态学的研究层次。同样,对于景观和生物圈以上层次的研究,也不属于生态学的研究层次。

究对象，而属于地学的研究范畴。

生态学研究的两大客体是环境与生物。由于植物、动物和微生物在生态系统中起着不同的功能和作用,所以,理论生态学按研究对象又可分为动物生态学、植物生态学、微生物生态学,如果再细分,有昆虫生态学、鸟类生态学、鱼类生态学等;按研究对象的数量,可分为个体生态学和群体生态学。

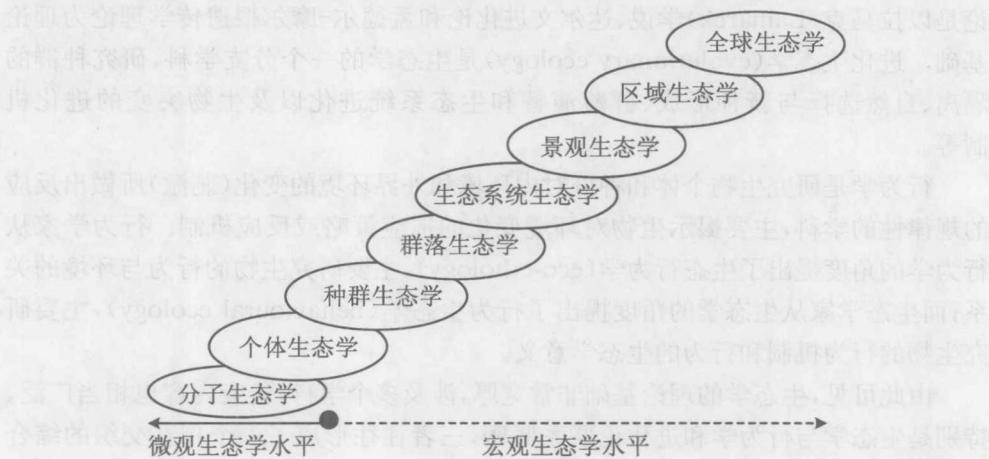


图2 广义的生态学系统的各个研究层次(仿沈国英)

动物生态学(animal ecology)是从生物个体、种群和群落的角度研究动物与其周围环境相互关系的学科,是生态学的分支,是由动物学与生态学等形成的交叉学科。动物生态学的主要研究内容是:①动物与生存环境的关系,生存环境的变化对动物的生理功能、形态结构特征和行为方式的影响;②在一定的生存环境下各种动物种群的数量关系,出生率和死亡率的变化,种群密度和年龄分布;③在一定的环境下种内和种间关系及其对动物进化的意义,种内与种间的合作与竞争,捕食-被捕食,种间的各种其他关系,以及动物种群的结构和数量动态;④不同生态环境下动物种群和群落的形成、适应性和演化;⑤人类对动物资源开发利用和动物遗传种质资源的保护等。

植物生态学(plant ecology)是研究植物之间以及植物与环境之间相互关系的学科。植物生态学包括植物生理生态学(个体生态学)、种群生态学、植物群落学(植物社会学)和生态系统生态学4大部分。植物生态学主要研究植物个体对不同环境因子的适应性,环境对植物个体的影响,植物种群和群落在不同环境中的组成、结构及演替过程,以及植物在生态系统中的能量流动、物质循环方面的作用。