

Shengtai
Qixiangxue Daolun

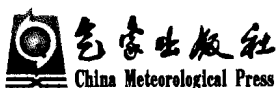
生态气象学导论

◎ 王连喜 毛留喜 李琪 郭建茂 陈书涛 编

 气象出版社
China Meteorological Press

生态气象学导论

王连喜 毛留喜 李 琪 郭建茂 陈书涛 编



内容提要

生态气象学是生物气象学的分支,是气象学、生态学、环境科学等学科交叉形成的一门交叉科学,也是一门新兴的专业气象科学。根据生态气象学教学、科研以及业务发展的需求,本书介绍了生态气象学的相关理论、方法以及业务实践方面的内容。全书共分9章,其中第1章为概论,介绍了生态气象学的相关背景知识;第2~5章为生态气象学的相关理论知识;第6、7章为生态气象监测与评价方面的内容;第8章以遥感和模型为例介绍了生态气象研究的方法及应用案例;第9章简要介绍了生态气象业务工作的基本情况。

本书可作为高等院校气象、生态、环境及相关专业的教材,也可作为从事生态气象科研及业务工作人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

生态气象学导论/王连喜等编. —北京:气象出版社,
2010.7

ISBN 978-7-5029-5010-1

I. ①生… II. ①王… III. ①生态学:气象学-高等学校-教材 IV. ①Q142

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 128685 号

Shengtai Qixiangxue Daolun

生态气象学导论

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街46号

总编室:010-68407112

网 址: <http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:林雨晨

封面设计:博雅思企划

责任校对:赵 媛

印 刷:北京奥鑫印刷厂

开 本:750 mm×960 mm 1/16

字 数:440千字

版 次:2010年8月第1版

印 数:1~1000

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@263.net

终 审:黄润恒

责任技编:吴庭芳

印 张:22.5

印 次:2010年8月第1次印刷

定 价:38.00元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

前 言

生态学是研究生物之间和生物与周围环境之间相互联系、相互作用的科学。气象学是研究大气中各种物理过程和现象的成因及其变化规律的科学。在一个生态系统的众多环境因素中,光、温、水、气等气象因素的变化最大也最频繁。气象因素直接作用于动植物生长发育的状况和分布,并间接影响着其他环境因素,而其他环境因素包括人为因素大多是通过改变气象因素而对生态系统产生影响的,是间接作用。可以说,气象因素对生态的影响最大也最明显。反之,一个生态系统可以通过吸收或排放各种气体,影响到地球的大气成分,最后影响到全球气候状况。也可以通过调节大气温室气体含量来间接地影响全球气候,还能通过改变水文条件、热量平衡、云层分布等而对全球气候变化直接产生反馈作用。植被状况也影响着太阳辐射在地球表面的分布,从而影响着地表温度和热量平衡。因此,生态与气象是相互联系、相互制约、相互作用的,二者的交叉以及与其他学科的融合形成了生态气象学。

生态气象学是生物气象学的分支,它是以生态系统为中心,主要研究天气和气候过程对生态系统结构与功能的影响及其反馈作用的科学,是气象学、生态学、环境科学等学科交叉形成的一门交叉科学,也是一门新兴的专业气象科学。生态气象的内涵十分丰富,所涉及的学科及内容几乎涵盖了地学的所有学科及大农业学科,其研究领域涉及资源、环境、生态、全球变化及其影响评估、可持续发展等一系列世界性问题。生态气象的研究对认知和解决全球气候变化、土地退化、荒漠化加重等全球生态环境问题,为生态恢复和保护提供理论和技术支撑,促进可持续发展有重要意义。生态气象教学、科研及业务工作的深入开展,也可以为我国开展环境外交、气候系统模式研发、气候变化影响评估等提供基础性资料。

随着生态学和气象学的相互交叉与渗透,生态气象学独立的理论体系框架逐渐成型,不断完善的日常生态气象业务也对生态气象学提供了很大的补充,生态气象学正在逐渐发展成熟起来。本教材的编写,正是在生态气象学发展的大背景下完成的。全书一共分为九章,编写分工如下:第1章由王连喜编写;第2、3章由郭建茂编写;第4、5章由陈书涛编写;第6、9章由毛留喜编写;第7、8章由李琪编写;全书由王连喜统稿。王建林研究员、陈怀亮研究员在教材的编写过程中提出了许多宝贵意见,研究

生李欣和李菁参与了教材的校对工作,在此一并表示衷心感谢!

本书是作者在多年从事相关领域教学、科研及业务工作的基础上,参阅了国内外大量有关论著、专业刊物的相关论文后完成的,由于篇幅所限,文中只列出了部分参考文献,在此特别说明,并对所有的作者表示衷心的感谢。希望本书的内容有助于读者对生态气象学有一个较系统的认识,能从更广的视角去看待生态气象学的研究,并推动我国生态气象学的发展。

本书是国内生态气象领域的首部教材,由于学识水平及编写时间的限制,书中的内容和体系尚有不完善之处,敬请读者批评指正。

编者

2010年1月

目 录

前 言

第一章 概 论	(1)
第一节 生态学、生态系统及其特点	(1)
一、生态学的定义	(1)
二、生态学的研究对象、内容和学科体系	(1)
三、生态系统及其特点	(3)
第二节 气象学、气象要素及其特点	(6)
一、气象学的定义	(6)
二、气象学的研究对象和学科体系	(7)
三、大气	(9)
四、气象要素及其特点	(12)
五、太阳辐射	(16)
第三节 生态与气象的相互关系、相互影响与作用	(18)
一、生态与气象的相互关系	(18)
二、气象与生态的相互影响	(21)
三、气象对生态的作用	(28)
第四节 生态气象概述	(29)
一、定义与意义	(29)
二、生态气象学的发展与建立	(30)
三、有关重大国际计划简介	(33)
四、生态气象的服务需求、现状、发展趋势	(40)
本章小结	(45)
复习思考题	(45)
参考文献	(46)

第二章 气象条件与植物生长发育的关系	(47)
第一节 光与植物生长发育	(47)
一、光的生物学意义与植物的光学特性	(47)
二、光照长度对植物的影响	(50)
三、光强对植物的影响	(56)
四、不同光谱对生物的作用	(60)
第二节 温度与植物生长发育	(62)
一、温度的意义	(62)
二、温度及其对植物的影响	(64)
三、积温对生物的影响	(67)
四、温度的周期性变化及其对农业生物的影响	(69)
第三节 水与植物生长发育	(72)
一、土壤——植物——大气水分循环	(73)
二、大气水分与植物生长发育	(79)
第四节 大气 CO ₂ 与植物生长发育	(82)
一、植物对 CO ₂ 的利用	(83)
二、农田 CO ₂ 的变化规律	(84)
三、CO ₂ 倍增影响生态系统的过程与机理	(86)
四、水热与 CO ₂ 协同作用影响生态系统的过程与机理	(87)
第五节 我国气候资源的时空分布与基本特征	(89)
一、我国的光能资源	(89)
二、我国的热量资源	(90)
三、我国的降水资源	(93)
四、我国的水热资源特征	(96)
五、我国的气象灾害概况	(98)
本章小结	(101)
复习思考题	(102)
参考文献	(103)
第三章 气象条件对陆地生态系统的影响	(105)
第一节 气象条件对植物分布的影响	(105)
一、柯本分类系统及其改良	(105)
二、综合指标的植被气候分类系统	(107)

三、我国森林植被-气候带的划分	(110)
第二节 温度对动物的影响	(112)
一、温度对动物的生态作用	(112)
二、动物对低温环境和高温环境的适应	(114)
三、温度对动物的生长、发育和繁殖的影响	(117)
四、温度与动物的地理分布	(119)
五、温度对动物数量变动的影响	(120)
第三节 水分、光照、气压对动物的影响	(121)
一、水对陆生动物的影响	(121)
二、光对动物的影响	(126)
三、气压与动物活动	(129)
第四节 气象对土壤的影响	(130)
一、土壤形成的气候因素	(130)
二、土壤剖面形态特征	(135)
三、大土壤群分类	(137)
本章小结	(139)
复习思考题	(139)
参考文献	(140)

第四章 气候变化与陆地生态系统的相互作用

(142)

第一节 气候变化及其对生态质量的影响	(142)
一、气候变化	(142)
二、极端气候事件	(145)
三、我国与气候变化相关的基本国情	(147)
四、气候变化对生态质量的影响	(149)
第二节 气候变化对自然生态系统的影响	(150)
一、气候变化对森林的影响	(151)
二、气候变化对草原的影响	(154)
三、气候变化对荒漠及荒漠化过程的影响	(154)
四、气候变化对沿海及海洋生态系统的影响	(155)
五、气候变化对湿地生态系统的影响	(156)
六、气候变化对动植物的影响	(157)
第三节 气候变化对农业的影响	(160)
一、气候变化对农业的影响方式	(160)

二、气候变化对农业影响的研究实例(以江苏省为例)	(161)
第四节 陆地生态系统对气候变化的反馈	(164)
一、陆地生态系统碳循环与气候变化	(164)
二、陆地植被覆盖状况与气候变化	(167)
第五节 减缓与适应气候变化的对策措施	(170)
一、减少温室气体排放	(170)
二、充分挖掘生态系统固碳潜力	(170)
三、进一步贯彻实施节能减排	(172)
四、大力加强农业应对气候变化的能力	(172)
五、积极推动碳贸易的研究与实施	(173)
第六节 我国适应气候变化的重点领域	(174)
一、农业	(174)
二、森林和其他自然生态系统	(174)
三、水资源	(175)
四、海岸带及沿海地区	(176)
本章小结	(176)
复习思考题	(177)
参考文献	(177)

第五章 陆地生态系统与气象

第一节 荒漠生态系统与气象	(179)
一、荒漠生态系统的概念及其特点	(179)
二、荒漠生态系统的气象特点	(180)
三、沙漠化成因及监测指标体系	(180)
四、沙尘暴	(182)
第二节 草地生态系统与气象	(187)
一、草地生态系统	(187)
二、草地生态气象要素指标	(191)
三、干旱对草地植物的影响	(193)
第三节 森林生态系统与气象	(194)
一、森林的主要类型及其气候特点	(194)
二、森林生态系统的特点及功能	(195)
三、森林生态系统与气象的相互作用	(196)

第四节 湿地生态系统与气象	(199)
一、湿地生态系统的类型	(200)
二、湿地生态系统的特点及其功能	(201)
三、湿地与气候及气象	(202)
四、湿地生态系统气象观测	(204)
第五节 农田生态系统与气象	(204)
一、农田生态系统	(204)
二、农业生产与气象条件的关系	(205)
三、农业气象灾害	(206)
四、我国的农业气象服务	(211)
第六节 城市生态系统与气象	(212)
一、城市生态系统的气候特征与气象问题	(212)
二、城市热岛效应	(215)
三、城市雾	(217)
四、城市雷电	(219)
五、城市气象与生活	(222)
本章小结	(223)
复习思考题	(224)
参考文献	(224)
第六章 生态气象监测	(226)
第一节 生态气象监测需求、必要性和意义	(226)
第二节 国内外发展现状和趋势	(227)
第三节 监测依据与监测原则	(227)
一、监测依据	(227)
二、监测原则	(229)
第四节 农田生态气象监测	(229)
一、农田生态气象监测功能	(230)
二、农田生态气象监测结构	(233)
三、农田生态气象监测布局	(234)
第五节 森林生态气象监测	(235)
一、森林生态气象监测功能	(238)
二、森林生态气象监测结构	(239)
三、森林生态气象监测布局	(240)

第六节 草地生态气象监测	(241)
一、草地生态气象监测功能	(242)
二、草地生态气象监测结构	(242)
三、草地生态气象监测布局	(243)
第七节 湿地生态气象监测	(245)
一、湿地生态气象监测功能	(247)
二、湿地生态气象监测结构	(248)
三、湿地生态气候监测布局状况	(248)
第八节 城市生态气象监测	(249)
一、城市生态气象监测功能	(250)
二、城市生态气象监测结构	(251)
三、城市生态气象监测布局	(252)
第九节 荒漠生态气象监测	(253)
一、荒漠生态气象监测功能	(254)
二、荒漠生态气象监测结构	(254)
三、荒漠化分布和生态气象监测布局	(256)
第十节 生态气象灾害监测(以旱灾为例)	(257)
一、揭示旱灾及其环境要素的演变规律及其动因	(258)
二、揭示全球变化对我国旱灾的影响及其反馈作用	(258)
三、为国家防灾减灾提供业务服务	(258)
本章小结	(259)
复习思考题	(259)
参考文献	(259)
第七章 生态质量气象评价	(260)
第一节 生态质量气象评价概述	(260)
一、生态质量与生态质量评价	(260)
二、生态质量评价指标选取的原则	(261)
三、生态质量气象评价的概念	(261)
第二节 生态质量气象评价的内容	(262)
一、生态质量气象评价技术体系	(262)
二、生态质量气象评价指标	(265)
三、生态质量气象评价与分析方法	(267)
四、生态质量气象评价实例	(269)

第三节 EMI 评价方法	(274)
一、评价指标体系	(274)
二、评价程序	(275)
三、评价等级	(276)
四、EMI 评价实例	(277)
第四节 气象灾害的评估	(281)
一、干旱影响评估内容	(281)
二、干旱风险分析	(282)
三、国内冷害风险评估技术研究	(283)
本章小结	(284)
复习思考题	(284)
参考文献	(284)
第八章 遥感技术及模拟模型在生态气象中的应用	(287)
第一节 遥感技术概述	(287)
一、遥感的概念及分类	(287)
二、遥感技术的基本原理	(289)
三、遥感系统	(289)
四、遥感技术的特点	(290)
第二节 遥感技术在生态气象中的应用	(291)
一、遥感技术在生态气象监测中的应用	(292)
二、遥感在荒漠化评价中的应用	(306)
第三节 农业模型与生态模型简介	(308)
一、农业模型概述	(308)
二、生态模型概述	(310)
第四节 农业与生态模型在生态气象中应用	(313)
一、植被净初级生产力的监测与估算	(314)
二、森林可燃物载量的估测	(318)
三、土壤水蚀估算	(318)
本章小结	(320)
复习思考题	(321)
参考文献	(321)

第九章 生态气象业务简介	(323)
一、生态气象业务需求	(323)
二、国内外生态气象业务现状	(323)
三、生态气象业务发展的原则	(324)
四、生态气象业务系统	(325)
五、生态气象业务服务	(329)
六、生态气象业务信息与技术保障	(333)
七、业务流程	(336)
八、标准体系	(345)
本章小结	(346)
复习思考题	(346)
参考文献	(347)

第一章 概 论

第一节 生态学、生态系统及其特点

一、生态学的定义

生态学(ecology)一词源于希腊文 oikos,意为“住所”或“栖息地”。从原意上讲,生态学是研究生物住所的科学。德国博物学家 E. Haeckel 于 1866 年在其发表的《普通生物形态学》一书中首先提出了生态学的定义,他认为生态学是“研究生物有机体与其周围环境(包括生物环境和非生物环境)之间相互关系的科学”,特别是指动物有机体与其他动植物之间的互惠或者敌对关系。

由于研究背景和对象的不同,生态学有很多种定义。英国生态学家 Elton 的定义是“科学的自然历史”;澳大利亚生态学家 Andrewartha 则认为生态学是研究生物体分布与丰度的各种关系的科学,强调了对种群动态的研究;加拿大生态学家 Krebs 进一步将该定义扩展为“研究生物有机体分布与多度及其相互关系的科学”;美国生态学家 E. P. Odum 的定义是研究生态系统结构与功能的科学,后来在其著作中又提出生态学是综合研究有机体、物理环境与人类社会的科学,并强调人类在生态学过程中的作用;Hedgpeth 认为生态学可定义为生物因素、社会因素和历史因素之间及它们内部的相互作用;我国著名生态学家马世骏认为生态学是研究生命系统和环境系统相互作用的科学,反映了生态学发展重点转移到了生态系统生态学。但生态学发展至今,其内涵和外延都有了变化,目前生态学被定义为“研究生物之间和生物与周围环境之间的相互联系、相互作用的科学”,其目的是指导人与生物圈(即自然、资源与环境)的协调发展。

二、生态学的研究对象、内容和学科体系

(一)研究对象

生态学起源于生物学,是研究以种群、群落和生态系统为中心的宏观生物学。其

研究对象是各层次的生物及其与环境的相互关系,由生物大分子—基因—细胞—个体—种群—群落—生态系统—景观直到生物圈。近年来,生态学除继续向宏观方向发展外,同时还向个体以下的层次渗透,1992年由 Terry Burke, Ray Seidler 和 Harry Smith 创办了《Molecular Ecology》杂志,标志着生态学进入了分子水平。生态学涉及的环境也非常复杂,从无机环境、生物环境到人与人类社会,以及由人类活动所导致的环境问题。因此,生态学的研究范畴异常广泛,不仅包括生物个体、生物种群及生物群落,还包括动物、植物、微生物及人类等。

(二) 研究内容

生态学是生物学研究的宏观综合发展方向,其目的在于在生物个体、种群、群落和生态系统 4 个层次上探求生命系统的奥秘。生态学主要有以下 3 个方面的研究内容。

(1) 以自然生态系统为对象,探索无机和有机环境对生物的影响与作用、生物对环境的影响与作用、生物与环境之间的相互关系和作用规律;生物种群在不同环境中的形成与发展,种群数量在时间和空间上的变化规律,种内、种间关系及其调节过程,种群对特定环境的适应对策及其基本特征;生物群落的组成与特征,群落的结构、功能和动态,生物群落的分布规律;生态系统的基本成分,生态系统中的物质循环、能量流动和信息传递,生态系统的发展和演化,生态系统的进化与人类的关系等。

(2) 以人工生态系统或半自然生态系统(受人类干扰或破坏后的自然生态系统)为对象,研究不同区域系统的组成、结构和功能;污染生态系统中生物与被污染环境间的相互关系;环境质量的生态学评价;生物多样性的保护和可持续开发利用等。

(3) 以社会生态系统为研究对象,从研究社会生态系统的结构和功能入手,系统探索城市生态系统的结构和功能、能量和物质代谢、发展演化及科学管理;农业生态系统的形成和发展、能流和物流特点以及高效农业的发展途径等;人口、资源、环境三者之间的相互关系,人类面临的生态学问题等社会生态问题。

(三) 学科体系

随着生态学不同研究领域、范围及内容的发展和深入,逐渐形成了生态学庞大的学科体系。其分类有如下表述:

(1) 根据研究对象的生物组织水平可分为:分子生态学、个体生态学或生理生态学、种群生态学、群落生态学、生态系统生态学、景观生态学与全球生态学等。

(2) 根据研究的对象可分为:动物生态学、植物生态学、微生物生态学、陆地植物生态学、哺乳动物生态学、昆虫生态学等。

(3) 根据生物栖息地类型可分为:森林生态学、草地生态学、海洋生态学、淡水生态学等。

(4)根据生态学与其他学科的交叉可分为:数学生态学、化学生态学、生理生态学、经济生态学、进化生态学等。

(5)根据生态学应用的门类可分为:农业生态学、资源生态学、污染生态学等。

(6)根据研究方法可分为:理论生态学、野外生态学、实验生态学等。

三、生态系统及其特点

(一)生态系统的定义

生态系统(ecosystem)是在一定空间中共同栖居着的所有生物与其环境之间不断地进行物质循环和能量流动过程而形成的统一整体。也可以说,生态系统是指在一定的空间内生物成分和非生物成分通过物质循环、能量流动、相互作用、相互依存而构成的一个生态学功能单位。1935年英国植物学家 Tansley 在前人工作的基础上,首次提出了生态系统的概念,他认为“生态系统的基本概念是物理学上使用的“系统”整体,这个系统不仅包括有机复合体,而且也包括形成环境的整个物理因子复合体”,并强调有机体与环境之间,各有机体之间及各环境组成要素之间的相互关系。生态系统是自然界的一种基本功能单位,是生态学上的一个主要结构和功能单位,属于生态学研究的最高层次。它所具有的复杂的、纵横交错的网络式结构,只有在科学发展到一定程度的近代,才有可能对其进行深入研究,并使生态学及有关问题得到更快的发展。

生态系统是具有一定结构、一定边界的,常按其研究目的进行划定。生态系统可以包含不同范围、不同层次,或者说只要是生物群体与其所处的环境组成的统一体,都可以视为一个生态系统,其边界小至动物有机体内的微生物系统、一个鱼缸,大至森林、乃至整个生物圈。

生态系统的类型具有多样性,按所处的生境一般划分为陆地生态系统和水域生态系统。其中,陆地生态系统包括森林、草原、农田生态系统等,水域生态系统包括海洋生态系统和淡水生态系统等。

(二)生态系统的组成与结构

生态系统的主要组成包括土壤、大气、来自太阳的光和热、水以及生物等。按各自功能的不同,可分为非生物环境、生产者、消费者和分解者。

非生物环境包括参加物质循环的无机元素和化合物(C、N、CO₂、O₂等)、联系生物和非生物成分的有机物质(蛋白质、糖类、脂类等)和气候或者其他地理条件(如温度、气压等)。

生产者是指能利用简单的无机物制造有机物的自养生物,是生态系统的最主要成分,包括所有能进行光合作用的绿色植物和光合微生物蓝细菌。

消费者是指不能用无机物制造有机物,而只能直接或间接依赖于生产者所制造的有机物质的生物,属于异养生物。按其营养方式上的不同可分为食草动物、食肉动物和大型食肉动物或顶级食肉动物。消费者在生态系统中不仅对初级生产物起作用、再生产作用,还对其他生物种群数量起着重要的调控作用。

分解者也是异养生物,其作用是把动植物残体的复杂有机物分解为生产者能重新利用的简单化合物,并释放出能量,又称为还原者。

生态系统的一般性模型包括三个亚系统:生产者亚系统、消费者亚系统和分解者亚系统。由这三个亚系统的生物成员与非生物环境成分间通过能流和物流而形成的高层次生物组织,是一个物种间、生物与环境间协调共生,能维持持续生存和相对稳定的系统。

生态系统的结构包括空间结构、时间结构和营养结构。空间结构分为水平结构和垂直结构,水平结构指的是系统的水平格局,垂直结构则是指生态系统形成过程中对环境有不同需要的生物种各自占有的一定空间所形成的成层结构。时间结构主要指一个生态系统初步具备了结构特征,作为整体运行生态过程和行使功能的时间,分为季节动态和年际变化。营养结构主要由食物链和食物网来表示。食物链是生产者所固定的能量和物质,通过一系列取食和被食的关系在生态系统中传递,各种生物按其食物关系排列的链状顺序,而食物链彼此交错连结,形成一个网状结构,就是食物网。

(三)生态系统的基本功能

生态系统的功能包括能量流动、物质循环和信息及其传递三大功能。

1. 能量流动

能量在生态系统内的传递和转化过程称为生态系统的能量流动。任何一个生态系统都遵循热力学两大定律,一个体系的能量发生变化,环境的能量也必定发生相应变化,此外,当能量以食物的形式在生物之间传递时,食物中相当一部分能量会转化为热而消散掉,其余则用于合成新的组织而作为潜能贮存下来。生态系统的能量是单向流动的,能量在系统内流动的过程,是不断递减的过程,但质量在提高,并通过食物链形成生态金字塔。

2. 物质循环

生态系统物质循环就是生态系统从大气、水体和土壤等环境中获得营养物质,通过绿色植物吸收,进入生态系统,被其他生物重复利用,最后,再归还于环境中,又称为生物地球化学循环。物质循环包括水循环、气体型循环和沉积型循环。生态系统中所有的物质循环都是在水循环的推动下完成的,水循环包括截取、渗透、蒸发和地