



高职高专“十一五”规划教材

★ 农林牧渔系列

农业生态

NONGYE
SHENGTAI

李 纯 主编



化学工业出版社



高职高专“十一五”规划教材

★ 农林牧渔系列

农业生态

NONGYE
SHENGTAI

李 纯 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是高职高专“十一五”规划教材★农林牧渔系列之一。全书理论部分共九章,包括绪论,农业生态系统,农业生态系统的能流与物流,生物与环境的关系,种群生态学原理及其应用,群落生态学原理及其应用,农业资源的合理利用、保护及评价,农业生态系统的调控与平衡,农业可持续发展与生态农业。为加强学生技能训练,体现职业特色,提高与培养学生的实践操作能力和创新能力,本书还专门设计了一章实验与实训指导。

本教材适合农业高职高专院校作物生产及相关专业使用,也可供广大农业生产工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

农业生态/李纯主编. —北京:化学工业出版社, 2009.9

高职高专“十一五”规划教材★农林牧渔系列
ISBN 978-7-122-06097-6

I. 农… II. 李… III. 农业-生态学-高等学校: 技术学校-教材 IV. S181

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第125763号

责任编辑:李植峰 梁静丽 郭庆睿

文字编辑:焦欣渝

责任校对:周梦华

装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张16 字数416千字 2009年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:28.00元

版权所有 违者必究

序

当今,我国高等职业教育作为高等教育的一个类型,已经进入到以加强内涵建设,全面提高人才培养质量为主旋律的发展新阶段。各高职高专院校针对区域经济社会的发展与行业进步,积极开展新一轮的教育教学改革。以服务为宗旨,以就业为导向,在人才培养质量工程建设的各个侧面加大投入,不断改革、创新和实践。尤其是在课程体系与教学内容改革上,许多学校都非常关注利用校内、校外两种资源,积极推动校企合作与工学结合,如邀请行业企业参与制定培养方案,按职业要求设置课程体系;校企合作共同开发课程;根据工作过程设计课程内容和改革教学方式;教学过程突出实践性,加大生产性实训比例等,这些工作主动适应了新形势下高素质技能型人才培养的需要,是落实科学发展观、努力办人民满意的高等职业教育的主要举措。教材建设是课程建设的重要内容,也是教学改革的重要物化成果。教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)指出“课程建设与改革是提高教学质量的核心,也是教学改革的重点和难点”,明确要求要“加强教材建设,重点建设好3000种左右国家规划教材,与行业企业共同开发紧密结合生产实际的实训教材,并确保优质教材进课堂。”目前,在农林牧渔类高职院校中,教材建设还存在一些问题,如行业变革较大与课程内容老化的矛盾、能力本位教育与学科型教材供应的矛盾、教学改革加快推进与教材建设严重滞后的矛盾、教材需求多样化与教材供应形式单一的矛盾等。随着经济发展、科技进步和行业对人才培养要求的不断提高,组织编写一批真正遵循职业教育规律和行业生产经营规律、适应职业岗位群的职业能力要求和高素质技能型人才培养的要求、具有创新性和普适性的教材将具有十分重要的意义。

化学工业出版社为中央级综合科技出版社,是国家规划教材的重要出版基地,为我国高等教育的发展做出了积极贡献,曾被新闻出版总署领导评价为“导向正确、管理规范、特色鲜明、效益良好的模范出版社”,2008年荣获首届中国出版政府奖——先进出版单位奖。近年来,化学工业出版社密切关注我国农林牧渔类职业教育的改革和发展,积极开拓教材的出版工作,2007年底,在原“教育部高等学校高职高专农林牧渔类专业教学指导委员会”有关专家的指导下,化学工业出版社邀请了中国100余所开设农林牧渔类专业的高职高专院校的骨干教师,共同研讨高等职业教育新阶段教学改革中相关专业教材的建设工作,并邀请相关行业企业作为教材建设单位参与建设,共同开发教材。为做好系列教材的组织建设与指导服务工作,化学工业出版社聘请有关专家组建了“高职高专‘十一五’规划教材★农林牧渔系列建设委员会”和“高职高专‘十一五’规划教材★农林牧渔系列编审委员会”,拟在“十一五”期间组织相关院校的一线教师和相关企业的技术人员,在深入调研、整体规划的基础上,编写出版一套适应农林牧渔类相关专业教育的基础课、专业课及相关外延课程教材——“高职高专‘十一五’规划教材★农林牧渔系列”。该套教材将涉及种植、园林园艺、畜牧、兽医、水产、宠物等专业,于2008~2009年陆续出版。

该套教材的建设贯彻了以职业岗位能力培养为中心,以素质教育、创新教育为基础的教育理念,理论知识“必需”、“够用”和“管用”,以常规技术为基础,关键技术为重点,先进技术为导向。此套教材汇集众多农林牧渔类高职高专院校教师的教学经验和教改成果,又得到了相关行业企业专家的指导和积极参与,相信它的出版不仅能较好地满足高职高专农林牧渔类专业的教学需求,而且对促进高职高专专业建设、课程建设与改革、提高教学质量也

将起到积极的推动作用。希望有关教师和行业企业技术人员，积极关注并参与教材建设。毕竟，为高职高专农林牧渔类专业教育教学服务，共同开发、建设出一套优质教材是我们共同的责任和义务。

介晓磊

2008 年 10 月



20 世纪 70 年代后期,在全球性的资源和生态环境问题日趋严重的形势下,作为研究农业生态系统的农业生态学得到专家、学者的重视。进入 20 世纪 90 年代,保护资源与环境,促进可持续发展成为全球性社会经济发展的主题,农业生态学及生态农业建设受到社会前所未有的重视,农业生态的理论研究与实践应用得到快速发展。各农业院校纷纷开设农业生态学课程,使农业生态学进入了一个新的发展阶段。

近年来,作为我国高等教育重要组成部分的高等职业教育在国家支持下得到了迅猛发展。但是,高等职业教育的教材建设却相对落后,大都借用本科院校的教材或本科院校教材的“压缩版”,从而在一定程度上影响了高等职业教育特色的形成与发展。如何编写为高职高专院校量身定做的简明实用、特色鲜明的高职高专院校教材,一直是高职高专院校教师苦思冥想的问题。

2008 年 5 月,在化学工业出版社的主持下,由信阳农业高等专科学校牵头,组织济宁职业技术学院、福建农业职业技术学院、商丘职业技术学院、宜宾职业技术学院、辽宁职业技术学院、沈阳农业大学高等职业技术学院和杭州万向职业技术学院等几个高职高专院校农业生态学主讲教师,经过 1 年多的集体讨论与分工编写,始成本书。

本书特色:一是具有理论够用、突出实践、简明实用的特点;二是每章设有学习目标、本章小结和复习思考,方便学生预习、讨论和复习;三是单独开辟一章(第十章)实验与实训指导,可供教师根据条件选择适合的项目进行实践技能训练,培养与提高学生的实践操作能力和创新能力。本教材适合于农业高职高专院校作物生产技术及相关专业师生使用,也可供广大农业生产工作者参考。

本书的第一章、第十章由李跃伟、雷振山编写;第二章由刘威编写;第三章由卓开荣编写;第四章由张钰编写;第五章由陈晓波、李艳波、吴琼峰编写;第六章由李纯编写;第七章由杨人卫编写;第八章由王汝举编写;第九章由王爱武编写。全书由李跃伟、陈晓波、王汝举进行分工审稿和修改,最后由李纯统稿与定稿。

由于编者水平有限,难免存在不足及疏漏之处,恳请专家、学者、使用本教材的师生及广大读者给予批评、指正。

编 者
2009 年 6 月



第一章 绪论	1
第一节 生态学的产生与发展	1
一、生态学的涵义	1
二、生态学的由来	2
三、生态学的发展	2
四、生态学研究的对象与内容	6
五、生态学分支学科	7
第二节 农业生态学的产生与发展	7
一、农业生态学的产生	7
二、农业生态学的发展	9
第三节 农业生态学的研究对象与内容	9
一、农业生态学的研究对象	9
二、农业生态学的内容与任务	11
三、农业生态学原理在生产上的应用	12
第四节 农业生态学在生产中的地位与研究方法	13
一、农业生态学在生产中的地位	13
二、农业生态学的研究方法	13
本章小结	15
复习思考	16
第二章 农业生态系统	17
第一节 系统及系统科学	17
一、系统的概念	17
二、系统的基本性质	17
三、系统的调节控制	18
四、系统的研究方法	19
五、系统的分类	19
第二节 生态系统	20
一、生态系统的概念	20
二、生态系统的基本组分	21
三、生态系统的类型	22
四、生态系统的结构	25
五、生态系统的特点	27

第三节 农业生态系统	28
一、农业生态系统的概念	28
二、农业生态系统的基本组分	28
三、农业生态系统的结构	29
四、农业生态系统的基本功能	33
五、农业生态系统的特点	33
本章小结	34
复习思考	35
第三章 农业生态系统的能流与物流	36
第一节 农业生态系统的能量流	36
一、热力学定律及其应用	36
二、食物链与食物网	37
三、生态系统的能流分析	44
四、农业生态系统中的能量转化	45
第二节 农业生态系统的物质流	48
一、物质循环的基本概念	48
二、几种重要的物质循环	50
三、农田养分循环与平衡	58
本章小结	60
复习思考	60
第四章 生物与环境的关系	61
第一节 环境的基本概念	61
一、环境的概念	61
二、生态因子的概念	63
三、生态因子的基本类型及其对生物的作用效应	64
四、生态因子的时空变化及其对生物分布的影响	68
第二节 生态因子对生物的作用	70
一、生态因子对生物的作用特点	70
二、限制因子原理	72
第三节 生物对自然环境的生态适应	73
一、生态适应的概念	73
二、生态适应的形式	75
三、生活型的概念与类型	75
四、生态型的概念与类型	76
五、生态位的概念及生态位原理的应用	77
第四节 生物对自然环境的影响	78
一、森林生态系统的生态效应	78
二、草原生态系统的生态效应	79
三、农田生态系统的生态效应	80
本章小结	80
复习思考	81

第五章 种群生态学原理及其应用	82
第一节 生物种群的基本特征	83
一、种群的大小与密度	83
二、种群的出生率与死亡率	85
三、种群的年龄结构与性别比例	87
四、种群的数量动态类型	89
五、存活曲线	90
六、内禀增长率	91
七、环境容纳量	91
第二节 种群的增长	92
一、单种种群的增长型	92
二、种群的数量变动及其调节	95
第三节 生物种间关系及其应用	101
一、负相互作用	101
二、正相互作用	102
三、生物化学分泌物在种间关系上的作用	103
四、种间关系的应用	105
本章小结	107
复习思考	107
第六章 群落生态学原理及其应用	108
第一节 生物群落的特征	108
一、群落的基本特征	108
二、群落的种类组成	109
三、群落中种类组成的数量特征	110
第二节 生物群落的结构	112
一、群落的水平结构	112
二、群落的垂直结构	113
三、群落的时间结构	114
四、边缘效应	114
五、群落结构在农业生产中的应用	115
第三节 生物群落的演替	116
一、群落演替的概念	116
二、群落演替的类型	117
三、顶级群落	120
四、演替过程中群落结构与功能的变化	121
五、影响群落演替的几种主要因素	122
六、群落演替理论的应用	123
第四节 生物群落中的生物多样性	124
一、生物多样性的概念及其价值	124
二、生物多样性与生态系统的关系	126
三、农业生态系统中的生物多样性	129
本章小结	132

复习思考	133
第七章 农业资源的合理利用、保护及评价	134
第一节 农业资源的基本概念	134
一、农业资源的概念	134
二、农业资源的分类	135
三、自然资源的特性	136
四、我国农业自然资源的特点	137
第二节 保护和合理利用自然资源	139
一、自然资源与人类社会发展的关系	139
二、自然资源利用和保护是矛盾的统一	139
三、合理利用农业自然资源的基本原则	140
第三节 不可更新资源的持续利用	142
一、不可更新资源开发利用的特点	142
二、不可更新资源持续利用的途径	143
第四节 可更新资源的利用保护与增殖	145
一、可更新资源中的自然环境资源的利用	145
二、可更新资源中生物资源的增殖	146
三、公共资源利用的生态经济规律	147
四、最优持续收获量与最大持续收获量	148
第五节 农业生态系统效益的评价	150
一、农业生态系统效益的概念及分类	150
二、“三大效益”之间的关系	155
三、农业生态系统效益的评价方法	156
本章小结	160
复习思考	161
第八章 农业生态系统的调控与平衡	162
第一节 农业生态系统的调控特点	162
一、农业生态系统的调控机制及特点	162
二、农业生态系统的调控层次	164
第二节 生态系统的自然调控	164
一、自然调控的机制及类型	164
二、生态系统稳态机制的类型	165
三、自然调控机制的应用	166
第三节 生态平衡	166
一、生态平衡的概念	166
二、生态平衡的特征	167
三、生态失衡的原因及特征	167
四、维护生态平衡的具体措施	168
第四节 农业生态系统的调控原则	168
一、农业技术对农业生态系统调控的途径	168
二、农业技术的选择原则	172

第五节 资金流对生态系统的影响·····	174
一、资金流的基本构成·····	174
二、资金流与能、物流的关系·····	175
三、“成本外摊”与“收益外泄”现象·····	175
本章小结·····	176
复习思考·····	176
第九章 农业可持续发展与生态农业 ·····	177
第一节 农业可持续发展与可持续农业·····	177
一、农业可持续发展·····	177
二、可持续农业·····	178
三、国外替代农业的发展·····	179
四、我国农业的可持续发展·····	182
第二节 生态工程·····	185
一、生态工程的概念·····	185
二、生态农业的概念与特点·····	185
三、我国生态农业建设的主要技术·····	186
四、生态学基本原理在生态农业建设中的应用·····	187
五、我国生态农业的典型模式·····	188
本章小结·····	196
复习思考·····	196
第十章 实验与实训指导 ·····	197
实训一 生态因子测定的若干仪器与使用方法·····	197
实训二 若干生态因子的时空变化·····	198
实训三 种群增长·····	199
实训四 生物种间的竞争与互补·····	200
实训五 植物次生化合物的化感作用·····	200
实训六 生态系统的营养结构和生物多样性测算·····	201
实训七 农业生态系统初级生产力的测算·····	202
实训八 农业生态系统的能流分析·····	204
实训九 农业生态系统评价指标体系建设·····	210
实训十 农业生态系统的分析与诊断·····	217
实训十一 农业生态系统结构的优化方法·····	219
实训十二 农业生态系统的调查研究·····	221
实训十三 田间调查取样的方法·····	226
实训十四 光合作用测定·····	228
实训十五 农田小气候观测·····	230
实训十六 有机物分解的网袋测定法·····	233
实训十七 水体富营养化的测定与分析·····	235
参考文献 ·····	242

第一章 绪 论

知识目标

1. 掌握生态学的概念及其发展阶段。
2. 掌握农业生态学的概念、发展趋势、研究对象、研究内容、任务及其方法。
3. 理解农业生态学与农业生产和农业发展的关系。

技能目标

1. 掌握现代生态学理论和系统分析方法，从物质、能量运转的本质认识、解析农业的组成、结构、功能等。
2. 以农业生态系统为研究对象，探索、解决在特定约束条件下的农业问题。
3. 树立整体思维框架，将农业科学诸多学科的丰富知识合理地纳入系统之内，组合成知识结构体系，以实现整体效益。

第一节 生态学的产生与发展

20 世纪是人类历史上发展最惊心动魄的一个世纪，有史以来最巨大的科技进步、最深刻的社会变革、最沉重的人口负担、最严峻的环境危机、最空前的生态浩劫都发生在这 100 年里。经历了一个世纪上下求索的人类终于意识到，即使拥有强大的科技手段，人类也不能逃脱作为其生存环境的地球的种种变化对其前途的影响，人类只不过是地球生物圈大家庭的一个成员，而且只能与这个星球同命运、共存亡。人类社会的发展如果不按生态学规律办事，只能带来人类与地球的共同厄运。可以说，还很少有像生态学这样一门科学与人类的生存在时空尺度，在自然、社会和经济等方面有如此紧密的联系。生态学对人类如此地重要，不仅因为人类需要生存发展，而且也因为人类自身有责任维护人类赖以生存的星球，需要以生态学原则来调整人类与自然、资源和环境的关系。

一、生态学的涵义

生态学 (ecology) 一词，由德国学者 E. H. Haeckel 于 1866 年提出。他认为：“生态学是研究生物有机体与其无机环境之间相互关系的科学。”“ecology”一词源于希腊文，由词根“oiko”和“logos”演化而来，“oiko”表示住所，“logos”表示学问。因此，从原意上讲，生态学是研究生物“住所”的科学。不同学者对生态学有不同的定义。英国生态学家 Elton (1927) 的定义是“科学的自然历史”；澳大利亚生态学家 Andrewartha (1954) 认为，生态学是研究有机体的分布与多度的科学，强调了对种群动态的研究；美国生态学家 Odum (1953, 1959, 1971, 1983) 的定义是研究生态系统的结构与功能的科学；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关系的科学。但生态学发展至今，其内涵和外延都有了变化，生态学的定义不能局限于当初经典的涵义，结合近代生态学发展动向，归纳各种观点，可将生态学定义为：生态学是研究生物生存条件、生物及其群体与环境相互作用的过程与规律的科学，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、生态学的由来

1. 生态环境问题的胁迫

生态环境问题的实质是人类的文明与支持这个文明的自然系统之间不协调,以致出现了不能持续发展的关系。在人口不断增长的同时,文明标准不断提高,人类在物质上的追求越来越多,当某些需求超越了自然系统可能支付能力的时候,人类与生态环境之间的矛盾激化了。自然系统是由土地、岩石、气候、河流和众多的生物所构成的相互影响、彼此制约的极其复杂的系统。不同地区的自然系统在正常运转条件下,所能提供的每种物质或能量都有一定的数量限制。与过去相比,当今经济发展、人类文明和物质追求在种类上和数量上空前高涨,而自然系统所能提供的资源却不能总是随之增长,当二者的不协调明显增大时,人类就感受到环境的威胁。人类对某种资源消耗过多会导致可提供数量的减少,某一成分的改变,通过相互影响与制约关系会出现连锁反应。某一生态环境因素被破坏会导致系统的其他方面也改变,以致阻碍了经济发展,甚至危及人类健康与生存。

2. 人的认识逐步提高

人的认识是在实践中通过实践—认识—再实践—再认识的反复过程形成的。人的思维与认识既受客观条件、社会实践的限制,也受主观条件的限制。人对自然界客观规律的认识总是遵循从简单到复杂、从低级到高级、从对事物的描述到定性定量分析的过程。

从火的发现到以后的人工种植驯养,直到文艺复兴以后,人类的活动基本上都是简单地对单项资源开发,对生态系统的复杂性缺乏正确认识。有经济学家对人类的过去作出了栩栩如生的描述:“一个猎人露宿在大平原上,一堆小小的篝火给他带来了闪烁不定的光明和时断时续的温暖。一缕轻烟融入浩瀚晴朗的夜空。第二天,猎人起身离去,身后留下灰烬、残羹剩饭和他的粪便。走出10步之遥,这些就从他的视线和嗅觉中消失了,……他向着地平线继续前进,去寻找新的猎物。”在这样的情形下,人们无需为自己的行为后果负责,也无需考虑自己行为后果对未来和对他人的影响。在一个充满无限机会的社会里,任何一种可能的选择都不会排斥对其他机会的占有。

可见,人们在没有生态观念的情况下,各种客体都是单独、随机地反映在主观认识中的,资源有限、自然相关以及生态平衡等自然规律没有也不可能纳入人的认识视野。在生产水平不高、人类对于自然的利用能力有限的时候,自然界对人类的局部报复也被人类以逃避的方式忽视了。此时,人们与自然的关系是一种开放式的、单项的、局部的关系。人们对主客体关系的理解也难免出现简单化、片面化。全球性危机在20世纪中叶出现,就是主客体关系尖锐对立价值取向极端发展的结果。人们错误地认为:自然是人类认识的对象,也是人类改造和奴役的对象,而人类对自然进行改造、驾驭、变革的唯一目的是满足人类日益增长的需要,环境和生态成本无须考虑,即使实践带来了某些负面后果,也可以通过建构新的客体物件得以逃避。人类对于自然暂时的、局部的改造成果使人类忘乎所以,有意或无意地忘记了人类来自于哪里,忘记了自然是生命之源更是价值之源这样的基本事实,盲目地以自然的主人自居,以为自己可以对自然随心所欲、颐指气使。

随着人口的增加、社会生产力水平的不断提高,人类对于自然的开发利用达到空前规模,自然规律对于人类活动的种种报复性回应使人类无从逃避,全球性的生态危机迫使人类重新认识人与自然的关系。所以生态学的发展也随着人类对生态系统的认识而不断深化。

三、生态学的发展

生态学发展到今天,可以概括为三个历史阶段。

1. 萌芽期(公元前2000年至16世纪欧洲文艺复兴时期)

早在公元前 2000~1000 年间, 朦胧的生态学思想已见诸于希腊和中国的古歌谣和著作中。公元前 700 年, 李冉的《道德经》已表达了人类生存的地球“水木金火土”五行相生相克的思想;《管子·地员篇》、《春秋》、《庄子》都记载有土壤性质与植物生长和品质的关系, 以及动物的行为等。欧洲 Empedocles 在公元 5 世纪的著作中就注意到植物与环境的关系; Aristotle 按栖息地划分了动物类群, 其弟子 Theophrastus 提出植物群落涵义以及动物体色是对环境的适应。中国的秦汉时期和罗马帝国盛期,《吕氏春秋》、《农政全书》、《齐民要术》等一些著作, 都不乏生物与环境关系的描述。这一时期以古代思想家、农学家对生物与环境相互关系的朴素的整体观为其特点。

2. 形成期 (大约从 16 世纪到 20 世纪 40 年代)

这一时期是生态学建立、生态学理论形成、生物种群和群落由定性向定量描述、生态学实验方法发展的辉煌时期。其建立和发展历程可概括为以下几个时期。

(1) 奠基时期 这一时期始于 16 世纪文艺复兴之后。各学科的科学家都为生态学的诞生做了大量的工作。如英国的物理学家兼化学家 Boyle (1670) 发表了低压对动物物种的试验结果, 标志着动物生理生态学的开端; 1735 年法国昆虫学家 Reaumur 在其昆虫学著作中, 记述了许多昆虫生态学资料, 他被认为是研究温度与昆虫发育生理的先驱; Malthus (1798) 发表了他的《人口论》, 阐述了对人口增长和食物关系的看法; Humboldt (1807) 发表了《植物地理知识》, 描述了物种的分布规律; C. Darwin (达尔文) (1859) 年发表的《物种起源》, 更系统地深化了对生物与环境相互关系的认识; 德国生物学家 Haeckel (1866) 对生态学予以定义; 德国的 Möbius (1877) 创立了生物群落概念; Warming (1895) 发表的《以生态地理为基础的植物分布》被认为是植物生态学诞生的标志; 德国 Schroter (1896) 提出了个体生态学和群体生态学两个概念。这些学者以及许多未提及的学者所做的工作, 为生态学的建立和发展打下了良好的基础。

(2) 建立初期 自 1900 年生态学被公认为生物学的一个独立分支学科到 1920 年, 虽然在个体、种群和群落的水平开展了许多研究工作, 但总的来说还处于定性描述阶段, 缺乏对生态现象的解释。

(3) 发展期 20 世纪 20~50 年代, 生态学得到了迅速的发展, 研究重点已开始由定性转为定量描述。这一时期, 动物种群生态学得到取得了一些重要的发现并得到了迅速的发展, 如 Peral (1920) 和 Read (1920) 对 Logistic 方程的再发现, 这个方程是描述种群数量变化的最基本方程; Lotka (1925) 和 Volterra (1926) 分别提出了描述两个种群间相互作用 Lotka-Volterra 方程; C. Elton (1927) 在《动物生态学》一书中提出了食物链、数量金字塔、生态位等非常有意义的概念; Lindeman (1942) 提出了生态系统物质生产率的渐减法则。

植物生态学着重在植物群落生态学方面有了很大的发展, 一些学者如 Clements、Tansley、Whittaker、Gleason、Chapman 等先后提出了诸如顶极群落、演替动态、生物群落类型 (biome)、植被连续性和排序等重要概念, 对生态学理论的发展起了重要的推动作用。同时由于各地自然条件不同, 植物区系和植被性质差别甚远, 在认识和工作方法上也各有千秋, 形成了几个中心或学派。

① 英美学派 其代表人物分别是美国的 F. D. Clements 和英国的 A. G. Tansley。他们的特点是重视群落的动态, 从植物群落演替观点提出演替系列、演替阶段群落分类方法, 并提出了演替顶极 (Climax) 的概念, 他们俩分别是单元顶极学说和多元顶极学说的代表人物。

② 法-瑞学派 这个学派以瑞士的苏黎世 (Zurich) 大学和法国的蒙伯利埃 (Montpellier) 大学为中心。代表人物: 瑞士的 Rubel, 著有《地植物学的研究方法》(1922); 法国的 Braun-Blanquet, 著有《植物社会学》(1928)。这个学派的特点是重视群落研究的方法, 用特征种和区别种划分群落的类型, 建立了严密的植被等级分类系统。

③ 北欧学派 这个学派以瑞典 Uppsala 大学为中心, 代表人物 Rietz。他们重视群落分析、森林群落与土壤 pH 值的关系。1935 年以后, 与法-瑞学派合流, 合称西欧学派, 或叫大陆学派, 不过仍保留把植物群落分得很细的特点。

④ 前苏联学派 这个学派以 V. N. Sukachev 院士为代表。他们以建群种定名群丛, 建立了一个等级分类系统, 并且很重视制图工作, 完成了全苏植被图。在这个时期, 动、植物生态学分别在两个方面有较大的发展。美国两位著名的人物 Clements 和 Shelfield (1939 年) 曾经合写了一本《生物生态学》(Bioecology), 外表上好像是统一的, 但实际上还是各写各的, 所以有的学者称这时期为动、植物生态学并行发展的阶段。直到生态系统概念的提出, 才发生根本性的变化。

3. 发展期 (20 世纪 50 年代至今)

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。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, 并获得了重大的发展。它有以下一些特点。

(1) 整体观的发展

① 动植物生态学由分别单独发展走向统一, 生态系统研究成为主流。

② 生态学不仅与生理学、遗传学、行为学、进化论等生物学各个分支领域相结合, 形成了一系列新的领域, 并且与数学、地学、化学、物理学等自然科学相交叉, 产生了许多边缘学科; 甚至超越自然科学界限, 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真正桥梁之一。

③ 生态系统理论与农、林、牧、渔各业生产、环境保护和污染处理相结合, 并发展为生态工程和生态系统工程。

④ 生态学与系统分析或系统工程相结合, 形成了系统生态学。

(2) 生态学研究对象的多层次性更加明显 现代生态学研究对象向宏观和微观两极多层次发展, 小至分子状态、细胞生态, 大至景观生态、区域生态、生物圈或全球生态, 虽然宏观仍是主流, 但微观的成就同样重大而不可忽视。而在生态学建立时, 其研究对象则主要是有机体、种群、群落和生态系统几个宏观层次。

(3) 生态学的国际性是其发展的趋势 生态学问题往往超越国界, 第二次世界大战以后, 有上百个国家参加国际规划, 最重要的是 20 世纪 60 年代的 IBP (国际生物学计划), 70 年代的 MAB (人与生物圈计划), 以及现在正在执行中的 IGBP (国际地圈生物圈计划) 和 DIVERSITAS (生物多样性计划)。为保证世界环境的质量和人类社会的持续发展, 如保护臭氧层、预防全球气候变化的影响, 国际上签定了一系列协定。1992 年各国首脑在巴西里约热内卢签署的《生物多样性公约》是近 10 年来对全球有较大影响力和约束力的一个国际公约, 有许多方面涉及到了各国的生态学问题。

① 国际生物学计划 (IBP) 由联合国教科文组织 (UNESCO) 提出, 1964 年开始执行, 包括陆地生产力、淡水生产力、海洋生产力和资源利用管理等 7 个领域, 其中心是全球主要生态系统的结构、功能和生物生产力研究, 共有 97 个国家参加。

② 人与生物圈计划 (MAB) 由联合国教科文组织 (UNESCO) 于 1970 年提出, 是一个国际性、政府间的多学科的综合研究计划, 是 IBP 的继续。它的主要任务是研究在人类活动的影响下, 地球上不同区域各类生态系统的结构、功能及其发展趋势, 预报生物圈及其资源的变化和这些变化对人类本身的影响, 其目的是通过自然科学和社会科学这两个方面, 研究人类今天的行动对未来世界的影响, 为改善全球性人与环境的相互关系, 提供科学依据, 确保在人口不断增长的情况下合理管理与利用环境及资源, 保证人类社会持续协调地发

展。有近百个国家加入这个组织,我国于1979年参加了该研究计划。

③ 国际地圈生物圈计划(IGBP) 由国际科学联盟委员会(ICSU)于1984年正式提出,1991年开始执行。主要的目标是:解释和了解调节地球独特生命环境的相互作用的物理、化学和生物学过程,系统中正在出现的变化,人类活动对它们的影响方式。即用全球的观点和新的努力,把地球和生物作为相互作用的紧密相关的系统进行研究。共包括10个核心计划和7个关键问题。

④ 生物多样性计划(DIVERSITAS) 由国际生物科学联盟(IUBS)在1991年最早提出,并在环境问题科学委员会(SCOPE)和联合国科教文组织(UNESCO)等国际组织参加进来以后,将生物多样性研究的各个方面加以组织和整合,正式提出DIVERSITAS研究项目并开始执行。1996年7月,科学指导委员会草拟并通过了当前DIVERSITAS“操作计划”的最后版本。操作计划共有10个组成方面的内容,其中5个为核心组成部分。“生物多样性对生态系统功能的作用”是其最核心的组成部分,生物多样性的保护、恢复和持续利用既是重要的研究内容,又是研究所要达到的最后目的。

(4) 生态学在其理论、应用及研究方法上获得了全面的发展

① 理论方面的进展

a. 生理生态学研究在20世纪60年代IBP及随后的MAB计划的带动下,以生物量研究和产量生态学有关的光合生理生态研究、生物能量学研究较为突出。生理生态的研究也突破了个体生态学为主的范围,向群体生理生态学发展。在生理生态向宏观方向发展的同时,由于分子生物学、生物技术的兴起,促使其也向着细胞、分子水平发展。

b. 种群生态学发展迅速,动物种群生态学大致经历了以生命表方法、关键因子分析、种群系统模型、控制作用的信息处理等发展过程。植物种群生态学的兴起稍晚于动物种群生态学,它经历了种群统计学、图解模型、矩阵模型研究、生活史研究,以及植物间相互影响、植物-动物间相互作用研究的发展过程,近期还注重遗传分化、基因流的种群统计学意义、种群与植物群落结构的关系等。德国的Lorenz(1950)和Tinbergen(1951, 1953)在行为生态学的研究方面获得了诺贝尔奖,把这一领域的研究推向了新阶段;Harper(1977)的巨著《植物种群生物学》,突破了植物种群研究上的难点,发展了植物种群生态学,并使长期以来各自独立发展的动、植物种群生态学融为一体。

c. 群落生态学研究进入了新阶段。群落生态学由描述群落结构,发展到数量生态学,包括排序和数量分类,并进而探讨群落结构形成的机理。Daubenmire(1968)的《植物群落生态学教程》、D. Muller-Dombois & H. Ellenberg(1974)等著的《植被生态学的目的和方法》,系统阐述了植物群落的研究方法。德国Knapp(1974)主编的《植被动态》,全面论述了植被的动态问题,促进了植被动态的研究,进一步完善了演替理论。美国Lieth(1975)等著的《生物圈的第一性生产力》等,综合论述了群落与环境的相互关系。Whittaker(1978)编著的《植物群落分类》和同年主编的《植物群落排序》,以及加拿大Pielou(1984)所著的《生态学数据的解释》,Kenneth和John(1964, 1973, 1985)合著的《定量与动态植物生态学》等著作,强调了植被的“连续性概念”,采用数理统计、梯度分析和排序来研究群落的分类和演替,尤其电子计算机的应用,使植物群落生态学的研究进入了数量化、科学化的新阶段。动物群落生态学虽然起步较晚,但也取得了长足的进步,MacArthur(1961)、Connell(1978)、May(1972)、Ben-Eliahu(1988)等在动物群落结构、组织与物种间相互关系及环境空间异质性的关系方面开展了大量的工作。目前群落资源分享和群落组织两方面已成为动物群落生态学研究的核心问题,群落组织是指决定或塑造群落结构的有关机理,Price(1984)称之为“新生态学”的一个组成部分。

d. 生态系统生态学在现代生态学中占据了突出地位, 这是系统科学和计算机科学的发展给生态系统研究提供了一定的方法和思路, 使其具备了处理复杂系统和大量数据的能力的必然结果。E. Odum 的《生态学基础》(1953, 1959, 1971, 1983), 对生态系统的研究产生了重大影响。H. Odum 和 Hutchinson (1970) 分别从营养动态概念着手, 进一步开拓了生态系统的能流和能量收支的研究。英国 Ovington (1975) 和前苏联的 Rodin 及 Bazilevic (1967) 相继研究了营养物质循环。E. Odum 和 Margalef (1967) 进一步研究了生态系统中结构和功能间的调节及相互作用。德国的斯特恩 (K. Stern) 和罗厅 (L. Roche) (1974) 合著的《森林生态系统遗传学》, 把生态遗传学的研究引入生态系统, 阐述了森林生态系统的遗传、进化以及对环境的适应对策等。美国 Bormann 和 Likens (1981) 合著的《森林生态系统的格局与过程》, 系统阐述了北方针叶林生态系统的结构、功能和发展。美国 Shugart 和 Neill (1979) 的《系统生态学》, 以及 Jefers (1978) 的《系统分析及其在生态学上的应用》等著作, 应用系统分析方法研究生态系统, 促进了系统生态学的发展, 使生态系统的研究在方法上有了新的突破, 从而丰富和发展了生态学的理论。生态系统生态学在其发展过程中, 也提出了许多新的概念, 如有关结构的关键种 (keystone species)、有关功能的功能团、体现能 (embodied energy)、能质等, 这些都有力地推动了当代生态学的发展。

② 应用方面的进展 应用生态学的迅速发展是 20 世纪 70 年代以来的另一个趋势, 它是联结生态学与各门类生物生产领域和人类生活环境与生活质量领域的桥梁和纽带。近 20 多年来, 它的发展有两个趋势。

a. 经典的农、林、牧、渔各业的应用生态学由个体和种群的水平向群落和生态系统水平的深度发展, 如对所经营管理的生物集群注重其种间结构配置、物流、能流的合理流通与转化, 并研究人工群落和人工生态系统的设计、建造和优化管理等。

b. 由于全球性污染和人对自然界的控制管理的宏观发展, 如人类所面临的人口、食物保障、物种和生态系统多样性、能源、工业及城市问题六个方面的挑战, 应用生态学的焦点已集中在全球可持续发展的战略战术方面。

③ 研究技术和方法上的进展

a. 遥感在生态学上已普遍应用, 近 20 年来, 遥感的范围和定量发生了巨大的变化, 尤其是对全球性变化的评价, 运用遥感技术测量细小的变化格局。

b. 用放射性同位素对古生物的保存时间进行测定, 使地质时期的古气候及其生物群落得以重建, 比较现存群落和化石群落成为可能。

c. 现代分子技术使微生物生态学发生重大变革, 并使遗传生态学获得了巨大的发展。

d. 在生态系统长期定位观测方面, 自动记录和监测技术、可控环境技术已应用于实验生态, 直观表达的计算机多媒体技术也获得较大发展。

e. 无论是基础生态还是应用生态, 都特别强调以数学模型和数量分析方法作为其研究手段。

四、生态学研究的对象与内容

生态学源于生物学, 属宏观生物学范畴。但现代生态学向微观和宏观两个方向发展, 一方面在分子、细胞等微观水平上探讨生物与环境之间的相互关系; 另一方面在个体、种群、群落、生态系统等宏观层次上探讨生物与环境之间的相互关系。现代生态学研究对象和内容可从以下几个方面来理解。

(1) 生态学是研究生物与环境、生物与生物之间相互关系的一门生物学分支学科。

① 若按现代生物学的组织层次来划分, 生态学的研究对象为: 基因、细胞、器官、有机体、种群、群落、生态系统等, 研究它们与环境之间的相互关系。

② 若按生物类群来划分, 生态学的研究对象为: 植物、微生物、昆虫、鱼类、鸟类、