

农业生态学

——全国高等农林专科统编教材

● 杨怀森 主编

● 农学专业用

● 农业出版社



全国高等农林专科统编教材

农 业 生 态 学

杨怀森 主编

主 编 杨怀森 (河南职业技术师范学院)

副主编 王留方 (西北农业大学)

编 者 (以姓氏笔划为序)

马庆华 (豫西农业专科学校)

刘慎邦 (豫南农业专科学校)

宋留轩 (河南职业技术师范学院)

赵 旭 (熊岳农业专科学校)

黄庆昌 (仲恺农业技术学院)

审稿人 韩纯儒 (主审, 北京农业大学)

杨 再 (豫西农业专科学校)

崔启智 (莱阳农学院)

前 言

农业生态学是研究农业生物与其周围环境之间相互关系,以及农业生态系统的结构、功能与调控途径的科学。随着农业生产的发展,以及人类面临的人口、粮食、能源、资源和环境等问题的挑战,使农业生态学成为飞速发展的新兴学科。因而,在我国已受到广泛的重视。国家教育委员会召开的高等农林院校专业目录审定会议(1986)确定,将农业生态学列为作物专业、热带作物专业、农业计划与统计专业和农业系统工程专业的主要课程;全国高等农林专科教育研究协作组1987年年会修订的专科教学计划,确定农业生态学为农学专业的必修课;全国高等农林专科基础课程教材委员会于1988年确定编写全国高等农林专科学校农业生态学教材。

本书共分十章并附实验实习指导书。第一章从系统和生态系统概念出发,分析农业生态系统的组成与特点;第二、三章围绕生态系统中生物及其环境,阐明种群与群落的概念,着重分析生物与生物、生物与环境的各种相互关系;第四、五章论述农业生态系统的能量流动和物质循环的基本规律;第六章阐明农业生态系统的结构及合理结构的建立;第七章分析农业生态系统的生产力及提高生产力的途径;第八章分析农业资源的利用和生态平衡规律;第九章论述农业生态系统的调控机制与途径及系统方法在调控中的应用;第十章运用农业生态学原理,分析了各种类型农业的生态特点与生态农业的发展,介绍生态农业技术和农业生态工程,旨在加强农业生态学的实践性。本书在选材上注意了地域性和通用性,涉及农业、林业、畜牧业、渔业、工业、国土规划、资源开发和环境保护等多种领域,不仅可做全国高等农林专科农学专业教材,也可供其它大中专院校的农业生物、园林、植保、畜牧、农业区划、农业环保、农业经济、农业地理等有关专业师生和广大科技工作者与农业管理干部参考。

本书编写由杨怀森担任主编,王留方担任副主编;黄庆昌编写第一章,王留方编写第二、六、七章,马庆华编写第三章,刘慎邦编写第四章,赵旭编写第五章,杨怀森编写绪论、第九、十章,宋留轩编写第八章及实验实习指导书。最后由主编进行统编定稿。本书承北京农业大学韩纯儒教授、豫西农业专科学校杨再教授、莱阳农学院崔启智副教授审稿,提出了很多宝贵的修改意见;本书编写过程中,北京农业大学刘巽浩教授、河北农业大学徐海光教授、南京农业专科学校周荣刚教授、苏州蚕桑专科学校沈瑞庭教授等给予了热情帮助和指导;河南技术师范学院、西北农业大学、仲凯农技学院、熊岳农业专科学校、豫西农业专科学校、豫南农业专科学校的领导和同志们给以大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于农业生态学是一门新兴的学科,涉及面广,综合性强,加之我们水平有限,缺点和错误在所难免,敬请读者批评指正。

编写组

1990年9月

目 录

绪论	1
第一章 农业生态系统	6
第一节 生态系统	6
一、生态系统的概念	6
二、生态系统的组成与特点	8
三、生态系统的主要类型	10
第二节 农业生态系统	12
一、农业生态系统的概念	12
二、农业生态系统的组成	13
三、农业生态系统的边界与层次	14
四、农业生态系统的特点	15
第二章 生物种群与群落	17
第一节 生物种群	17
一、生物种群的概念和特性	17
二、种群的数量特性	17
三、种群的增长	20
四、种群波动及调节	21
第二节 生物种间的相互关系	25
一、生物种间的相互作用	25
二、生物分泌物对种间关系的影响	30
三、种间关系在农业生产中的应用	31
第三节 食物链与食物网	32
一、食物链	32
二、食物网	34
三、食物链与食物网在农业生产中的应用	35
第四节 生物群落	36
一、生物群落及其特征	36
二、生物群落的种类组成	36
三、生物群落的空间结构	37
四、生物群落的时间结构	38
第三章 生物与环境的生态关系	43
第一节 生态环境对生物的作用	43
一、光的生态作用	43
二、温度的生态作用	45

三、水的生态作用·····	48
四、空气和风的生态作用·····	50
五、土壤的生态作用·····	52
六、地貌的生态作用·····	54
第二节 生态因子与生物相互作用的基本规律·····	54
一、生态因子对生物综合作用的分析·····	54
二、限制因子原理·····	56
第三节 生物的生态适应·····	58
一、生态型·····	58
二、生活型·····	58
三、生境和生态位·····	59
第四章 农业生态系统的能量转化与流动·····	62
第一节 农业生态系统的能量转化·····	62
一、农业生产的实质是能量转化的生物学过程·····	62
二、初级生产的能量转化·····	63
三、次级生产的能量转化·····	66
第二节 农业生态系统的能量流动·····	68
一、生态系统能量流动的主要路径·····	68
二、生态系统能量流动的基本规律·····	69
三、农业生态系统的能量流动·····	73
第三节 农业生态系统的辅助能·····	75
一、辅助能的概念与分类·····	75
二、辅助能投入对能量产出水平的影响·····	76
三、辅助能的能量转化效率·····	77
第五章 农业生态系统的物质循环·····	83
第一节 生态系统的流、库、环·····	83
一、生态系统的流与库·····	83
二、生物地球化学循环及其类型·····	83
第二节 几种主要物质的循环·····	85
一、碳循环·····	85
二、氮循环·····	88
三、水循环·····	90
四、磷循环·····	92
五、有毒物质进入生态系统后的循环·····	92
第三节 农业生态系统养分循环与平衡·····	93
一、农业生态系统养分循环的一般模式·····	93
二、农业生态系统养分的输入、输出与平衡·····	95
三、调节农田养分循环的途径·····	98
第六章 农业生态系统结构·····	101
第一节 农业生态系统的基本结构·····	101

一、农业生态系统结构的概念·····	101
二、农业生态系统的基本结构·····	101
三、农业生态系统中多种产业之间的相互关系·····	103
第二节 建立合理的农业生态系统结构·····	105
一、农业生态系统结构合理性的标志·····	105
二、建立合理的平面结构·····	108
三、建立合理的垂直结构·····	107
四、建立合理的时间结构·····	107
五、建立合理的营养结构·····	107
第七章 农业生态系统的生产力 ·····	110
第一节 农业生态系统的初级生产力·····	110
一、初级生产力的概念·····	110
二、农业生态系统的初级生产力·····	113
三、提高农业生态系统初级生产力的途径·····	115
第二节 农业生态系统的次级生产力·····	118
一、次级生产在农业生态系统中的作用·····	118
二、农业生态系统的次级生产力·····	119
三、提高次级生产力的途径·····	120
第三节 农业生态系统的系统生产力·····	123
一、系统生产力的概念·····	123
二、提高系统生产力的途径·····	124
第八章 农业资源的合理利用与保护 ·····	127
第一节 农业资源的类型及其特性·····	127
一、农业资源的分类·····	127
二、农业资源的特性·····	128
第二节 农业资源的合理利用·····	130
一、合理利用资源的原則·····	130
二、农业资源的利用效率·····	131
三、不可更新资源的利用·····	134
四、可更新资源的利用·····	135
第三节 我国农业自然资源状况·····	138
一、我国农业自然资源状况·····	138
二、农业生态环境问题及其防治·····	142
第四节 生态平衡·····	145
一、生态平衡的概念·····	145
二、保持生态平衡的条件·····	146
三、生态平衡的失调·····	147
四、生态平衡的调节·····	148
第九章 农业生态系统的调控与设计 ·····	150
第一节 农业生态系统的调控机制与特点·····	150

一、自然调控机制.....	150
二、人工调控机制.....	152
三、农业生态系统的调控特点.....	152
第二节 农业生态系统的调控原则与途径.....	153
一、农业生态系统的调控原则.....	153
二、农业生态系统的调控途径.....	154
第三节 系统方法在农业生态系统调控中的应用.....	157
一、系统方法的意义.....	157
二、农业生态系统工程的步骤.....	157
三、农业生态系统的本底调查.....	158
四、建立模型与系统分析.....	158
五、农业生态系统的优化设计.....	160
第十章 生态农业.....	162
第一节 各类农业的生态特点与生态农业.....	162
一、不同农业系统的生态特点.....	162
二、各种替代农业的生态特点.....	164
三、中国的生态农业.....	167
第二节 生态农业技术.....	168
一、立体农业技术.....	168
二、循环养殖多级利用技术.....	170
三、生物能及再生能源的开发利用技术.....	172
四、生物养地技术.....	175
五、有害生物的生态防治技术.....	176
六、主要环境问题的生态治理技术.....	177
第三节 农业生态工程.....	178
一、农、牧、渔农业生态工程.....	179
二、低洼地基塘农业生态工程.....	180
三、农林牧结合的农业生态工程.....	182
四、生产自净生态工程.....	184
五、庭院农业生态工程.....	184
六、区域整体规划的农业生态工程.....	186
农业生态学实验实习指导.....	188
实验一 农业生态系统的能量分析.....	188
实验二 农业生态系统物质循环和平衡分析.....	191
实验三 农业生态系统的生态经济分析.....	193
实验四 农业生态系统的调查与设计.....	196
实验五 农业生态系统的综合评价.....	201

绪 论

农业生态学 (agroecology) 是研究农业生物与环境资源的相互关系及农业生态系统结构、功能和调控途径的科学。

一、农业生态学的内容、性质和任务

(一) 农业生态学的内容 农业生态学的研究对象是农业生态系统,其基本内容主要包括:农业生态系统的组成、系统的能量转化、流动和物质循环平衡规律;系统的结构原理与提高系统生产力的途径;农业生物与自然和社会环境相互关系的基本规律;农业资源的利用、保护与生态平衡;系统的调节与控制、系统的优化设计与评价;农业生态技术与生态工程。

(二) 农业生态学的性质 农业生态学是一门综合性很强的应用科学,也是农学类专业的专业基础课。农业生态学运用生态学原理探讨农业的整体性及其内在规律,从而指导农业生产。农业生态学综合了与农业生态系统有关的自然科学和社会科学知识,但它又不是各个学科的简单相加,它有自己的研究对象、理论体系和应用范畴。农业生态学综合运用本学科及相关学科的一些研究手段和系统分析方法,分析认识环境资源—生物群体—人类科学技术—社会经济之间协调发展的综合体系,通过合理的生态结构和高效的生态功能进行物质和能量的转化,从而获得最大生产力和最佳生态效果。合理的农业生态系统所追求的目标是经济效益、生态效益和社会效益的综合效益。

农业生态学作为农学类的专业基础课,它的基本理论可为耕作学、作物栽培学、作物育种学等课程奠定生态学理论基础,也可以使各种农业专业如栽培、育种、畜牧、气象、土壤、植保等研究工作,从农业生态系统的高度认清专业对象在整个系统中的地位和作用,使各专业工作更好地配合,产生最佳的整体效果。

农业生态学作为应用科学,具有很强的实践性。农业生态学的基本原理对于指导农业综合规划、农业资源的合理开发利用、最佳农业结构的建立和合理的生产布局都具有重大意义。农业生态学有利于全面分析农业的土地资源、气候资源、生物资源和社会资源的数量、质量及其动态特征,了解自然条件、社会条件对农业生产的影响,因地制宜,扬长避短,合理安排与调整农业生产布局和农村产业结构,制定合理的资源开发利用与保护策略。根据农业生态学原理,可以对一个农户或一个农场、一个村、一个乡乃至更大范围进行农业生态工程设计和农业综合开发,促使农业系统不断优化、不断提高系统生产力,实现生态效果的良性化。

(三) 农业生态学的任务 农业生态学的基本任务是研究揭示农业生态系统中农业生物与自然环境和社会环境相互关系的基本规律,促进生物与环境的最适结合,建立合理的农业生态结构,保证能量的有效转化与流动,促进物质合理循环,在充分有效地利用农业

资源的同时,合理地保护农业生态环境,使农业生产能以最好的功能效率,获得最大的系统生产力、最高的经济效益和最好的生态效益,为改善人类的食物供应,保护人类生存的环境,促进人类社会进步作出贡献。

二、农业生态学的发展

农业生态学是生态学中的一个分支,农业生态学的发展与生态学的发展是分不开的。

(一) 生态学的发展 生态学(ecology)是研究生物与其环境之间相互关系的科学。1866年德国人海克尔(E.Haeckel)首次提出生态学(ecology),并定义为研究有机体与环境条件相互关系的科学。1895年植物生态学创始人丹麦的瓦尔明(E.Warming)发表了《以生态地理为基础的植物分布学》一书,阐明了植物的生态适应性及分布的多样性。随后,美国人阿丹姆斯(Adams)在1913年出版了《动物生态学研究指南》,是第一部关于动物生态学的教科书。早期的生态学多偏重于个体生态学(autoecology)和种群生态学(population ecology)。个体生态学以生物个体为单位,研究某种生物与光、热、水、空气、营养等环境因子的相互关系。种群生态学研究生物种群与环境 and 生物种内的相互关系。

1935年英国植物生态学家坦斯列(A.G.Tansley)第一次提出了生态系统(ecosystem)的概念,把生物与环境的关系看作一个动态的整体,并于1939年在《英伦三岛及其植被》一书中提出了生态平衡的概念,这些理论的出现已标志着生态系统生态学(ecosystem ecology)的起步。生态系统生态学把生物与生物、生物与环境以及环境各因子之间的相互联系、相互制约的关系,作为一个系统来研究。美国科学家林德曼(R.L.Lindeman)用自己的科学实验巩固和发展了生态系统生态学,于1941年提出了食物链、营养级和金字塔状营养结构的概念,揭示了生态系统中生物量、能量与物质流动在不同营养级之间的定量关系。自50年代以来,奥德姆(E.P.Odum)对遗弃农田的次生演替及生态系统内的能量流、物质流进行了研究,他总结了各方面研究成果,于1952年写成《生态学基础》一书,使生态系统生态学得以确立。

随着现代科学的发展和科学间的相互渗透,生态学吸收系统论、控制论和信息论的营养,利用计算机手段,对于认识和阐明复杂系统的结构和功能,对系统的控制、预测以及系统的设计等提供了有效的方法,使构成生态系统的生物及其与环境关系的动态变化,都可以定量的用数学关系式来表示,建立生态模型,阐明系统的机能,预测系统的变化和未来,从而促使系统生态学(systems ecology)迅速发展。其代表作有1979年海尔福特(E.Halfon)主编的《理论系统生态学》等。

随着世界人口的增长和工农业生产的迅速发展,人类活动对自然环境的影响越来越大,到60年代末和70年代初,接连被西方称之为五大生态危机的环境污染、资源枯竭、能源短缺、粮食不足和人口爆炸,已造成自然环境和环境的恶化。因而维持生态平衡,改善环境质量,成为全世界人民极为关心的重大问题,并推动了生态学的迅速发展。使生态学由原来偏重于研究生物与自然因素之间的关系,转向注意研究人类活动影响下的生物与环境的关系上。生态学理论与应用科学密切结合,产生了农业生态学、森林生态学、草原生态学、资源生态学、环境生态学、城市生态学和人口生态学等;并与其它学科发生广

泛的交叉,形成数学生态学、化学生态学、经济生态学、社会生态学等边缘科学。在这种形势下,继1964年联合国科教文组织的以生态系统定量研究为重点的“国际生物科学研究计划(IBM)”之后,又于1971年组织了“人与生物圈计划”(MAB)国际大协作(我国也于1972年参加了该项协作)重点研究人类活动与生物圈的关系。1975年又由4个国际组织成立了“生态系统保持协作组”(E.C.G),其中心任务是研究生态平衡及自然环境保护,以及维持改进生态系统的生物生产力。今天生态学已发展成为与创造和保护人类文明密切关联的科学。

(二) 农业生态学的发展 意大利教授阿兹齐(G.Azzi)早在本世纪初即开始农业生态学方面的研究,1920年得到公认,1929年正式开设了农业生态学课程。他在1956年出版的《农业生态学》(agricultural ecology)一书中,给农业生态学的定义是研究环境、气候和土壤与农作物遗传、发育及产量和质量关系的学科。随着生态系统生态学的发展,农业生态系统的概念已被广泛应用到农业生态学上。1972年日本小田桂三郎的《农田生态学》,运用了系统生态学的概念、系统分析的方法以及计算机模拟技术,对农田种群关系、农田生态系统进行了定量的研究。1979年美国的考克斯(G.W.Cox)等出版的《农业生态学》,从世界食物供应入手,系统地分析了世界农业生态系统的过去、现在和未来,指出建立生态稳定的农业,必须建立在与当地资源条件相适应的基础上,并要尽量利用可更新资源,节省不可更新资源,运用生态上合理的农业技术去提高产量,发展农业生产。1974年国际性的“农业生态学”杂志创刊,后改为《农业生态系统和环境》。1976年在荷兰阿姆斯特丹召开了国际农业生态会议,会议论文已汇集成《农业生态系统中矿质养分的循环》一书出版。

随着世界人口的急剧增长,人类对自然界的能量和物质消耗越来越多,人类与自然界物质能量的交换规模也越来越大。由于人类对自然规律认识不足,进行了一些对资源与环境造成多种不良影响的生产活动。迫使人们运用生态学原理去认识农业,解决农业中的生态问题。一些专家认为:以有组织的大规模再循环为基础的农业生态系统,是农业生态系统发展的方向。在当前各国农业现代化正从工业化转向综合化的形势下,组建实行资源再循环的综合性农业生态系统,已成为农业生态综合化的一条重要途径。这些国家大都用以沼气生产为中心的能量和物质生产的网络,把种植业、畜牧业、渔业、加工业以及食用菌栽培和蚯蚓养殖结合起来,组成良性循环的资源利用系统,既产能源产品,又产生物产品,获得显著的经济效益和生态效益。

三、农业生态学在我国的发展

我国是世界农业发祥地之一。在我国悠久的农业历史中,历代人民和农学家逐步形成了朴素的农业生态学观点。例如:春秋战国时期《吕氏春秋·审时篇》写到“夫稼,为之者人也,生之者地也,养之者天也。”指出天、地、人是构成农业生产的三要素。西汉《淮南子·齐俗训》曾明确指出发展农业生产要因地制宜:“水处者鱼、山处者木、谷处者牧、陆处者农。”我国在公元前一、二百年秦汉间所确立的二十四节气,就反映了农作物、昆虫与气候之间的密切关系。后魏《齐民要术》指出:“顺天时,量地利,则用力少而成功多,任情返道,劳而无获。”我国古代对保护自然资源和资源的永续利用十分重

视。《吕氏春秋·义赏》指出：“竭泽而渔，岂不获得，而明年无鱼；焚蕪而田，岂不获得，而明年无兽。”……这些生态观点虽然是朴素的、散在的，但它指导我国传统农业的发展，使其具有多方面的生态合理性，是我国农业持续发展的奥秘所在，也为当今我国农业生态的发展奠定了基础。

诚然，由于传统农业的历史局限性，迫于人口的压力，我国历来偏重于粮食生产，对林牧渔业重视不够，在生态方面存在着认识不足，以致造成某些不良后果。当今，在世界面临五大生态问题的同时，我国同样存在着人口增长过快、粮食供应紧张、能源不足、燃料短缺、森林滥伐、草场退化、渔场酷捕、环境污染等问题。这些问题已引起了党和政府的高度重视。保护自然资源、保护生态环境已载入宪法，列为国策。宪法规定：“国家保护自然资源的合理利用”“国家保护和改善生活环境和生态环境。”1978年以来，开展对中国农业现代化道路的热烈讨论，人们对农业生态学原理逐步重视，要求农业生态学解决生态问题，对保护农业生态环境，保证农业生态的良性循环和提高经济效益作出贡献，促使农业生态学在我国迅速发展。1981年我国召开了第一次全国农业生态学会议，以后陆续召开了多次全国性会议。1983年农业生态学被确定为我国农业院校新开设课程，1985年农业生态学又被国家教委指定为作物等专业的主要课程，并试办农业生态专业。1987年列入全国高等农林专科农学专业教学计划，被确定为必修课。农业生态学的研究和应用越来越受到重视。

目前，我国广大农民在科学致富的指导下，自觉或不自觉地运用了生态学原理，加强了农业生态建设，调整了生产结构，把传统的农、林、牧相结合加以充实和有序化，开始组织资源再循环系统，创造出不少经济效益和生态效益同步发展的农、林、牧、副、渔、工、商相互促进的综合生产体系，从而改善了生态环境，获得了农业全面持续增长，加速了农业现代化的进程。我国农业正逐步形成一种具有中国特色的持续发展模式——生态农业。

农业生态学虽已显示出它的强大生命力，但作为一门独立的学科，毕竟十分年轻，它的体系和内容尚待探索、创新和完善。我国一些重点高等农林院校和科研单位正在从事农业生态学的研究工作。近年来已开展了珠江流域、西北黄土高原和黄淮海平原等区域农业生态系统考察。同时，密切配合我国农业生产实际，正在开展农业资源的生产潜力及合理开发利用、改良农业生态环境、维护农业生态的动态平衡、农业生态系统的结构与机能、农业生态系统的调节与控制、合理农业生态系统的建立等的研究，并运用系统分析方法和电子计算机技术进行模拟和优化方案的选定。随着研究工作的深入开展，不仅可以充实完善我国农业生态学的内容，更可促进我国农业生产的全面发展。

四、农业生态学的研究方法

农业生态学的研究对象是农业生态系统。而农业生态系统是一个由多种组分相互联系所组成的社会与自然复合系统。因此，系统论是农业生态学的重要方法论基础。系统生态学就是系统论与生态学相结合的产物。对于系统仅进行局部成分和局部过程的研究，不能给以完整的解释，也不能获得各成分或各过程之间客观存在的相互配合的任何信息。因此，必须运用系统的理论和方法来揭示农业生态系统的规律。在生态系统中，环境与生物之间，初级生产者与次级生产者之间，以及生物种群内部，都存在着各类信息过程。生态

系统内的信息网使物质流、能量流更为和谐和有序。农业生态系统依赖信息和控制技术进行调控。运筹学包括线性规划、动态规划、网络分析、对策论、排队论、决策分析等方法,在农业生态系统的研究中得到了运用。目前,线性规划在农业生态系统优化设计中使用得较多。

在系统的研究中,通常采用“黑箱”和“白箱”方法。所谓黑箱方法是完全忽略系统内部结构,只通过输入和输出的信息来研究系统的转化特性和反应特征的系统研究途径。当人们对系统内部尚难了解,或研究者仅对系统整体功能感兴趣时,都可采用黑箱方法。所谓白箱方法则是建立在对系统的组构成及其相互联系有透彻了解的基础上的系统研究方法。白箱方法通过揭示系统内部的结构和功能来理解系统的整体特性。在实际研究中,人们经常遇到的是“灰箱”,即系统对于研究人员来说,内部的结构与功能是部分已知,部分未知,因此,常常是黑箱和白箱方法兼用。

农业生态学强调适用于系统内不同组分的共同媒介和通用方法。能量、物质、信息和价值是沟通农业生态系统不同组分的媒介。尽管在农业生态系统中组分的形式千变万化,相互关系的形式也多种多样,但一般来说,都可以统一用能量、化学元素或稳定化合物的形式来表达,也可用信息的方法来表达。与人类生产劳动和交换有关的组分和关系,还可用价值或货币来表达。

农业生态学研究需要综合运用本学科与相关学科的一些研究手段,通过野外观察、田间试验、室内分析和社会调查、文献搜集等方法来获得有关素材。在处理这些信息丰富的素材时,需要用数学来描述多种组分在数量上的相互关系,运用以计算机为主要工具的系统分析方法。

农业生态学是在唯物辩证的科学哲学观确立后,自然科学和社会科学相互渗透,农业科学向宏观方向发展的产物。因此,辩证的整体观,运动观和联系观是农业生态学的科学认识论基础。

农业生态学的强大生命力在于它直接服务于农业生产,具有很强的实用性。因此,它只有在与农业生产实际的广泛而密切的联系中,才能健康发展。

参 考 文 献

- [1] 骆世明等, 农业生态学, 湖南科学技术出版社, 1987.
- [2] 小田桂三郎等著, 姜恕译, 农业生态学, 科学出版社, 1976.
- [3] 华东师范大学等, 动物生态学, 高等教育出版社, 1981.
- [4] 云南大学生物系, 植物生态学, 人民教育出版社, 1983.
- [5] 高振新等, 信息论、系统论、控制论, 解放军出版社, 1987.
- [6] Cox, G. W. et al. (1979), *Agricultural ecology*, W. H. Freeman and Company.
- [7] Odum, E. P. (1983), *Basic ecology*, Saunder College Publishing.

第一章 农业生态系统

在自然界,生物与生物以及生物与环境之间不断地进行物质的循环和能量的转换,并且保持着它们之间的动态平衡,这样就形成了它们之间既相互制约又相互依存的辩证关系,从而就形成了不同等级、不同类型的矛盾统一体——生态系统(ecosystem)。农业生态系统(agroecosystem)是人工培育下的生态系统。

第一节 生态系统

一、生态系统的概念

(一) **系统的概念与特性** 系统论的创始人,美籍奥地利生物学和哲学家贝塔朗菲(L.V.Bertalanffy,1901—1972)在本世纪20年代初,就对生物学的理论和研究方法提出了机体论的概念,他认为,一切有机体都是由相互联系、相互作用的若干要素有机地结合的整体,一切生命都处于活动状态之中,应把生命看成一个开放的、活的系统,一切有机体都是按照严格的等级和层次组织起来的。这样,他认为“系统”(system),为相互作用着的若干要素的复合体。从上述的概念中得知,构成一个系统必须具有两个或两个以上要素,要素间具有有机联系,及以整体方式共同完成特定的功能等条件。

系统是事物客观存在的形式,而它的范围可大可小,从原子到宇宙,从一块农田到一个农场,从个人到整个社会等等都可以视为一个系统。

系统有它的若干特性,如:

1. 系统的目的性。凡系统都有目的,而要达到既定的目的,系统必须具有一定的结构与功能,即系统是结构与功能的统一体。

2. 系统的有序性。凡是系统都是有序的,由杂乱无章的要素的集合都不能构成系统。凡系统都有边界,明确边界是为了便于研究边界内(即系统内)的事物,这样它可能是自然形成的,也可能是人为确定的。例如,一只动物的皮毛就构成了这一动物个体系统的自然边界。一个农场的边界往往是根据目的和条件人为划定的。但在人为确定边界时,尽可能把关系密切的要素及其反馈联系包括在内,使得边界以内的系统结构与功能有相对的独立性与稳定性。

3. 系统的集合性。系统必须由两个或两个以上的亚系统(subsystem)组成,当中,不可缺少的亚系统称为要素(elements)。把人体作为一个大系统来看,当中的呼吸系统、循环系统、消化系统等都是亚系统。一个农场作为一个系统,则作物种植、畜禽养殖、鱼塘等作为亚系统。而种植业又可再细分为粮食作物、经济作物等亚系统。

4. 系统的层次性。自然界是有层次的。从总体上有微观和宏观之分。在生物系统中,从生物圈—生物群落—种群—个体—系统—器官—组织—细胞器—生物大分子等组成

一个多层次的、从宏观到微观的系统。复杂的系统中也存在层次，它有亚系统、大系统等区别。大系统和亚系统都是相对的，任何一个系统要素的本身，通常又是一个较低一级的系统。

5. 系统的相关性。系统内各亚系统间的相互联系表现为相互制约，并且有反馈作用。这种依存和制约的关系是通过大系统这个整体相联系的。如一株植物作为一个系统，它的亚系统——根系，不断从土壤中吸收水分和养料，供给叶子进行光合作用，否则叶子无法执行生理功能，植物就会死亡，最后根、叶也将不复存在。根深叶茂便是根叶之间的依存关系，也说明系统中各亚系统和大系统之间相互依存和相互制约的关系。

6. 系统的整体性。组成系统的要素不是简单的集合，它们之间保持着有机的联系，从而形成一定的结构与功能，成为综合整体。系统的整体性表现为系统的目标、性质、运动规律、系统功能等，只有在整体上才能体现出来，因此，整体性是系统各构成部分的统一。系统各要素的功能必须服从系统整体功能，系统整体功能不等于各要素功能的简单相加，即整体功能大于部分功能之和。其表达式为：

$$W > \sum_{i=1}^n P_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

式中：W代表整体功能；P_i表示第i个组分的功能。

(二) 生态系统的概念 生态系统这个名词是英国生态学家坦斯列于1935年首先较完整地提出来的。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，而且还包括构成环境的各种自然因素的复合体。并认为“我们不能将生物体与它们的特定环境分开，生物与环境形成一个自然体系，这种体系是地球表面上的基本单位，它们有多种多样的种类和规模”。后来经过美国生态学家林德曼的继承与发展，初步奠定了生态系统的理论基础。到50年代，美国生态学家奥德姆建立了比较完善的生态系统的概念和体系。60年代生态系统得到了进一步发展，强调生态系统的结构与功能之间的相互联系和相互作用以及自动调节机制，成为目前大家所普遍接受的理论。奥德姆(1983)认为，生态系统就是包括特定地段中的全部生物(即生物群落)和物理环境相互作用的任何统一体，并且在系统内部，能量的流动导致形成一定的营养结构、生物多样性和物质循环(指生物和非生物之间的物质交换)。因此，生态系统是指在一定的时间和空间内，生物组分和非生物组分之间，通过不断的能量转换和物质循环，保持着它们间的动态平衡，所形成的既相互依存又相互制约的矛盾统一体。

然而，与生态系统术语相近的是生物地理群落 (biogeocoenosis)，它是苏联生态学家苏卡契夫 (В.Н.Сукачев, 1944) 提出的。它是指在一定的地表范围内相似的自然现象(大气、岩石、植物、动物、微生物、土壤、水文条件)的总和。可以简短地这样表达：生物地理群落 = 生物群落 (植物群落 + 动物群落 + 微生物群落) + 生物环境 (土壤环境 + 气候环境)。

显然，生态系统和生物地理群落两者的基本含义是非常接近的，甚至是相同的，因此，在1965年哥本哈根第九次国际植物学会议上决定生态系统和生物地理群落为同义词。但生态系统这个词的很大优点是词短，任何一种语言都容易吸收，现在已被普遍使用。

生态系统是一个很广泛的概念，它的主要功能在于强调必要的相互联系、相互依存和因果关系，也就是各个组分形成机能的统一。因此，只要有主要成分，并能相互作用，得到某机能能上的稳定性，哪怕是短暂的，这个整体都可以视为生态系统。一块草地，一片森林都是一个生态系统；一座山脉，一条河流也是生态系统。除了这些自然生态系统外，还有人工生态系统，如城市、农田、水库、运河等都是人工生态系统(artificial ecosystem)，小的生态系统组成大的生态系统，简单的生态系统组成复杂的生态系统，各式各样、丰富多彩的生态系统组成生物圈(biosphere)。因此，生物圈就是一个巨大的生态系统，是地球上所有的生物(包括人类在内)和它们生存环境的总体。

二、生态系统的组成与特点

(一) 生态系统的组成 生态系统是一个有机整体。在系统内部含有若干相互联系的各种成分，根据这些成分的特点与功能，可以把它们区分为生物(生物群落)和非生物(物理环境)两大部分(图1-1)。生物组分包括生产者(主要为绿色植物)、消费者(动物)和分解者(微生物)等。非生物组分(物理环境)在生态系统中参与物质循环和能量转换，包括太阳辐射能、水、氧、二氧化碳、氮、磷、钾等各种无机物质以及蛋白质、脂类、糖类和腐殖质等有机化合物。

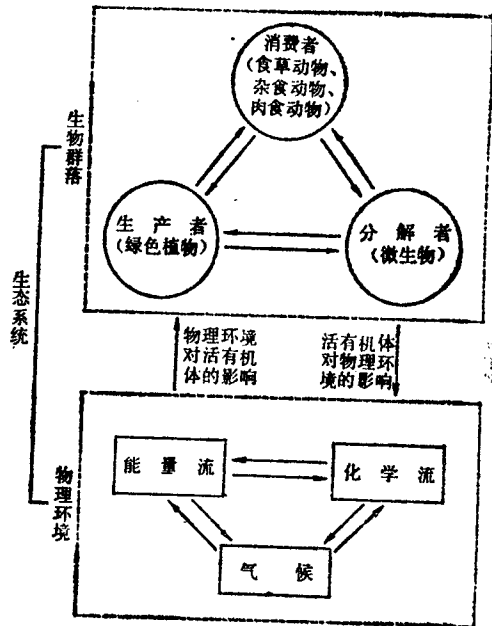


图1-1 典型陆地生态系统中生物成分和非生物成分之间相互关系的图解 (引自G.W.Cox, 1979)

表1-1 生态系统的组成

生态系统	非生物组分 (物理环境)	<ul style="list-style-type: none"> 太阳辐射能 无机物质: 水、二氧化碳、氮等 有机化合物: 蛋白质、糖类、脂肪和腐殖质等
	生物组分	<ul style="list-style-type: none"> 生产者: 主要为绿色植物 消费者: 植食动物和肉食动物等 分解者: 主要为微生物和一些原生动物的等

自然界中的生物尽管多种多样，但根据它们在生态系统中的物质循环和能量转换中所起的作用以及它们取得营养方式不同可以分为生产者、消费者和分解者。

1. 生产者 (Producers)。主要是绿色植物，还包括少量进行化能合成 (chemosynthetic) 作用的细菌如贝氏硫磺细菌属 (beeggiatoa)、各种氮细菌 (nitrogen bacteria) 和能进行光合作用的某些细菌，如绿色硫磺细菌 (chlorobacteriaceae) 和紫色硫磺细菌 (thiohodaceae) 等。它们组成生态系统的自养成分，能进行光合作用，固定太阳能，把

简单的无机物质同化为较为复杂的有机化合物。因此，它们属于自养生物 (autotrophes)。而这些有机物质除了一部分供给自身生长发育的能量需要外，大部分成为地球上包括人类在内的一切生物的食物来源。这样，生产者在生态系统中是主要组成成分，起主导作用。

2. 消费者 (consumers)。主要是生活在生态系统中的各类动物和某些腐生或 寄生菌类，它们只能直接或间接依赖于生产者所生产的有机物质作为营养来维持自己的生命活动，所以它们属异养生物 (heterotrophs)。根据它们在食物链中的位置，可分为：

(1) 初级消费者 (primary consumers)。又称植食性动物，它们是以直接吃植物的枝、叶、果实、种子和其凋落物，以获得营养的动物，如牛、马、羊、野兔、昆虫、浮游动物等。

(2) 次级消费者 (secondary consumers)。又称为肉食性动物，是以草食动物为食料来源的动物，如狼、虎等食肉兽。

消费者除植物性和肉食性动物外，还有腐食性、寄生性和杂食性动物等五种类群。

(3) 分解者 (decomposers)。属于异养生物，主要是细菌和真菌等异养微生物，也包括一些原生动物和腐食性动物，如甲虫、蠕虫、白蚂蚁和某些软体动物，它们分解复杂的动植物有机残体或排泄物，吸收当中的某些分解物质，最终分解为无机物质，释放归还到环境中去，供生产者重新利用，所以他们又称为还原者 (reducers)。它们在生态系统的能量转化和物质循环中具有重要的意义，在营养循环、废物消除和土壤形成中都起着巨大的作用。没有这些过程，死的动植物残体将堆满地球，结果一切生命活动也就停止。

奥德姆指出，过去习惯把微生物称为分解者。研究表明，大型消费者更重要。初级产物的分解过程贯穿到全部消费者的代谢过程中，并且也与一些非生物的物理化学过程有关。他还指出：近年来的研究证明，腐食者尤其是小动物（原生动物、土壤螨类、线虫类、介形类和蜗牛类等）在分解中的作用，比以前所想象的更重要。

非生物组分（物理环境）是指生物有机体赖以生存的无机环境因素所构成的自然界系统，其构成的主要组分有：

1. 太阳辐射能 (solar energy)。太阳辐射能是自然界的主要能量来源。经自养生物的光合作用，将太阳辐射能转化为有机的化学潜能。同时，太阳辐射能也为生物圈中有机体创造生存所需要的温热环境。

2. 无机物质 (inorganic substances)。环境中的无机物质，一部分来自大气中如氧、二氧化碳、氮、水及其它物质；另一部分来自土壤中如氮、磷、钾、钙、硫、水、氧和二氧化碳等。

3. 有机化合物 (organic compounds)。它是联结生物和非生物部分的物质，如蛋白质、糖类、脂类和腐殖质等。

生态系统中的环境、生产者、消费者和分解者是构成生态系统的四大组成部分，它们各自分工，彼此配合，互相衔接，以营养的关系紧密地联系起来，由此构成了一个正常运行的物质循环和能量转化的生态系统。

(二) 生态系统的特点 从上述生态系统的概念和组分中可以看出，生态系统不同于一般的系统，表现出以下的特点。

1. 在组成成分方面，生态系统是由有生命的生物和无生命的环境相互结合而成的一