



农业生态学

骆世明 陈聿华 严 斧编著

湖南科学技术出版社

农业生态学

骆世明 陈聿华 严 斧编著

湖南科学技术出版社

农业生态学

骆世明 陈丰华 严 斧 编著

责任编辑：熊穆葛

*

湖南科学技术出版社出版发行

(长沙市展览馆路3号)

湖南省新华书店经销 湖南省新华印刷二厂印刷

*

1987年10月第1版 1991年6月第3次印刷

开本：850×1168毫米 1/32 印张：15.75 字数：411,000

印数：9,901—12,500

ISBN 7-5357-0131-0

S·15 定价：6.50元

地目91-75

前 言

农业生态学是当今发展较快的新兴学科。它以农业生态系统为研究对象。在我国，农业生态学已受到广泛的重视。中国生态学会农业生态专业组先后委托中国科学院南京土壤研究所(1981)、中国科学院林业土壤研究所(1982)和中国科学院成都分院土壤研究室(1984)，召开了三次全国农业生态学术讨论会；农牧渔业部教育司先后在广州召开了全国高等农业院校农业生态学教学研讨会(1981)，并举办了农业生态学师资培训班(1983)和农业生态科技人员培训班(1984)；部分高等农业院校，如沈阳农业大学、华中农业大学、华南农业大学、福建农学院、新疆八一农学院、东北农学院等，于1981年前后开设了农业生态学课程；城乡建设环境保护部南京环境科学研究所创办了《农村生态环境杂志》(1985) 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的主要课程，并在部分院校试办农业生态专业。目前有些省已开展县、区范围的生态农业试点工作。因而对农业生态学的要求更高和更为迫切了。

本书是作者近年来在教学和科研实践的基础上编写而成的。第一章简单叙述了农业生态学的产生和发展、农业生态学的学科特点和主要内容；第二章从系统和生态系统的概念出发，分析了农业生态系统的组份、结构和功能方面的主要特点，为以后各章从各个侧面深入分析农业生态系统打下了基础；第三、四章从系统水平论述了农业生态系统能量流和物质流的基本规律、现状、存在问题及改进措施；第五、六、七章围绕生态系统中生物这个核心，分别从个体、种群和群落水平阐明了生物与生物、生物与环境间的各种相互关系及其在农业生产中的表现和应用。农业生

态系统是人类从事农业活动的产物，它区别于自然生态系统的突出特点是受到人类的调节和控制，为人类的利益服务；第八章全面分析了与农业生态系统输入、输出有关的，同时与人类社会关系密切的资源利用规律、资源转化效率和系统运转所产生的效益；第九章深入地论述了农业生态系统的三个调控层次，其中包括自然信息网的调控作用，农业技术的直接调控及社会系统在间接调控中的作用；第十章介绍了对农业生态系统进行科学调控的农业生态系统工程方法；第十一、十二章运用农业生态学原理具体分析了世界各地和中国的各种农业生态系统，并对其结构和功能进行了综合评价，其中着重阐述了中国生态农业的发展。与此同时，为帮助读者了解农业生态学的研究进展，还介绍了国内外新的科研成果，有关科学实验技术和农业生态系统工程方法，以及多种数学模型和计算机程序。本书既可作大学教材使用，也可供农业区划、农业环保、农业经济、农业地理和农业现代化研究工作者，或农业管理干部和广大农业科技工作者参考。

全书编写分工是：骆世明、严斧编写第一、二章；陈聿华编写第三、四、六章；严斧编写第五、十二章；骆世明编写第七、八、九、十、十一章。在此基础上，经过集体讨论反复修改后定稿。农业生态学涉及的学科多，知识面广，综合性强。由于我们的水平有限，经验不足，难免有片面和错漏之处，敬请读者批评指正。我们期望本书能起到抛砖引玉的作用，以利于促进本学科的发展。

本书能够问世，与各方面的支持和帮助是分不开的。在此，敬向引导我们进入农业生态学科领域的沈亨理教授，鼓励、指导我们写作的吴灼年教授，向华南农业大学、华中农业大学和湖南农学院的领导和同事，表示衷心的感谢。

编 著 者

1987年3月

于长沙

目 录

前 言

第一章 绪论(1)

第一节 农业生态学的产生和发展.....(1)

第二节 农业生态学的内容和特点.....(13)

第三节 农业生态学的应用(14)

第二章 农业生态系统的概念(19)

第一节 系统的概念.....(19)

一、系统(system)的定义.....(19)

二、系统的基本性质(19)

三、系统的基本研究途径(21)

第二节 生态系统的概念(21)

一、生态系统的定义(21)

二、生态系统的基本组分(22)

三、生态系统区别于一般系统的特点(23)

四、生态系统的主要类型(24)

第三节 农业生态系统(26)

一、农业生态系统的定义(26)

二、农业生态系统的基本组分(26)

三、农业生态系统的基本结构(27)

四、农业生态系统的基本功能(29)

五、农业生态系统区别于自然生态系统的特点(30)

第三章 农业生态系统的能量流.....(32)

第一节 基本热力学定律及其在生态系统能量流中的
应用(32)

一、热力学第一定律(32)

二、热力学第二定律	(33)
第二节 食物链和食物网	(35)
一、食物链 (food chain)	(35)
二、食物网 (food web)	(33)
第三节 能源、能流路径和能效	(39)
一、能源	(39)
二、生态系统中能流的主要路径	(41)
三、能量转化效率和生态金字塔	(44)
第四节 初级生产的能量转化	(46)
一、初级生产水平上的能量平衡	(46)
二、生物圈主要生态系统的净初级生产力	(49)
三、农业生态系统初级生产力的现状和潜力	(49)
四、辅助能与农业生态系统的初级生产力	(54)
五、初级生产力的分析与估算	(58)
第五节 次级生产的能量转化	(66)
一、次级生产水平上的能量平衡	(66)
二、次级生产在农业生态系统中的地位和作用	(68)
三、次级生产的能量转化效率	(70)
四、提高次级生产力的途径	(73)
第六节 生态系统的能流分析方法和能流模型的建立	(78)
一、农业生态系统能流分析方法	(78)
二、农业生态系统能流模型的规范化和能流模型举例	(82)
第四章 农业生态系统的物质流	(88)
第一节 物质循环的基本概念和原理	(89)
一、物质不灭定律和质能守恒	(89)
二、生物地球化学循环	(91)
第二节 几种重要物质的循环	(95)
一、碳循环	(95)
二、氮循环	(97)
三、水循环	(100)
四、磷循环	(102)
第三节 农业生态系统中的养分循环	(104)

一、农业生态系统中养分循环的一般模式	(104)
二、农业生态系统中养分循环的特点和输入、输出的数量 特征	(106)
三、有机质与农田养分循环	(110)
四、我国目前农田土壤养分循环平衡状况	(113)
五、保持农田生态系统养分循环平衡的途径	(119)
第四节 农业生态系统物流模型的建立	(122)
第五节 物质循环中的环境问题	(124)
一、有毒物质在食物链上的浓集	(124)
二、环境污染的种类及其危害	(125)
第五章 生物与自然环境的关系	(136)
第一节 生态因子及其时空变化	(136)
一、自然环境的基本概念	(136)
二、生态因子的时空变化及其对生物分布的影响	(137)
第二节 生态因子对生物的综合作用	(145)
一、生态因子作用的主次	(146)
二、生态因子交互作用效应	(147)
三、生态因子的直接作用和间接作用	(148)
四、生态因子综合作用的阶段性	(148)
第三节 限制因子原理	(149)
一、李比西最小因子定律	(149)
二、谢尔福德耐性定律(law of tolerance)	(149)
三、生物对环境中主要生态因子的耐性范围	(151)
四、生态系统的限制因子	(158)
第四节 生物对自然环境的生态适应	(159)
一、生态型(ecotype)	(159)
二、生活型(lifeform)	(160)
三、生境和生态位	(163)
第五节 生物对自然环境的影响	(166)
一、森林的生态效应	(166)
二、淡水水域生物的生态效应	(168)
三、草原、草山生物的生态效应	(169)

四、农田生物的生态效应	(170)
第六章 种群生态原理及其在农业中的应用	(175)
第一节 生物种群的基本特征	(175)
一、种群大小 (size) 和密度 (density)	(175)
二、出生率 (natality) 和死亡率 (mortality)	(179)
三、种群年龄和性比结构	(180)
四、生命表和存活曲线	(181)
五、种群的内禀增长率	(184)
六、环境容纳量	(185)
第二节 种群增长型	(187)
一、种群的指数式增长	(187)
二、种群的阻滞增长	(188)
三、崔—Lawson种群模型	(190)
第三节 种群数量变动及其调节	(191)
一、种群波动 (osillations)	(191)
二、 r -对策和 k -对策生物	(193)
三、种群调节 (regulation)	(195)
第四节 种群的空间分布	(198)
一、种群内个体的空间分布型	(198)
二、群聚和阿利氏原则 (Allee's Principle)	(200)
三、隔离 (isolation) 和领域性 (territoriarity)	(201)
第五节 生物种间相互作用	(202)
一、负相互作用	(203)
二、正相互作用	(212)
三、生物化学分泌物在种间关系上的作用	(215)
第六节 农业有害生物的综合防治	(217)
一、有害生物的起源	(217)
二、有害生物的综合防治	(218)
第七章 群落生态原理及其在农业中的应用	(222)
第一节 自然群落与农业生物群落的结构	(222)
一、群落的水平结构	(222)
二、群落的垂直结构	(223)

三、群落结构的时相	(228)
第二节 边缘效应	(230)
第三节 群落的演替	(231)
一、自然群落演替	(231)
二、农业群落的人工演替	(235)
第四节 结构趋同和协同进化	(240)
一、结构趋同	(240)
二、协同进化	(243)
第五节 群落类型及其分布特点	(245)
一、自然群落的分类方法及主要群落类型	(245)
二、环境因子梯度中的群落类型分布	(246)
第八章 农业资源的合理利用及其效率和效益	(257)
第一节 农业资源的分类	(257)
第二节 非再生资源的利用	(259)
第三节 再生资源的利用保护和增殖	(263)
一、再生资源的利用	(263)
二、公共资源的生物经济平衡规律	(264)
三、再生资源的合理利用和最优持续收获量	(266)
四、再生资源的增殖	(269)
第四节 农业资源利用效率及收益递减律	(272)
一、农业资源利用效率	(272)
二、收益递减律	(274)
三、边际效益分析	(277)
第五节 农业效益的概念	(280)
一、农业社会效益中的几个问题	(280)
二、社会效益、经济效益与生态效益间的关系	(285)
第九章 农业生态系统的调节与控制	(290)
第一节 农业生态系统的调控特点	(290)
一、农业生态系统的调控机制	(290)
二、农业生态系统调控机制的层次	(292)
三、社会系统对农业生态系统的调控途径	(293)
第二节 农业生态系统的自然调控	(293)

一、自然调控的基本机制	(293)
二、自然生态系统的稳态调控机制	(295)
三、农业生态系统中的自然调控	(300)
第三节 农业技术对农业生态系统的调控	(301)
一、农业技术对系统的调控途径	(301)
二、农业技术的选择和体系化	(304)
三、农业技术在农民中的普及过程	(305)
第四节 资金和产品流通对农业生态系统的影响	(307)
一、资金流与能流、物流的关系	(307)
二、“成本外推”和“收益外泄”及其解决途径	(309)
三、杜能的农业区位理论	(310)
四、农业自然区域的生产专业化与流通的关系	(313)
第十章 农业生态系统工程基础	(316)
第一节 农业生态系统工程的基本步骤	(316)
第二节 农业生态系统的本底调查	(317)
第三节 评价与决策	(319)
一、建立评价系统	(319)
二、确定评价标准和评分计算方法	(320)
三、综合评价	(320)
第四节 建模与分析	(323)
第五节 结构动力学模型	(326)
第六节 矩阵模型	(335)
一、稳定性分析	(336)
二、可控性分析	(338)
三、可观察性分析	(339)
四、系统平衡时组份的库存量计算	(340)
五、系统平衡时组份的库存来源分解	(341)
六、系统平衡时流量的来源分解	(341)
七、滞留时间和循环分析	(344)
第七节 马尔柯夫模型	(349)
第八节 线性规划模型	(352)
一、线性规划的单纯形解法	(352)

二、线性规划应用的前题	(357)
三、线性规划的标准形变换	(358)
四、单纯形法运算中可能遇到的特殊情况及其解决方法	(360)
第九节 优化方案的实施	(361)
第十一章 农业发展与农业生态系统	(366)
第一节 自然环境与农业起源的关系	(366)
一、多样化环境对农业起源的促进	(366)
二、单调环境对农业起源的限制	(368)
第二节 农业生态环境与古农业社会文明	(369)
一、中国黄河流域	(369)
二、中东	(370)
三、印度	(371)
第三节 原始农业——刀耕火种农业	(371)
一、刀耕火种农业的概念	(371)
二、刀耕火种农业的特点	(372)
三、刀耕火种农业的主要问题和改进方式	(373)
第四节 工业化前农业——传统固定农业	(375)
一、传统固定农业概况	(375)
二、传统农业的主要特点	(376)
三、传统农业对地形的利用	(378)
四、传统农业的效率	(380)
五、传统农业的变化发展	(383)
第五节 工业化农业——机械化集约农业	(386)
一、机械化集约农业概况	(386)
二、机械化集约农业的主要特点	(389)
三、机械化集约农业的效率	(392)
四、机械化集约农业存在的问题及今后发展	(393)
第六节 各国关于新型农业的思索和尝试	(396)
一、“第三次浪潮”论	(396)
二、自然农业(natural farming)	(396)
三、生物动力学农业(bio-dynamic agriculture)	(398)
四、有机农业(organic agriculture)或生物	

农业(bioagriculture)	(308)
五、生态农业 (ecoagriculture)	(400)
六、菲律宾马亚农场	(401)
第十二章 中国的生态农业	(407)
第一节 中国传统农业的生态合理性	(407)
一、提倡保护和合理利用 可再生自然资源	(407)
二、农林牧渔副综合发展	(408)
三、因地制宜因物制宜	(408)
四、充分用地, 积极养地, 地力常新壮	(409)
五、实行以生物技术为主的精耕细作	(409)
六、以作物生产为主, 植物蛋白生产占重要地位	(410)
七、可更新能源特别是生物能源占重要地位	(410)
第二节 中国生态农业的构思	(411)
一、中国生态农业的兴起	(411)
二、中国生态农业的构思	(414)
第三节 中国生态农业建设的实践	(420)
一、生态农业技术	(420)
二、生态农业体系	(432)
三、发展趋势	(442)
附录	
I. 能量折算参数	(450)
II. 营养物质折算参数	(455)
III. 畜禽饲料需求折算参数	(462)
IV. 水质标准及食品中放射性物质限制浓度	(469)
V. 计算机程序	(472)
专业词汇条目检索表	(482)

第一章 绪 论

农业生态学 (agroecology) 是运用生态学和系统论的观点及方法, 把农业生物与其自然和社会环境作为一个整体, 研究其中的相互联系、协同演变、调节控制和平衡发展规律的科学。

第一节 农业生态学的产生和发展

一、生态学的发展为农业生态学的产生和发展奠定了学科基础

生态学(ecology)是研究生物与其环境之间相互关系的科学, 其产生和发展大体上经历了以下几个阶段。

(一)近代生态学诞生前的生态学知识累积阶段

在漫长的生产实践活动中, 人们早就注意到了生物与环境之间的关系。我国在公元前一二百年的秦汉时期就确立了二十四节气, 其中如惊蛰、谷雨等就反映了农作物和昆虫与气候的联系。①

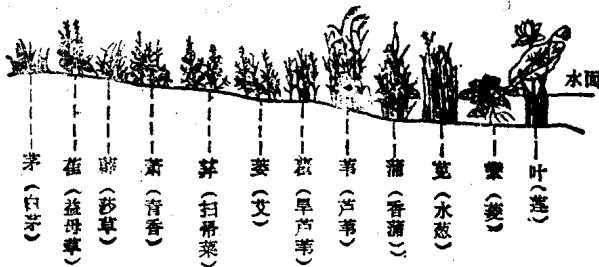


图1·1 我国两千多年前记载的水生生态系列示意图(夏纬瑛《管子·地员篇校释》, 1958。括弧内是植物今名)

早在2200年前，战国时代的《管子·地员篇》曾详细记载了江淮平原上沼泽植物的梯度分布与水文土质环境的生态关系（图1·1）。1400多年前，后魏贾思勰著《齐民要术》，有树木阴、阳面的记载：“凡栽一切树木，欲记其阴阳，不令转易，阴阳易位则难生。”清代陈溴子著《花镜》中有：“生草木之天地既殊，则草木之性焉得不异？”的记载，提出了植物特性因环境而变化的论点。明代李时珍所著《本草纲目》中，描述了药用动植物生态习性与生态环境的关系。南北朝陶宏景在《名医别录》中记载了细腰蜂在螟蛉幼虫体内的卵寄生现象。^③ 在西方，古希腊哲学家提奥弗拉斯特(Theophrastus, 公元前370—285年)不但注意到了气候、土壤与植物生长和病害的关系，同时也注意到了不同地区植物群落的差异。罗马的柏里尼(Pliny, 公元23—79年)把动物分为陆栖、水生和飞翔三大生态类群。^①、^② 人类在实践中不断累积起来的这些生态知识为生态学的诞生奠定了基础。

(二)近代生态学的创始阶段

1749年，法国人布丰(Buffon)提出“生命律”，第一次将有关动物与其环境关系的知识系统化。1803年马尔萨斯(Malthus)发表了《人口论》，阐述了人口增长与食物的关系。1807年德国科学家洪堡德(A. Humboldt)在《植物地理学》专著中，揭示了植物分布与气候条件相关的规律性，同时也注意到了环境条件与植物形态的关系，创立了植物地理学。1859年，达尔文(C. Darwin)在所著《物种起源》一书中，创立了生物进化论，从而深化了对生物与环境相互关系的认识。

1865年，勒特(Reiter)合并两个希腊字，logos(意即：研究)和Oikos(意即：房屋、住所)，构成生态学(Oikologie)一词。1866年，德国人海克尔(H. Haeckel)将生态学定义为研究有机体与其环境条件相互关系的科学。近代生态学便由此诞生了。

(三)学科与学派分化阶段

自生态学产生以后，便立即分化出植物生态学、动物生态学、人类生态学等分支学科，出现了生态学发展的第一个高峰。在这

一阶段中的重要著作，主要有植物生态学创始人瓦尔明(E. Warming)的《以植物生态地理为基础的植物分布学》(1885)；辛柏(A. F. W. Schimper)的《以生理学为基础的植物地理学》(1898)，这两部著作，都从植物生理功能与形态结构、生活力等方面，阐述了植物的生态适应性；据环境因子的综合作用，阐述了植物分布的多样性；并用生物进化的观点分析研究了植物群落的起源和发展。在稍晚出现的动物生态学方面，英国人詹宁斯(Jennings)对动物行为生态；美国人亚当斯(Adams)和谢尔福德(Shelford)对动物生态演替；美国达文波特(Davenport)对动物群落生态，等等，都进行了许多有成效的研究工作，其中以对昆虫生态的研究最突出。亚当斯在1913年出版的《动物生态的研究指南》，是第一本关于动物生态学的教科书。

在学科分化的同时，出现了多个研究重点不同的学派。在植物生态学方面，英美学派的主要成就是关于群落的动态演替和演替顶极的学说，该学说侧重于动态生态研究；法、瑞学派的主要贡献是对群落结构的研究，即侧重于静态生态研究；北欧学派主要是继承和发展了瓦尔明在植物地理学方面的工作；苏联学派则主要在生物地理群落（近似于生态系统）研究方面卓有成效。

(四)生态系统生态学发展阶段

1935年，英美学派的代表人物，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是一个动态的整体。并于1939年在《英伦三岛及其植被》一书中提出了“生态平衡”概念：“相对平衡地位基本上是生态系统的概念……。这种‘相对平衡的地位’当然是极小稳定的，它含有许多不稳定成份而非常敏感，一旦复合因素中有一些表面上很小的变化，这种地位就要发生动摇。”④这些观点很快为生态学家们接受，从而标志着现代生态学已经起步。后来，美国科学家林德曼(R. L. Lindeman)，用自己的科学研究巩固和发展了生态系统生态学，于1941年发表了《一个老年湖泊内的食物链动态》一文，以确切的数据揭示了生物量在食物链中顺序转移的

数量关系；并于1942年，在另一篇论文中证实了自然生态系统中能量与物质的流动在不同营养级之间的定量关系是任一生态系统得以稳定的前提之一。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、物质流做了大量的研究工作，他总结了各方面成果，于1952年写成《生态学基础》一书，进一步确立了生态系统生态学的地位。

至此，生态学已经发展成为研究领域相当广阔的一门学科。按研究的生物对象分，生态学可划分为动物生态学、植物生态学和微生物生态学；按生物的不同组织水平分，生态学可划分为个体生态学（autoecology）、种群生态学（population ecology）、群落生态学（community ecology）和生态系统生态学（ecosystem ecology）；按研究的环境特点分，生态学可划分为淡水生态学、海洋生态学、草原生态学、森林生态学和沙漠生态学等。

（五）社会需求推动生态学向定量、控制和应用方向发展的阶段

世界经济经过第二次世界大战后的恢复和发展，到60年代末和70年代初，接连出现被西方称之为“五大生态危机”的“污染危机”、“资源危机”、“能源危机”、“粮食危机”和“人口危机”。这时，生态学被从高楼深院中请了出来，以解决社会生活中出现的生态问题。生态学知识得到了空前普及，参加生态研究的人数也迅速增加，形成了“生态热”，从而有力地推动了生态科学的发展。这个阶段，生态学的分支学科不断产生。如吸收系统论、控制论和信息论的营养，利用计算机手段发展起来的系统生态学（systems ecology），其代表作有1979年E. Halfon 主编的《理论系统生态学》^⑤；1969年加拿大 F. C. Pielou 著的《数学生态学引论》^⑥；1976年R. M. May 出版的《理论生态学》^⑦等，都对生态学向定量研究发展起了推动作用。与此同时，生态学理论与实际应用紧密结合，并在应用中与其他学科发生着广泛的交叉，于是就产生了农业生态学、城市生态学、资源生态学、环境生态学、经济生态学等。此外，生态立法、生态工程等与生态系统控制有