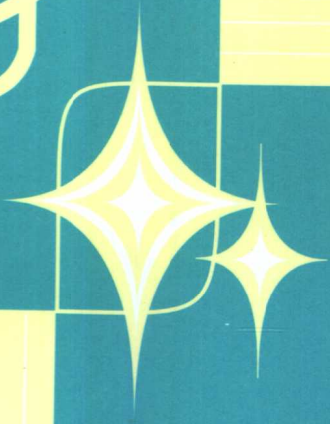




全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定



农业生态学

● 沈亨理 主编

● 作物 农经 环保 土化 气象专业用

中国农业出版社

全国高等农业院校教材

农 业 生 态 学

沈亨理 主编

作物、农经、环保、土化、气象专业用

中 国 农 业 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

农业生态学/沈亨理主编. -北京: 中国农业出版社,
1996.10 (2000.10 重印)
全国高等农业院校教材
ISBN 7-109-03855-6

I. 农… II. 沈… III. 农业科学: 生态学-专业学
校-教材 IV. S181

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 31467 号

出版人 沈镇昭
责任编辑 贺志清
出版 中国农业出版社
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)
发行 新华书店北京发行所
印刷 中国农业出版社印刷厂
* * *
开本 787mm×1092mm 16 开本
印张 18.5 字数 440 千字
版、印次 1996 年 10 月第 1 版
2000 年 8 月北京第 5 次印刷
印数 24 401~32 400 册 定价 22.20 元

书号 ISBN 7-109-03855-6/S·2437

前 言

农业发展既需要提高效率，生产出更多更好的农产品；同时还需要保护和改善环境生态系统，实现农业的可持续发展。近年来，当人类认识到农业与支持农业的环境生态系统是一个整体时，农业生态学也被重视并得到了发展。农业生态学是研究农业生态系统的学科，它既是生态学的一个分支，也是农业科学的一个分支。这是一门年轻的新兴学科，在中国它仅有十多年的历史。农业生态学在高等院校可供农学（作物）、土壤与植物营养、农经、农业气象等专业学生修读。学习农业生态学，一方面要掌握现代生态学理论和系统分析方法，从物质、能量运转的本质上来认识、解析农业的组成、结构、功能等；另一方面，是要以农业生态系统为武器，来探索、解决在特定约束条件下的农业问题，以推动、设计农业的发展。显然，仅靠农业生态学课程所提供的知识是难以实现这个任务的，学习这门课程还要求通过整体思维框架，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。要做到这些，任务无疑是困难和艰巨的，但也许这正是农业生态学之所以引起广泛兴趣和应尽的责任。

为了给全国高等农林院校师生提供一本教材，在国家教委和农业部教材指导委员会的领导和委托下，成立了高等院校统编教材《农业生态学》编写委员会，编委（依姓氏笔划排序）包括：王兆骞、陈聿华、沈亨理、侯中田、骆世明、章熙谷、韩纯儒7人。由沈亨理任主编，王兆骞、侯中田、骆世明（依姓氏笔划排序）任副主编。通过三年时间和三次会议，对教材的整体结构和内容进行了反复讨论；分工负责编写、修改审稿与定稿。浙江农业大学吴建军和东北农业大学刘永利两位老师也参加了讨论和部分章节的编写等工作。全书共分十三章：第一章、第二章沈亨理编写，第三章骆世明编写，第四章陈聿华编写，第五章、第六章韩纯儒编写，第七章陈聿华编写，第八章章熙谷编写，第九章侯中田、刘永利编写，第十章骆世明编写，第十一章、第十二章王兆骞、吴建军编写，第十三章侯中田编写，附录由吴建军整理。

当然，随着生产发展和科学技术的进步，农业生态学的学科体系与内容，还在不断探索和完善之中。另外，还有许多有意义的内容和令人感兴趣的资料，限于这是一本基本教材而无法编入。为了帮助高等院校师生更深入了解、掌握农业生态学，我们还将编写几本教学辅助参考书，将陆续出版。

这本书在编写与出版过程中，得到浙江农业大学、华中农业大学、沈阳农业大学、东北农业大学、华南农业大学、南京农业大学和北京农业大学的支持，许多同行、朋友的关怀与帮助，在此不一一列举。

编著者

1993年2月

目 录

第一章 绪言	1
第一节 生态学的产生和发展	1
第二节 农业生态学产生的背景	4
第三节 农业生态学的研究对象与内容	6
第四节 农业生态学在科学中的地位	8
第二章 农业的基本生态分析	11
第一节 农业发展的背景变化	11
第二节 资源生态环境的破坏	14
第三节 农业的生态对策框架分析	16
第三章 农业生态系统概述	21
第一节 系统	21
第二节 生态系统	23
第三节 农业生态系统	26
第四章 生物种群与群落	30
第一节 生物种群的基本特征	30
第二节 种群的数量动态	33
第三节 生物种间相互作用	42
第四节 群落的基本特征	49
第五节 群落的发展变化	55
第五章 农业生态系统的能流	59
第一节 基本的能流定律	59
第二节 能量转化是生态系统的基本过程	62
第三节 农业生态系统的能流模型	68
第四节 农业生态系统的能流特征	73
第五节 人工辅助能与能量转化效率	77
第六章 农业生态系统的物质循环	82
第一节 物质循环是生态系统的基本功能	82
第二节 水循环与农业	84
第三节 生物圈的物质循环及其资源环境问题	89
第四节 农业生态系统的矿质养分循环	94
第五节 农业生态系统养分循环的调节	101
第七章 农业生态系统的结构	103
第一节 概述	103
第二节 农业生态系统的组分结构	104

第三节	农业生态系统的水平结构	108
第四节	农业生态系统的垂直结构	112
第五节	农业生态系统的营养结构	119
第八章	农业生态系统的生产力	126
第一节	农业生态系统生产力的概念	126
第二节	初级生产	132
第三节	次级生产	142
第四节	提高农业生态系统生产力的途径	149
第九章	农业生态系统的土壤库	159
第一节	土壤库在农业生态系统中的地位和作用	159
第二节	土壤有机质亚库	164
第三节	土壤库的功能原理	167
第四节	土壤库肥力结构与作用体系	169
第十章	区域环境对农业生态系统的影响	177
第一节	农业生态系统与区域资源环境的关系	177
第二节	农业生态系统与资金流的关系	189
第三节	农业生态系统与产品流通环境的关系	193
第四节	农业生态系统与社会需求环境的关系	198
第五节	区域环境对农业生态系统的综合影响规律	202
第六节	中国农业的社会经济环境特点及其对农业生态系统的影响	209
第十一章	农业生态系统的设计	218
第一节	农业生态系统设计的基本程序	218
第二节	农业生态系统的环境辨识与诊断	222
第三节	农业生态系统的模型分析	227
第四节	农业生态系统的方案设计和方法选型	236
第五节	系统评价与方案选优	244
第十二章	生态农业	249
第一节	农业发展与生态农业的兴起	249
第二节	生态农业的涵义与中国生态农业特点	253
第三节	生态农业建设的基本原则与实施方法	261
第十三章	农业发展展望与农业生态学的使命	268
附录	275

第一章 绪 言

农业生态学是运用生态学和系统论的原理和方法，将农业生物与其自然环境作为一个整体，研究其中的相互作用、协同演变，以及社会经济环境对其调节控制规律，促进农业全面持续发展的学科。

第一节 生态学的产生和发展

一、生态学与生态问题

生态学 (Ecology) 一词是 1866 年德国的生物学家 E. 赫克尔在其著作《有机体的普通形态学》中第一次提出的。生态学的英文名词起源于两个希腊字：Oikos (家庭、住所) 和 Logos (学科)。字面上指研究生物体及其生活的地方的学科，即“生境的学科”。生态学的定义颇多：“研究生物体与其周围环境之间关系的学科”；“研究生物与环境间关系的各种形式的学科”；“研究生态系统的结构与功能的学科”，……现今，多数人将生态学理解为：“研究生物与环境之间相互关系及其作用机理的学科”。生物的环境既包括光、热、水、气、各种元素等非生物环境，也包括动物、植物、微生物等生物环境。因此，生物与环境之间关系是指生物与非生物环境之间和生物与生物之间的关系。生态学这个词的词头与经济学 (Economics) 中的 eco- 是同一词根，所谓“家庭、住所”本意带有管理家庭、管理住所经济的意思。因此，可以认为生态学和经济学两个学科具有一些共同之处。生态学从发展初期到现在，都与人类的实践关系密切，所以生物的环境包括利用自然、改造自然的各种生产实践关系。基于此，也可以把生态学理解为有关生物的经济管理的科学。

生态学虽然已有 100 多年的历史，只因为近年生态环境日益严峻，生态学才开始受到更多重视。

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。

二、人类对自然系统的认识过程与生态学的发展

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。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。总是由简单到复杂，由表面现象到内部机理，由描述到定性、定量分析。

人类在狩猎时期，从火的发现到以后的人为种植驯养，直到文艺复兴以后，基本上都是简单的对单项资源开发，对生态系统的复杂性缺乏正确认识。在漫长的历史时期中虽在《管子·地员篇》、《汜胜之书》等著作中有反映朴素的系统观点与整体思想的论述，但它们在科学技术界没有占据应有的地位，没有产生根本性的影响。为粮食而垦荒，为水而打井，为建房而伐木的实践，从眼前利益出发，忽视自然系统反作用的一味索取。技术是单项，生态观察基本也是个体生态和群落分布等。正如恩格斯在分析圣海伦岛、希腊等地自然条件恶化的历史教训所提出的著名论断：“我们不要过分陶醉于我们对自然界的胜利。对于每一次这样的胜利，自然界都报复了我们。每一次胜利在第一步都确实取得了我们预期的结果，但是在第二步和第三步却有了完全不同的、出乎预料的影响，常常把第一个结果又取消了。美索不达米亚、希腊、小亚细亚以及其他各地的居民，为了想得到耕地，把森林都砍完了，但是他们梦想不到这些地方今天竟因此变成为荒芜不毛之地。”

生产的发展逐渐要求正确把握人类对自然界干预行动的方向，以便对自然界取得更多的主动。人类逐渐明白要深刻地认识自然规律；要注意自己行为所引起的自然后果、连锁反应和因果关系。经过无数次的教训，人类过晚地但终于开始建立了系统思想，并在哲学和其他许多学科中得到了反映和应用。不少人把系统论、控制论和信息论这“三论”视为继19世纪三大发现之后的科学上划时代的进展。与此同时，生态学也在经历了生态学建立前期，生态学诞生并成长期，而进入现代生态学发展期。

三、生态学发展的历史阶段

生态学发展到今天，可以概括为四个历史阶段。

1. 生态学诞生以前时期。生态学诞生以前，人类在长期生产实践过程中已积累了很多生态知识。狩猎、捕捞、种植作物和驯养动物都是在认识生物与环境关系的知识基础上进行的，并不时地进行了记录。公元前400多年古希腊的海波诺提斯(Hippocrates, 460—377B. C.)的《空气、水及场地》已被认为是生态学的文献。以后亚里士多德(Aristotle, 384—322B. C.)和他的学生则分别有《自然史》和《植物群落》两本描述生态的著作。2200年前中国战国时代的《管子·地员篇》中也有不少植物分布与水土环境关系的详细分析。这些都是生态思想的萌芽。

2. 生态学建立成长期。经过中世纪黑暗时代以后，在16世纪伴随文艺复兴，生物学研究也取得很大发展，从描述进入实物观察与记载。从瑞姆(Reaumur, 1683—1757年)的《昆虫自然史》、法国布丰(Buffon, 1707—1788年)的《生命律》、德国洪保德(A. Humboldt, 1767—1859年)的《植物地理学》，到英国达尔文(C. R. Darwin, 1809—1882年)的《物种起源》，都大大深化了生物与环境之间关系的研究。到1869年德国的海克尔(E. Haeckel)正式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。以后丹麦的瓦尔明

(E. Warming) 写了《植物生态学》(1895年)一书,德国生态学家辛柏(A. F. W. Schimper)发表了《以植物生理学为基础的植物地理学》(1898),生态学开始有了比较成形的体系。

尔后,谢尔福德(V. E. Shelford)等重视物理条件与生态生理的研究,提出了群落演替;埃尔顿(Elton)在动物生态研究中介绍了食物链关系,原苏联的苏卡切夫(Сукачев)等发展了地植物学方面研究,提出了生物地理群落,这已是近代生态学的开始了。

3. 近代生态学时期。技术发展使人类对资源开发利用的规模越来越大,产生意想不到的结果也越多,启示人类在生态学研究上需要探求内在因果规律和更准确的计量方法。1935年英国生态学家坦斯列(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。此后生态学便进入到以生态系统为研究中心的近代生态学发展时期:美国年轻生态学家林德曼(R. L. Lindeman)1941年发表了《一个老年湖泊内的食物链动态》,揭示了生物在食物链转移中的数量关系,巩固充实了生态系统思想与研究内容。美国奥德姆(E. P. Odum)1952年发表了《生态学基础》(第一版),第一次以生态系统为中心建立了完整的生态学;奠定了生态系统生态学的地位;推动了森林生态学、草原生态学、农业生态学、海洋生态学等许多生态学分支快速进入生态系统水平。另一方面,系统科学的渗透和电子计算机的应用,提高了对复杂大系统的研究水平,揭示了生物与生物、生物与环境相互间复杂的数量关系,并使实现系统优化方案成为可能。

4. 生态学应用与调控时期。忽视生态环境的建设计划不断出现失误或失败,迫使人们意识到发展与环境同步研究的重要意义。生态学从分析和阐述生态系统内在规律渐渐扩大视野,开始配合经济发展探讨定量调节控制生态系统的理论与方法,生态系统工程进入许多生产领域。虽仅仅是开始,但显然这是生态学又迈出的极为重要的一步。

四、生态学的分支

由于生物的多样性和环境的多样性,由于生态学与其他许多学科的密切关系,生态学具有许多分支学科。

以研究对象的生物类别划分,有植物生态学、动物生态学、微生物生态学、人类生态学等。每个大类别又分有若干小类别,如昆虫生态学、脊椎动物生态学等。

按环境性质划分,有湖沼生态学、海洋生态学、山地生态学、沙漠生态学等。

整个有机的自然界看作由不同的生命组织层次(水平)构成的复合体,生物学研究对象由小到大的等级系统是:基因—细胞—器官—有机体个体—种群—群落—生态系统—生物圈。按生物组织层次划分,有个体生态学、种群生态学、群落生态学、生态系统生态学等。

生态学与其他一些学科交叉或相互渗透的结果,有生态学与系统工程学结合形成的系统生态学、生态学与数学结合形成的数学生态学、生态学与农学结合形成的农业生态学、生态学与林学结合形成的森林生态学、生态学与经济学结合形成的生态经济学、生态学与环境保护结合形成的环境保护生态学等。

随着人口增长和经济发展,人类对自然资源的需求日益增加。为防止各自局部开发资源而造成整体的破坏,需要针对区域状况与问题,将生态学系统与人类社会经济系统联系

起来作为一个复合的大系统进行研究。出现了景观生态学和人类生态学等，景观生态学是由生态学与地理学结合研究，着重探讨景观范围内若干生态系统之间的相互关系和管理。人类生态学研究人类与环境的关系及其相互作用的规律，它既强调人的生物属性，也强调人的社会属性，其环境包括自然环境和人工环境，探求生物圈与技术圈在不同条件下的最佳组合，分析现在，规划未来。

第二节 农业生态学产生的背景

一、农业生态学的产生

农业生产的本质是人类利用生物群体转化环境资源而形成各种农业产品的过程。农业生产本身就是调节生物与环境关系的一个生态过程。农业科学中的许多分支学科，诸如作物栽培学、耕作学、家畜饲养、良种培育，病虫害防治、土壤学、肥料学、农田水利、农业机械化等可以说都是从不同角度或侧面研究调节管理生物与环境之间关系的学科，许多农学家在某种意义上讲也都是生态学家。当然，这些农业学科常是单从某一侧面研究生物与环境之间的关系。如果以个体生态学水平或单项分析为基础建立农业生态学，就必然与一些农业科学重复而不再十分必要。在40年代与50年代一些农业生态学著作：美国的K. H. W. Klages的《生态学的作物地理学》（1942年），意大利的G. Azzi的《农业生态学》（1956年），虽然对农业生态问题做了有益的概括，但由于没有以生态系统为中心，对农业生产整体内在关系与规律缺乏应有的分析，因此，并没有引起农业科学和生态学界更大的反应。

60年代世界经济迅速发展造成了严重环境危机：人口增长、资源不足或枯竭、环境污染等重大问题，引起世界科学技术界的震惊，问题的根源是缺乏对生态系统的认识和整体安排。有鉴于此，国际生物学会1962年提出国际生物学计划（IBP），一些领域的科学家开始探索将生态系统理论引入自己的学科。1974年国际性刊物《农业生态系统》创刊，1976年在荷兰召开国际农业生态会议，出版了论文集《农业生态系统中矿质养分循环》，1979年美国G. W. Cox等出版了《农业生态学》，生态系统水平的农业生态学逐渐建立起来了。中国1981年召开全国农业生态学研讨会，正式确定在农业院校开设以农业生态系统为研究对象的《农业生态学》。

二、农业发展推动农业生态学发展

生物种群的增长总是为资源所约束。鱼群在海洋中为有限食物竞争，干旱草原上的植物为生存而争水，凶猛的非洲狮、亚洲虎的繁殖都受到食物的制约。同样，人类也经常面临调整可能养活的人口与可能食物供应之间的关系：随着人口增长，要求进一步开发资源，改善农业经营以提供更多的食物；否则会因食物限制而降低每个人的消费水平，乃至进而引起战乱或因健康下降而缩减了人口。为了免于饥饿，农业发展经常是在不断地扩大开发资源。

但是许多农业资源是有限的。例如，单从雨量来判断，地面上约有46%的土地是有足够雨量供其生产粮食，但实际只有5%成为耕地，41%是因为温度、土质、地形等原因未能

开垦；如果只从温度判断，大约 83% 地面可用；单从地形考虑，约有 64% 地面可以耕作；只考虑土壤肥力，则 46% 的地面可以种植。如果综合雨量和温度两项，只有 32% 地面可以开发；综合雨量、温度和地形三项，只有 21% 可用；综合雨量、温度、地形和土质四项，就只有 10.41 亿 hm^2 ，占陆地面积 7% 可以开垦。可见，只以个别资源为依据是不能作出正确评价的。综合多种资源因素，欧洲有 37% 土地可垦，美洲有 10% 可垦，亚洲有 6% 可垦。中国 1990 年垦殖土地占 10.7%。

在人口增长与人类的物质文明不断提高的双重压力下，许多国家和地区的农业垦殖面积不断扩大，乃至被迫对某些不适宜垦殖的土地进行开垦。为此，就需要不惜代价投入更多的能源以及其他资源来进行改造。否则，不适宜垦殖地的生态系统会以某种灾害形式回答人类；增加投入则又出现高投入和低效率的农业。长期以来农业发展的历史，是不断扩大开发资源的历史。从社会经济系统与自然生态系统之间的关系，农业发展的历史时代分析，大致可以划分为四个时代：第一个时代是旧石器以前的原始时代，农业资源是石块、木棒、野果、野兽等，人类完全依赖自然生态系统，生产力极低。第二个时代是人类社会开始改造自然生态系统的时代。在新石器时代以后文化、宗教出现，劳动分工和商品交换出现，农业开始人工种植和驯养动物，城市出现，人类社会利用资源增多，改造自然生态系统明显，农业生产力提高。第三个时代是经济大发展的工业化时代。随着蒸汽机、电力等动力的应用，工业化大生产出现了，经济以前所未有的速度发展，为了追求享受与利润，不顾及各方面的后果与长远影响，以现代化手段进行大量的、强烈地开发资源。出现了生态环境剧烈地破坏、资源枯竭、水土流失、环境污染等许多全球性大问题，成为高速发展的工业、现代农业的隐患，不仅危及经济发展，同时影响人类的生存与健康。第四个时代是人类自觉地协调经济发展与生态建设的时代。经济发展不是必然会导致生态环境破坏，只是人类单纯追求某些经济目标，而又缺乏现代环境意识，缺乏对资源环境与经济的统筹关联整体系统措施才出现的。1972 年斯德哥尔摩和 1992 年巴西的两次全世界性的环境会议，说明了历史发展的趋势与人类的觉醒与期望；说明了经济发展与生态建设协调的时代正在来临。各国在农业上出现许多替代农业的新探索：生态农业、持续发展农业等出现也是这一发展趋势的反映。

四个时代农业发展特点可以概括如下表：

表 1-1 四个时代农业发展特点

农业发展	经济生产水平	技术管理	资源消费	生态环境破坏
第一时代	低	低	低	低
第二时代	中	中	中	中
第三时代	高	中	高	高
第四时代	高	高	中	低

农业发展的历史趋势，今后农业必然要在保持高的经济生产水平下，减少资源消费和尽量减轻对生态环境的破坏，实现农业的高效率与资源永续利用。这就要求创造性的应用生态系统、生态经济系统理论和建立整体调控技术管理对策，这是时代发展对农业生态学发展的要求，也是农业生态学发展的动力。

第三节 农业生态学的研究对象与内容

一、农业生态学的研究对象

农业生态学的研究对象主要是农业生态系统 (agroecosystem)。农业生态系统是人类为满足社会需求,在一定边界内通过干预,利用生物与生物、生物与环境之间的能量和物质联系建立起来的功能整体。

农业生物包括各种农作物、果树、蔬菜、家畜、家禽、养殖水产类、林木等。也包括农田杂草、病、虫等有害生物。这里要指出,草原、森林和湖泊等不论以系统的边界或以系统的生境而言,都具有其独立的特点。作为生态系统,如草原生态系统、森林生态系统、湖泊生态系统等,都有专门的学科加以研究。因此,农业生态系统已被理解为农区以种植业为中心的农业生态系统,包括农作物、果蔬和家畜家禽以及池塘的水产养殖类,也包括农区的防护林、经济林(茶树、橡胶、板栗等)。它们是在人的选择培育和经营管理下,与当地气候、土地等环境条件之间取得相互适应的已被驯化了的农业生物类群。同时,农业生态系统还需要人们不断地进行各种干预,如技术干预、经济干预和结构设计等。因此,农业生态系统是介于自然系统与人工系统之间的,被人类驯化了的自然生态系统。它不仅受自然生态规律的支配,也经常受社会经济规律的干预、调节与影响,这也是农业生态系统区别于海洋生态系统、草原生态系统、森林生态系统之处。

虽然农业生态系统的研究涉及的方面很多:有作物、果树、蔬菜、家畜、家禽、一些水产类和林木,以及气候、土壤等自然环境和社会经济环境等。它们分属不同的许多学科,内容极其广泛。但它们之所以能兼容于农业生态学一门课程之内,这是因为农业生态学把研究对象看作是系统,其研究重点不是着重于系统的组成成分,而是诸多成分之间的关系,把每一种成分作为因素,从物质、能量上研究它们之间的相互联系、耦合、转化、反馈等,或者说,系统的约束与行为过程才是研究的重点。

农业生态系统所包含的各成分之间的关系和行为过程,正如恩格斯所概括的:“一个伟大的基本思想,即认为世界不是一成不变的事物的集合体,而是过程的集合体。”农业生产作为物质生产是生物学过程和人类农业劳动过程的集合体。生物学过程是生物利用环境完成其生长发育,主要是生物与环境之间的物质能量变换的生态过程。人类农业劳动过程包括人类处理人与自然物之间的物质能量交换过程,即技术过程;以及通过生产关系、劳动、分配等人与人之间的经济过程。农业生产中的生态过程、技术过程与经济过程也是三个系统,即农业生产的生态系统、农业技术系统和农业经济系统,认识到农业生产包含三个系统,并以农业生态系统为中心,把三个系统相互作用统一研究,是农业科学在体系上的一个重大发展。三个系统在认识上可以抽象地分割,可以分别研究,但实际上是交织在一个不可分割的物质和能量变换过程中所含有的三类作用因素。

农业生产具有三个系统过程的特点,决定了研究农业生态系统过程必然不能像自然生态系统只研究纯生态学过程,必然也必须包含有农业技术系统过程和农业经济系统过程在内(图 1-1)。例如对施肥、灌溉等许多技术分别以现代化技术手段的能量和物质的投入加以计量,对生物的物质能量变换和对技术的物质能量变换,都还要计量其效率。包括能量

之间、物质之间，也包括物质能量的经济效益分析。当然，农业生态系统作为复合系统，对其所包含的三个系统不是同等对待的。生态系统是其研究的主体；农业技术系统常只作为调控因素（就像气候在农业生态系统中一样）；农业经济系统不仅是调控因素，而且经济效益也是农业生态系统的重要目标。

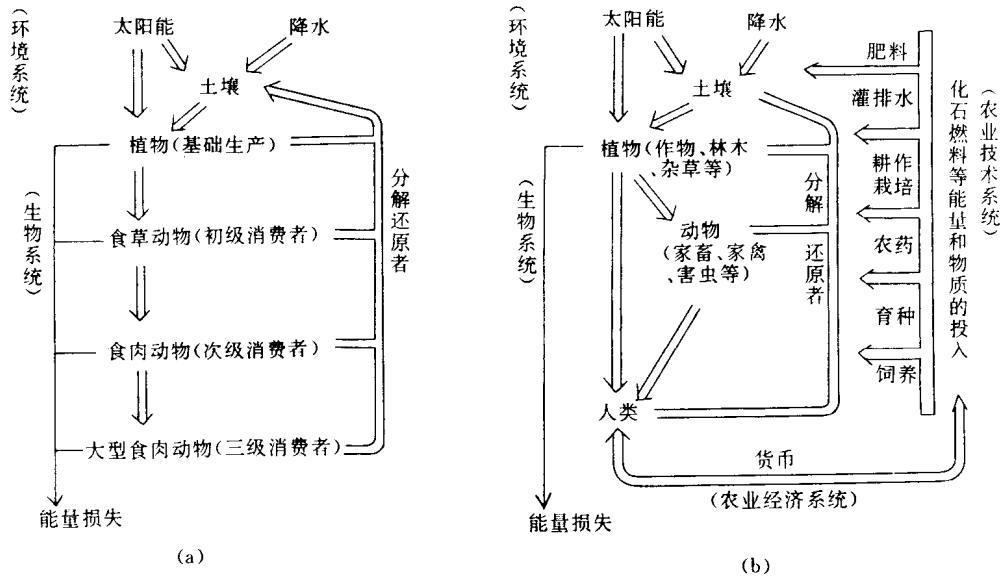


图 1-1 自然生态系统与农业生态系统结构比较图

(a) 自然生态系统 (b) 农业生态系统

二、农业生态学的任务与内容

当今，经济发展受到生态环境多方面的制约；生态环境建设又受到经济负荷能力的制约。社会所面临的人口、资源、贫困、承载力、粮食、能源、生态环境和灾害等重大问题，同时向生态学和经济学提出挑战，要求从生态与经济相结合的整体高度出发，探讨解决这些问题的途径与方法。面对这些问题，以生态系统、农业技术系统和农业经济系统等三个系统组合而成的复合的农业生态系统为研究对象的农业生态学，其任务不仅是阐述农业原理，而且要面对现实，提出协调各种关系和推动农业持续发展的各种可行方案。

几十年来，中国每年对农业有许多投资项目，农业科技每年也取得许多成果，每项投资和科技成果都可以有百分之几、百分之十几乃至百分之几十的增产效果，积累下来农业似乎应有几十倍的增长。事实并非如此，不同地区农业投资与科技成果的效益相差极为悬殊。因为单项投资或科技成果在技术上、经济上和生态上所产生的作用与结果并不一致。在一个系统内，它们之间往往互不协调、相互干扰甚至互相抵消。许多投资或成果在农业复合系统中只是“零件”，某一“零件”能产生多大效果是因“机器”的整体状况而异的；是因“零件”在“机器”中的位置、与其他“零件”的配合而异的。农业生态学是研究由许多“零件”所组装的整体“机器”，包括“机器”的组装原理、原则与改进等。整体协调有助于发挥单项技术的作用，将整体与单项结合研究，不是相互取代而是彼此补充，才能更

好地发挥农业科学的效益。这样，

① 农业生态学的任务显然不仅是对农业生产的复杂现象，从本质上（从物质与能量转换的本质）做出生态学的解释。

② 农业生态学还应是以结构化的科学知识和系统分析的思想，研究农业生产的系统过程，是对整个“机器”进行研究，以承担诸多“零件”的组装。为此，农业生态学要求学习者从整体上学会处理已学到的科学知识，将各种农业科学知识通过整体思维框架，合理地纳入系统之内，以提高整体的效益。

③ 农业生态学在加强现代化环境意识的基础上，探讨并把握生态—技术—经济复合系统的相互作用关系，以便能够在我国面临的土地承受超负荷的人口压力和农业粮食短缺的形势下，从农业的整体动态层次上，探讨促进农业发展的可能性与途径，以便创造生态上和经济上均能持续发展的前景。

④ 农业生态学通过其对物质、能量的运转与区域发展的关系分析，通过系统分析，探求限制因子与发展的优化结构与优化调控途径，在给定的条件和约束限度内，建立有针对性的结构组合、各种可供选择的途径，设计区域农业的发展方案。农业生态学要完善地实现这些任务虽然是步履艰难的，但也许这正是农业生态学所以受到重视和应尽的责任。

农业生态学需要探讨：

农业生态整体认识与农业发展的关系和展望；

现代生态环境意识，生态环境作用与农业的发展；

农业生物群体及其在不同区域和动态层次上的组成、结构、行为过程、约束和发展的规律；

农业生态系统的能量与物质转换特点、规律与模型；

农业生态系统中种植、养殖、加工、农、林、牧与土壤肥力的内在联系、定量关系和农业生态系统的生产力（包括初级生产力、次级生产力和土壤库的建设）；

农业生态系统的物质再生产与经济再生产的内在联系与区域开发；

农业生态系统设计与生态农业建设。

第四节 农业生态学在科学中的地位

一、农业生态学的基础性和综合性

农业生态学从物质和能量转换上研究农业，使它具有农业生产最本质的基础性；农业生态学又是以高度综合性而著称。农业生物包括了农作物、蔬菜、果树、家畜、家禽、水产类和林木等多种多样生物种群，研究这些生物的专业知识与单项成果对于认识整体是不可缺少的。农业生态学与这许多生物种群的生理、生态、分布、栽培、饲养等具有广泛的联系，使农业生态学具有农业总体生产的特点。农业生态学与其他生态学分支一样，强调生物与其生存外界环境的整体关系，因而涉及气象、土壤、地貌、水文以及社会、经济等，在某种程度上已是景观生态学的内容，包括自然景观与文化景观的分析和调控。农业生态学在探讨复杂系统的定量关系和各种优化方案时，经常借助系统工程学和其他应用数学的思想与方法，使它带有应用农业系统工程学的特色。农业生态系统是如此高度复杂的系统，因此其理论研究或实际应用，都需要有正确的哲学为基础，如果生态哲学错误，其他定性、

定量分析均会失去其应有的意义。

二、农业生态学的应用性与交叉性

农业生态学是在生态学与农业科学之间的交叉科学。运用生态学理论、观点和方法研究农业生产，反映出它的应用性与交叉性，它要为农业生产和农业发展服务，就要服从社会经济系统的需要。

存在于生态系统中的资源，要转化成为财富，变成有价值的东西，必须通过劳动技术这个转换的媒介物，把它们从生态系统中提取出来。技术系统是介于生态系统与经济系统之间的媒介物或桥梁，构成了生态系统—技术系统—经济系统的复合系统。同一个生态系统，当采用不同的技术系统时就会产生不同的社会经济后果：当技术系统不合理时，生产的产品数量少，产值低，资源浪费大，使资源人为贬值；当技术系统合理，产品数量多，产值高，实现了资源增值。

表 1-2 农业历史发展与农业类型

(引自邓宏海, 1986年, 作修改)

系统特征		系统种类	生态系统	技术系统	经济系统
时代特点					
采集自然物	原始生产	旧石器时代及其以前	寻求自身在自然生态系统中的生态位	旧石器	原始公有制
增殖自然物	手工生产人畜等自然物为动力	新石器时代第一次农业革命(农业化)	撩荒的时间与效果	精制石器, 人工种植人工驯养, 刀耕火种	氏族公有制
		青铜时代(农业化扩展)	短期休闲、井田制等方式与效果	铜制器具, 刀耕火种就水种植, 人工除草捕虫	奴隶制以物易物
		铁器时代(传统农业)	农牧配合, 早期有机农业	铁制农具, 人畜耕种人畜排灌, 施肥	封建制度商品贸易
加工自然物	机器生产、工业化动力	第二次农业革命(工业开始进入农业)	高产有机农业、梯田、灌溉系统、农牧结合	手工农具、畜力农具、半机械化农具、灌溉、施肥、育种、选种	各种过渡型经济(中国为供给型产品经济)
		工业化占统治(石油农业)	单一高效型(单一品种种群)与强力控制体系, 农牧关系削弱	石油为基础的机械化、化学化、水利化、人工杂交制种等	资本主义或社会主义
		第三次农业革命(综合化农业)	综合农业生态系统发展生产与生态工程生态规划设计结合	新一代生物技术, 新一代综合技术, 深加工, 多级利用, 乡镇企业, 城乡一体化	工业化后资本主义, 发达社会主义(我国农业为商品农业, 增产与致富并举)
创造自然物	生物化能源农业	农业生物化与工业化结合	生物工程与生态工程, 保护地农业, 生态规划、生态管理结合	遗传工程、农业生物工程永久型持续发展的农业技术体系	人类自觉协调生态环境与经济发展体制

在一定的资源系统条件下,采用何种技术体系,既受人类主观素质水平的约束,也受社会经济需求的影响。不同历史时期的农业生产,具有不同的技术特点和不同的社会经济需求。对农业生态学也有不同要求,这就影响到农业生态学的科学地位(表 1-2)。1978 年以前 30 年左右的时期,中国经济主要是保障供给的产品经济。强调“发展经济,保障供给”、“备战、备荒”,农业上强调“以粮为纲”,农业发展目标是《农业发展纲要》的“200kg、250kg 和 400kg”的高产量,致富被认为是“走资本主义道路”,以致广大农民和县、乡等基层干部以公顷产量过 6 000kg 为满足。其技术体系是不惜工本、不顾破坏生态环境地实现高产。农业生态学在强调生态环境的同时还得以实现农业高产为中心。80 年代随着改革不断深入,逐步建立起以供求、竞争和效益为基础的社会主义商品经济,农民和基层干部追求致富与高产同步发展。因此,农业在保证粮食需要的同时还要积极开展多种经营和发展乡镇企业,农业技术系统和农业生态学也必然要探讨能持续实现粮食高产、致富与改善生态环境并重的更综合的复合系统,农业生态学的内容与科学地位也随之相应地变化。

参 考 文 献

- [1] 中国生态学会. 生态学与社会经济发展. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1989
- [2] 骆世明. 农业生态学. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1987
- [3] 郝道猛. 生态学概论. 台湾徐氏基金会. 1976
- [4] C. R. W. 斯佩丁. 农业系统导论. 兰州: 甘肃人民出版社, 1984
- [5] L. R. 布朗. 建设一个持续发展的社会. 北京: 科学技术文献出版社, 1984
- [6] L. R. 布朗. 第二十九天——人类发展面临的威胁及其对策. 北京: 科学技术文献出版社, 1986
- [7] 邓宏海. 新的农业革命——从工业化到生物化. 南宁: 广西人民出版社, 1986
- [8] F. A. 皮尔逊等. 世界的饥饿. 北京: 商务印书馆, 1981
- [9] 松尾孝岭. 环境农学概论. 农山渔村文化协会. 1982
- [10] Richard Lowrance. Agriculture Ecosystems, Unifying Concepts, 1984
- [11] Zev Navch. Landscape Ecology Theory and application. Springer-Verlag, 1983

第二章 农业的基本生态分析

长期以来人类不断通过改进技术系统来调控生态系统,以满足日益增长的农产品需要。因此,农业发展促使农业生态系统成为变化最快的生态系统。原始人类使用采摘和狩猎等简单技术系统;以后改变为栽种植物和驯养动物的农业技术系统。随着社会分工与贸易发展,人类希望用较少的人力生产出更多的产品;希望农业操作能减轻体力消耗,农业技术加强了工具使用和人力以外的动力使用。现代,人类开始认识到农业生产是复杂的系统过程,需要协调生产技术措施与承受这些措施的环境之间的生态关系与经济关系;既需要优化技术也需要优化生态环境,以实现农业的高效率与持续发展。

第一节 农业发展的背景变化

持续发展是要既满足当代人的需要,又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展。但在当今农业发展的背景中,出现了许多危及持续发展的因素。为实现农业持续发展而建立的农业生态系统,应该面对这些背景变化并采取相应的措施。

一、世界背景的变化

农业发展在国家间、地区间以及不同时期是不均衡的。就世界而言,从本世纪50年代到70年代发展比较顺利,粮食增产超过人口增长速度。以后,农业发展缓慢下来,粮食不足引起广泛的忧虑,因为它不是偶然的气候原因,而是世界农业发展的基础背景(包括中国在内)发生了变化。

1. 人口增长过快。世界人口仍呈指数曲线增长。联合国统计表明:地球上从人类出现到19世纪初,大约经过200万年达到10亿人;第二个10亿在1930年达到,大约经历110年;第三个10亿人口是1960年,仅用30年时间;第四个10亿是1975年,经历15年;第五个10亿人口是1988年,只用13年。预计2000年世界人口将为62亿~64亿,比1960年的30亿增长1倍多,如果人口增长不能大大减缓,则下个世纪的耕地、粮食、能源、淡水等许多资源将难以承受。人口与资源的这种发展趋势是困扰世界农业发展的重要根源,并使农业陷入了最大的困境。在接近承载极限时,世界必将出现因争夺生存资源和财富的大动荡。

2. 人均耕地在减少。从农业发展初期直到本世纪中叶,世界耕地面积的增多与世界人口增长的趋势大致相近。50年代开始世界耕地面积的增长开始减缓,平均每年不到1%,不足人口增长率的一半。70年代耕地年增长为0.3%;80年代为0.2%。大约占世界人口三分之一的国家(包括中国、法国、意大利等),从50年代或60年代开始耕地逐年减少。按人均占有粮食耕地面积计算,1950年世界平均每人0.24hm²,至1983年人均均为0.15hm²,