

农业生态

经济系统分析

徐建华 段锦山 著



→05

兰州大学出版社

内 容 提 要

本书以生态经济学原理为指导,运用系统科学原理和系统分析方法,对农业生态经济系统作了较为全面深入地研究。全书共分为七章:一、农业生态经济系统分析概述;二、农业生态环境分析;三、农田生态经济系统分析;四、森林生态经济系统分析;五、草地生态经济系统分析;六、渔业生态经济系统分析;七、区域农业生态经济系统分析。

本书可供从事农业、生态、经济、地理及环境科学等领域的有关科研人员参考,亦可作为有关高等院校师生的教学参考用书。

序 言

我有幸拜读兰州大学地理系徐建华和甘肃草原生态研究所段舜山二位同志合作撰著的《农业生态经济系统分析》书稿，我认为这是一部不可多得的好书，特向广大读者推荐。

我本人是农业部甘肃草原生态研究所教授，从事草原生态学理论与实践研究，对于生态农业和农业生态经济问题也颇感兴趣且有所涉猎。因此，对于如此全面、系统、深入地农业生态经济系统研究论著，我自然是十分欣赏的。

本书共分七章，对农业生态经济系统作了全面、深入地研究。从其内容来看，它涉及到农业生态经济学的基本理论、农业生态环境、农田生态经济系统、森林生态经济系统、草地生态经济系统、渔业生态经济系统以及区域农业生态经济系统等各个方面，具有一定的深度和广度。从其研究方法和手段来看，作者广泛地吸收和运用了生态学、经济学、地理学、系统科学的有关理论、方法和系统分析的技术手段，作到了定性分析和定量分析相结合。论著中不但吸引用了他人的有关思想方法，而且也包含了作者富有创造性的研究成果。

本书的第一作者徐建华同志原毕业于兰州大学数学系，后来又考取了该校地理系自然地理专业区域开发方向研究生，在导师蔡光柏、艾南山二位教授指导下，以优异成绩毕业获硕士学位并留校在地理系经济地理教研室任教，他从事过多方面的研究工作，取得了多项科研成果。作者段舜山同志曾毕业于甘肃农业大学草原系，现在甘肃草原生态研究所任《草业科学》杂志副主

编。他在搞好本职工作的同时还参加了许多科研项目，完成了多项科研成果。他们二人合作的这部论著代表了当前国内外农业生态经济学研究的较新动向，具有较高的水平。可以相信，这部著作的出版一定会对从事这一领域研究工作的同志起到很大的帮助作用，也必将对推动我国生态经济学问题的研究产生重大的影响。



1991年5月1日于兰州

前 言

人类农业的发展基本上经历了四个阶段，即原始农业、传统农业、现代农业（亦称石油农业）和生态农业。

原始农业是人类初期的农业，其生产力水平十分低下。在原始农业阶段，人类开始饲养某些野生动物和种植某些野生植物，开始了最初的农业生产活动。“刀耕火种”是原始农业的基本特征。这一阶段，在人与自然的关系上，人类基本上是单纯地利用自然，向自然界索取物质和能量而不给以补偿。但是在这一阶段，人类对自然界索取的要求不高，生产技术手段还比较落后，因此对自然生态系统的破坏不大。

随着人类生产力水平的提高，“铁犁牛耕”对“刀耕火种”生产方式的代替标志着传统农业的诞生。在传统农业时期，耕作技术已有了一定的改善，人们已经采用了整地、育苗、除草等措施。在人与自然的关系上，人们已懂得了给土壤浇水、施肥，实行水分和养分的还原。但这一时期的农业还处于经验的阶段，其发展也受到生产力水平的限制；农业生产还处于封闭的落后状态。

到了现代农业阶段，先进的科学技术（包括杂交优势的种子革命，化肥、农药的使用，以及喷灌技术的利用）使生产力获得迅速发展，超过了前两个农业发展阶段的一万年，单产提高了3倍，饲料报酬提高了1倍多，劳动生产率提高了20多倍。

人类农业从原始农业向传统农业，再向现代农业发展，是农业生产发展的必然趋势。但是现代化的高投入却使农业生产的成本大大增加，据统计，1951—1966年期间，世界食品生产量增加了34%，为此而使氮肥生产增加了146%，杀虫剂增加了

300%，用于生产动力燃料的石油每年要消耗 6 000 万吨以上。同时，由于大量地施用化肥和农药，导致了土壤的严重退化，湖泊、河流、海湾已在很大程度上被污染。据生态学家统计，目前已有 280 种哺乳类动物，350 种鸟类和 2 万种植物毁灭于生态环境的破坏。其次，掠夺式的人口行为及不合理的生产经营措施也加速了土壤的自然侵蚀过程，据资料表明，自人类实行耕作制度以来，已有 20 亿公顷的农田毁于土壤侵蚀。

随着生产的专业化、现代化程度的提高，石油农业的种种弊端逐渐暴露出来，在无数严酷的事实面前，人们终于从本质上认识到农业是生态的农业。在这种认识下，世界上许多国家都先后进行了一系列有益的探索，提出了“有机农业”、“生物农业”、“生物动力农业”、“自然农业”、“素食农业”、“长寿农业”、“荷华德—巴尔夫农业”、“雷曼里一波塞农业”、“马荷达荷农业”等等。其中，生态农业的设想与试验，由于出现了一批成功的实例，特别是菲律宾的玛雅“生态农场”和日本的“四维农业”获得了显著成功，因而誉满全球，日益受到各方重视。

我国农业虽然具有悠久的历史，但由于长期以来受“殖谷即农”的传统思想的影响，掠夺式的单一经营方式破坏了生态平衡，导致了农业生态环境恶化，从而使农业生产走上了恶性循环的道路。面对这些严峻的现实，我国农业的出路何在？十几亿人口的吃饭问题如何解决？针对这些问题，我国有关方面的学者也提出了一些生态农业的理论模式与实践设想，在这些理论模式和实践设想的指导下，也涌现出了一批成功的实例，如“基塘生态农业”、“草地生态农业”、“农林牧复合生态农业”等。这些成功的实例都充分显示了生态农业在我国“生根”、“开花”、“结果”的强大生命力。

但是，在生态农业理论模式与实践研究过程中，一些学者注重了农业的生态学本质，却忽视了农业的经济学本质，因而他们

依据生态学原理,根据农业生态系统物质循环和能量流动的特点,把生态农业模式设计成为以生物取食结构——食物链为中心环节的封闭系统模式,缺乏社会经济系统的调控与信息反馈机制。由此,一些学者也谴责生态农业是农业发展的倒退,是不足取的。

在总结了农业发展的各个阶段成败的经验教训之后,人们已经深刻地认识到农业的本质既是生态的农业又是经济的农业,农业再生产过程是具有生态和经济双重属性的。这正如马克思所言“经济的再生产过程,不管它的特殊的社会性质如何,在这个部门(农业)内,总是同一个自然的再生产过程交织在一起”。在这种认识下,国内外有关方面的学者对农业生态经济学的理论与实践问题作了许多有益的探讨。本书就是作者在吸收了国内外有关学者已有研究成果的基础上,结合自己近几年来科研成果,奉献给广大读者的一部拙作。由于作者水平有限,错误在所难免,欢迎各位学长、同仁及朋友们指正。本书的写作出版,得到了张林源教授、任继周教授、蔡光柏教授、艾南山教授、顾恒岳教授、葛文华研究员等专家的热情指导与帮助。艾南山、顾恒岳二位教授不辞劳苦,认真阅正了书稿全文并欣然命笔向出版社作了推荐;任继周教授在百忙之中抽出时间为本书作了序言。此外,在本书出版过程中,也得到了兰州大学地理系主任李吉均教授、副主任石生仁工程师及农业部甘肃草原生态研究所有关同志的热情鼓励与大力支持。书中插图由兰州大学地理系韩品莲老师清绘。在此,我们敬向他们表示衷心的感谢。

作者

1991年5月1日

目 录

序言	(1)
前言	(1)
第一章 农业生态经济系统分析概论	(1)
第一节 农业生态经济系统的结构、功能和特征	(1)
一、农业生态系统	(2)
二、农业经济系统	(6)
三、农业生态经济系统及其结构、功能和特征	(8)
第二节 农业生态经济效益与生态经济指标体系	(13)
一、生态经济效益	(13)
二、农业生态经济指标体系	(20)
第三节 农业生态经济系统的科学技术进步分析	(23)
一、农业生态经济系统的科学技术进步	(23)
二、农业经济增长与科学技术进步的数学模型	(27)
第四节 农业生态经济系统调控	(34)
一、农业生态经济系统的调控机制	(34)
二、农业生态经济系统调控的层次、途径和方法	(41)
第二章 农业生态环境分析	(44)
第一节 农业生态环境适宜度理论及其应用	(44)
一、生态位及其测度	(45)
二、农业生态环境适宜度及其动态过程	(47)
三、应用实例：甘肃黄土高原区农业生态环境分析	(53)

第二节 农业环境灾害分析	(62)
一、农业环境灾害的类型及其危害	(62)
二、农业环境灾害预测的 GM (1, 1) 模型	(70)
第三节 人类活动对农业生态环境演化的影响	(82)
一、农业生态环境演化过程中的人类活动	(83)
二、人类活动对农业生态环境影响的数学模型	(84)
三、实例分析	(87)
第四节 农业生态环境评价的专家系统	(92)
一、问题的提出	(92)
二、农业生态环境评价的目标、原则和指标体系	(93)
三、农业生态环境评价专家系统的结构和功能	(95)
第三章 农田生态经济系统分析	(101)
第一节 农田生态经济系统的构成及特征	(101)
一、农田生态经济系统的构成	(101)
二、农田生态经济系统的调控	(103)
三、农田生态经济系统的特征	(104)
第二节 农田土地利用与种植结构模型	(105)
一、土地面积最佳利用模型	(105)
二、最佳轮作模型	(107)
三、农作物布局模型	(109)
四、灰色线性规划在种植结构优化中的应用	(111)
第三节 农田最佳经济施肥模型	(117)
一、单一农作物农田的最佳经济施肥量	(118)
二、多种农作物农田的最佳经济施肥模型	(129)
第四章 森林生态经济系统分析	(132)
第一节 森林生态系统及森林生态经济系统的特征	(132)
一、森林生态系统	(132)
二、森林生态经济系统的特征	(138)

第二节 最大持续采伐量与最优采伐策略·····	(139)
一、最大持续采伐量模型·····	(139)
二、最优采伐策略·····	(144)
第三节 森林生态经济系统的调控·····	(146)
一、最优轮种周期: Faustmann 模型·····	(146)
二、最优间伐模型·····	(152)
第四节 人工混交林的树种构成模型·····	(159)
一、问题的提出·····	(159)
二、建模所需要的资料数据·····	(161)
三、人工混交林树种构成的数学模型·····	(161)
四、关于本模型的两点说明·····	(162)
五、模型应用举例·····	(163)
第五章 草地生态经济系统分析·····	(165)
第一节 草地生态系统的动态指标与放牧管理的优化模型·····	(166)
一、草地生态系统的动态指标·····	(166)
二、草地生态系统的生产流程与放牧管理的优化模型·····	(172)
第二节 草地生态经济系统动态仿真的 SD 模型·····	(179)
一、系统动力学模型的描述·····	(180)
二、建立草地生态经济系统动态仿真 SD 模型的步骤·····	(186)
第三节 畜群结构优化的数学模型·····	(187)
一、问题的提出·····	(188)
二、模型的建立·····	(189)
第四节 人工草地生态经济系统动态特征分析及优化调控·····	(194)
一、人工草地生态经济系统动态特征分析·····	(194)

二、人工草地生态经济系统的优化调控·····	(203)
第六章 渔业生态经济系统分析·····	(208)
第一节 渔业生态经济系统的类型及其特征·····	(208)
一、海洋渔业生态经济系统·····	(209)
二、陆地湖泊渔业生态经济系统·····	(210)
三、淡水人工养殖渔业生态经济系统的特征·····	(212)
第二节 渔业生态经济系统的动态模型·····	(212)
一、Schaefer 模型·····	(213)
二、渔业生态经济系统的动态模型·····	(217)
第三节 渔业生态经济系统的经营管理策略·····	(219)
一、渔业生态经济系统的经营管理·····	(219)
二、渔业生态经济系统的经营管理策略·····	(221)
第七章 区域农业生态经济系统分析·····	(236)
第一节 农业生态经济区域划分的原则和方法·····	(236)
一、农业生态经济区域划分的原则·····	(237)
二、农业生态经济区域划分的方法·····	(240)
第二节 灰色系统理论在区域农业生态经济系统分析 中的应用·····	(247)
一、灰色系统与区域农业生态经济系统·····	(247)
二、灰色关联度分析与区域农业生态经济系统分析 ·····	(250)
三、灰色局势决策在确定区域优势中的应用·····	(255)
第三节 区域农业生态经济系统的结构优化模型·····	(257)
一、区域农业生态经济系统结构优化的意义·····	(257)
二、区域农业生态经济系统的结构优化模型·····	(260)
主要参考文献·····	(266)

第一章 农业生态经济系统分析概论

本章作为农业生态经济系统分析概论，所探讨的主要内容包括如下几个方面：

1. 农业生态经济系统是由农业生态系统和农业经济系统耦合而成的复合系统。笔者从分析农业生态系统和农业经济系统入手，探讨了农业生态经济系统的结构、功能和特征。

2. 生态规律和经济规律所共同制约的客观存在是农业生态经济系统的基本规律。生态效益和经济效益相统一，是农业生态经济系统调控的基本要求。本章探讨了生态效益、经济效益和生态经济效益的内涵及衡量农业生态经济效益的标准，并对描述农业生态经济系统的生态经济指标体系作了讨论。

3. 科学技术手段是农业生态系统和农业经济系统相互耦合的媒介。这里探讨了科学技术进步及其在农业生态经济系统中的地位和作用，并建立了农业经济增长与科学技术进步的数学模型。

4. 农业生态经济系统也是一个生态—经济调控系统。我们对农业生态经济系统调控的机制和依据及其调控的层次和方法、途径作了讨论。

第一节 农业生态经济系统的结构、功能和特征

农业生产，从本质上来说就是利用动植物的生活机能，通过人工培育而获得各种农副产品的过程。因此以一定的农业生态经济系统具体形态而存在于人类社会中的农业生产，无论是从其发展的历史过程，还是从其现实的物质变换过程来看，都首先是一定的农业生态系统。也就是说农业的本质是生态的农业。如果把

发展经济建立在贪婪地向自然生态环境索取资源的基础上，以巨大地消耗自然资源和环境质量为代价，则必然要受到生态规律的惩罚。但是，农业经济系统仍是农业生态经济系统的主体。如果撇开农业经济活动、离开经济效益而去研究农业生态系统，则是本末倒置、得不偿失。因此，生态效益和经济效益的良好结合是建立农业经济系统理论的根本原则。

定性地分析农业生态经济系统的基本轮廓，揭示其结构、功能和特征是对农业生态经济系统进行定量化研究的基础。而农业生态经济系统是由农业生态系统和农业经济系统组成的复合系统，因此，为了揭示它的结构、功能和特征还需要从农业生态系统和农业经济系统的分析入手。

一、农业生态系统

(一) 农业生态系统及其构成要素

农业生态系统是由生命系统和非生物环境系统构成，并在特定的空间内由生命系统和环境系统二者之间通过不断的物质循环和能量流动的相互作用而形成的具有一定结构和功能的有机整体。

所谓生命系统就是动物、植物、微生物等各种生命有机体的集合。所谓非生物环境系统就是光、热、水、气、土以及各种无机和有机物质的集合。

农业生态系统的构成要素有非生物环境、生产者、消费者和还原者四大类。

非生物环境包括：太阳辐射能、温度等气候因子及其它物理因素；碳、氮、二氧化碳、氧、水及矿质盐类等无机物质；蛋白质、碳水化合物、脂类及腐殖质等有机物质。生产者主要是指自养的绿色植物。消费者主要是指以其它生物或有机质为食物的生物，即直接或间接依赖于生产者制造的有机物而生存的异养生物。这类生物以其取食的不同次序又可分为：草食动物（称为第

I级消费者),如马、牛、羊等;肉食动物,包括第一级肉食动物(称为第II级消费者)、第二级肉食动物(称为第III级消费者)、第三级肉食动物(称为第IV级消费者);寄生者,根据食性可以是草食动物,杂食类消费者,它们既吃植物又吃动物。人就属于这类消费者。当然在农田生态系统中,生物结构比较简单。比较完整的消费者序列(包括草食动物,一级、二级和三级肉食动物),只能在森林生态系统或草原生态系统中找到。还原者主要指细菌、真菌等微生物,也包括某些原生动物和腐食性动物。

非生物环境为生物的生存提供了所需要的环境因素。生产者通过光合作用使环境中的无机物转化为有机物,把太阳能转化为潜化学能,为一切生物提供能量来源。从生产者的角度来看,各级消费者是毫无贡献的,它们的存在仅使生态系统的食物链(Food chains)得以加长。还原者的功能是把复杂的动、植物残体分解为简单的化合物,最终分解为无机物质还原到环境中去,被生产者再次利用。

(二) 营养级和食物链

农业生态系统各种构成要素的相互连接方式构成了农业生态系统的基本结构。这种基本结构可以从形态结构和营养结构两个方面进行描述。

如果就农业生态系统的生命系统来看,动物和植物的种类、种群数量及空间配置、时间变化等,就构成了农业生态系统的形态结构。

农业生态系统内,各种构成要素之间以营养关系为纽带,可以建立起它的营养结构。这种营养结构把生物和生物及非生物环境紧密地联系起来构成了以生产者、消费者、还原者为中心的三大功能类群。在这三大功能类群中,生产者及各级消费者所包含的各种系统构成要素都因其生活机能及生理机能不同而分别处在不同水平的营养级(Trophic levels)上,各种不同水平的营养级

相互连接就构成了食物链，各种食物链相互交织又构成了食物网 (Food webs)。在食物网中，按营养级的顺序排列，形成生态金字塔 (Ecological pyramids)。如图 1.1 所示。

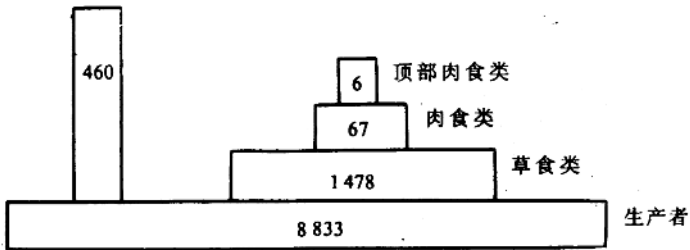


图 1.1 生产力金字塔 (单位: 千卡/米²·年)

(三) 物质循环、能量流动和信息传递

物质循环和能量流动是农业生态系统的两大基本功能，它们二者密切相关，不可分割地构成一个统一的生态系统功能单位。物质循环和能量流动都是在营养结构中进行的，食物链是农业生态系统中物流、能流的输送渠道。

在农业生态系统中，物质运动是循环进行的，其循环方式是：环境中的营养物质被生产者吸收，经过食物链，通过消费者的取食使物质逐级转移。各种有机物质最终由还原者分解成为无机物质又返回环境，供生产者再次吸收利用。这就是物质循环 (Biogeochemical cycles) 的模式。如图 1.2 所示。

物质循环的同时所伴随的能量运动称为能量流动 (Energy flow)。农业生态系统的最初能量都来自太阳能。通过绿色植物的光合作用把太阳能转化为化学潜能，然后沿食物链营养级单向、逐级向顶部流动，在每一个营养级上能量都有损耗。从一个营养级到另一个营养级的能量转化效率为 10%，即前一级总能量的 10% 左右被下一级所吸收。其余为呼吸所消耗，这就是林

德曼 (Linderman) 的“百分之十定律”。由此可见, 农业生态系统需要不断地耗散外界能量。

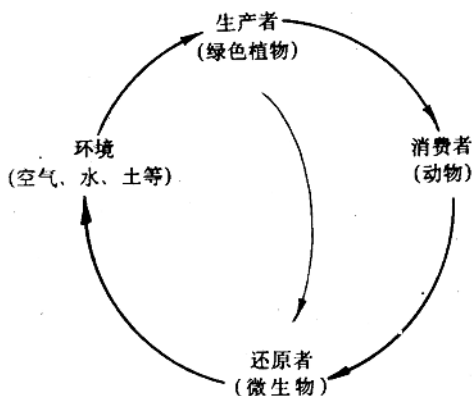


图 1.2 农业生态系统的物质循环

在物质循环、能量流动的过程中, 伴随着大量的信息传递, 这些信息包括物理信息、化学信息、生命信息、营养信息、行为信息。正是由于这些不断传递着的信息才使农业生态系统各构成要素之间紧密联系, 从而保证了物质循环和能量流动的有序性和无限性。

(四) 生态平衡

一个相对稳定的农业生态系统, 它总是呈现出一种相对的动态平衡状态, 这就被称之为生态平衡。生态平衡时, 生产者、消费者和还原者构成完整的营养结构, 并具有典型的食物链关系和符合能量流动的金字塔规律。

如果农业生态系统受到外界的干扰, 则其生态平衡就会受到影响。一般而言, 农业生态系统具有一定的负反馈机制或自我调控能力以维持系统的相对稳定。农业生态系统自我调控能力的大

小依赖于构成要素的多样性、营养结构的复杂性及物流、能流和信息流的畅通性。但是，农业生态系统的自我调控能力是有限度的，即不能超出系统的负载能力。超出了这个限度，系统的负反馈机制就会丧失，系统结构和功能就会被破坏，甚至导致系统崩溃。

(五) 农业生态系统的特征

1. 开放性 农业生态系统在其自身的发展演替过程中，不断与外界环境进行着物质、能量、信息（包括物理信息、化学信息、生命信息、营养信息、行为信息）的交换，因而是一个开放系统。

2. 耗散性 农业生态系统是具有在时间上和空间上都经历着不可逆过程，依靠外界能量（主要是太阳能）维持的耗散结构的系统。

3. 非纯自然性 农业生态系统是一个非纯自然生态系统，是受过人类活动的干扰、经过人工改造的生态系统。

二. 农业经济系统

(一) 农业经济系统的构成要素

农业经济系统是指农业生产力系统与生产关系系统在一定的地理环境和社会制度（上层建筑系统）下的组合。农业经济系统的运行过程受控于农业生产力系统、生产关系系统和上层建筑系统的运行机制。它们之间的相互关系可以用图 1.3 予以概括性的表示。

农业经济系统的构成要素有生产力系统的诸构成要素及生产关系系统的诸构成要素。生产力系统的构成要素包括三个层次。第一层次是劳动者、劳动工具和劳动对象；第二层次是劳动者方面的教育、科学技术、管理技能，劳动工具方面的基础设施、交通运输及劳动对象方面的各种农业资源；第三层次是各种服务，特别重要的是信息服务。生产关系诸构成要素包括生产资料（主