

博士论著

农林生态经济系统的 持续性研究

作者 朱建华

科学技术文献出版社重庆分社

内 容 提 要

本书以作者的博士论文为基础改写而成。

在深刻剖析世界农林业发展状况的基础上，作者综合运用了一系列最新的科学思想和方法，系统深入地研究了农林生态经济系统的持续发展问题。从系统熵变的视角角度，探讨了农林生态经济系统的形成、特征和演替过程；引入耗散结构理论，对农林生态经济系统持续发展的典范结构模式进行了理论和实证分析；在协同学原理的指导下，全面探讨了农林生态经济系统的三大协同功能及其实现途径；设计出了农林生态经济系统持续性综合评价的指标体系和三种可操作的数量方法；结合系统控制论原理，充分论证了农林生态经济系统持续性调控的目标模式、机制和策略体系。

本书结构严谨、论证严密、思路新颖、分析透彻，是一部深入探讨世界农林业持续发展道路的理论专著。适合作为大专院校生态经济学课程的专题教材，对农林院校师生，特别是研究生，科研和经济管理人员也具有重要的参考价值。

前 言

创造一个高效、优质、能良性循环和持续发展的农业系统是半个多世纪以来各国农业科学家苦苦探索的事业，农林生态经济系统的持续性研究正是由此而提出的一项世界性的研究课题。

农林生态经济系统是农林业的理论抽象。长期以来，国内外科学家对这一系统中的农林生态子系统进行了深入研究，但对农林经济子系统却疏于探索，从而在农林生态经济系统中，特别是在这两个子系统的结合部上，留下了不少难题。这也是农林结合这一农业发展的有效途径始终未能在实践中蓬勃展开的一个重要原因。

本书以农林生态经济系统即农林业的持续发展机理为研究核心，把农林生态经济系统放在整个国民生态经济体系的框架之中，从农林一体化的综合角度，对农林生态经济系统的形成和演替过程持续发展的基础和原理，系统的综合评价及其调节和控制一系列问题进行了全面而深入的探讨。旨在揭示农林业持续发展客观规律性，建立、丰富和拓展农林生态经济学的理论体系，为农林业生产实践提供有力的理论支持和指导。

本书是在笔者1989年所完成的博士学位论文的基础上编辑而成的。谨借此机会向我的导师叶谦吉教授致以衷心的感谢，是他引导我步入生态经济学的研究领域，指导我完成学业和学位论文，并促使本书顺利出版。

在本项课题的研究、论文撰写和出版过程中，刘书楷教授、王叔云教授、王锡桐教授、周纪伦教授、郑师章教授、李鸿同志、杨莹同志、曲福田同志以及美国加州大学的S.R. Cluessman教授和R.R. Harwood博士等曾给予指导、帮助和鼓励。特别是美国温洛克国际农业发展组织为本项研究提供了专项资助，笔者藉此一并表示感谢。

农林生态经济系统的持续性问题是一项难度颇大的研究课题，

为此笔者尝试着运用了许多新的科学思想和方法，并针对当前生态经济研究中的热点、难点和空白点，提出了许多新的概念、观点和方法。但由于时间的限制，加之作者才疏学浅，写入本书的一些观点也许大谬不然，恳请老一辈生态学家、经济学家以及广大读者不吝赐教。

作 者

一九九〇年春于重庆

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 农林发展的生态学反思	(1)
第二节 国内外农林业实践与研究概况	(6)
第三节 研究的意义、内容和方法	(10)
第二章 农林生态经济系统的形成和演替	(15)
第一节 农林生态经济系统的形成	(15)
第二节 农林生态经济系统的基本特征	(22)
第三节 农林生态经济系统的演替	(26)
第三章 农林生态经济系统持续性的基础	(33)
第一节 农林生态经济系统持续性的涵义与特征	(33)
第二节 农林生态系统的生物量	(36)
第三节 农林生态经济系统的多样性	(44)
第四节 农用资源的相对丰度和利用格局	(46)
第四章 农林生态经济系统持续性的原理	(70)
第一节 农林生态经济系统的结构模式	(70)
第二节 农林生态经济系统的协同功能	(100)
第三节 农林生态经济系统中的物能运动	(114)
第四节 农林生态经济系统的稳态	(132)
第五章 农林生态经济系统持续性的综合评价	(164)
第一节 农林生态经济系统持续性综合评价释义	(165)
第二节 农林生态经济系统持续性综合评价的理论依据	(168)
第三节 农林生态经济系统持续性综合评价的基本原则	(175)
第四节 农林生态经济系统持续性综合评价的指标体系	(184)

第五节	农林生态经济系统持续性综合评价的方法···	(189)
第六章	农林生态经济系统持续性的调节与控制·····	(194)
第一节	农林生态经济系统持续性调控的目的和任务 ·····	(195)
第二节	农林生态经济系统持续性调控的目标模式···	(196)
第三节	农林生态经济系统持续性调控的主要内容···	(202)
第四节	农林生态经济系统持续性调控的机制与策略 ·····	(220)
主要参考文献·····		(235)
英文摘要·····		(245)

CONTENTS

Chapter 1	INTRODUCTION	(1)
1.1	Ecological review on develop- ment of agro-forestry.....	(1)
1.2	A survey of practice and research on agro-forestry in the world...	(6)
1.3	The significance, contents and methods of this research project	(10)
Chapter 2	FORMATION AND SUCCESSION OF AGRO-FORESTED ECO- LOMICS SYSTEM.....	(15)
2.1	Formation of agro-forested eco lomics system.....	(15)
2.2	General characteristics of agro- forested ecolomic system.....	(22)
2.3	Succession of agro-forested ecolomics system	(26)
Chapter 3	THE BASES OF SUSTAINA- BILITY OF AGRO-FORESTED ECOLOMIC SYSTEM.....	(33)
3.1	Definition and characteristics of sustainability of agro-forested ecolomic system.....	(33)
3.2	Biomass of agro-forested ecological system.....	(36)
3.3	Diversity of agro-forested ecolomics system.....	(44)

3.4	Relative abundance and utilization pattern of agricultural resources	(46)
Chapter 4	SUSTAINABLE PRINCIPLES OF AGRO-FORESTED ECOLOGIC SYSTEM.....	(70)
4.1	Structure model of agro-forested ecolomic system.....	(70)
4.2	Cynergetic functions of agro-forested ecolomic system	(100)
4.3	The motion of matter and energy in agro-forested ecolomic system...	(114)
4.4	Homeostasis of agro-forested ecolomic system.....	(132)
Chapter 5	COMPREHENSIVE EVALUATION OF SUSTAINABILITY OF AGRO-FORESTED ECOLOGIC SYSTEM	(164)
5.1	The concept of comprehensive evaluation of sustainability of agro-forested ecolomic system.....	(165)
5.2	The theoretical bases of the comprehensive evaluation.....	(168)
5.3	The basic principles of the comprehensive evaluation	(175)
5.4	An index system of the comprehensive evaluation	(184)
5.5	Methods of the comprehensive evaluation	(189)
Chapter 6	REGULATION AND CONTROL OF	

SUSTAINABILITY OF AGRO-
FORESTED ECOLOGICAL SYSTEM... (194)

- 6.1 Aims and tasks to control the
sustainability of the system..... (195)
- 6.2 The goal model for controlling the
sustainability of the system (196)
- 6.3 The main contents of controlling the
sustainability of the system (202)
- 6.4 Mechanism and measures of
controlling the sustainability of
the system (220)

REFERENCES..... (235)

SUMMARY..... (245)

第一章 绪 论

第一节 农林发展的生态学反思

把林地变为农田的经营方式至今仍在世界上不少地方蔓延。尽管这种行为在人类社会的初期的确为不断增加的人口提供了生计，也曾经迎来过农业丰收和社会兴旺的繁荣景象。但是，勿容置疑，自氏族成员举起石斧开辟第一块林地伊始，人类便拉开了向大自然宣战的帷幕，人类与自然的对立也就从这里开始了。

在原始社会，人类经营农业是靠轮伐森林（包括烧垦）来维持的。由于那时的森林在面积和数量上足以使得在人们掠荒后有充分的时间休养生息，使森林资源得以重新恢复，以供人们再次垦用。因此，那时人与自然的矛盾并未充分暴露出来。

到了封建社会和资本主义社会，人口的不断增长，造成了对农业的极大压力，农田面积被迫扩大，并加以固定。此时，自然界已无足够的土地供人们轮换耕作，耕地长期得不到休闲。同时，农田的自然屏障——森林也在急剧减少，农作物产量呈边际下降，于是人们第一次尝到了粮食不足的苦头，这大约是在19世纪末年。在20世纪初，世界上开始了作物品种改良，确切地说，是以玉米杂交技术为先导的一场绿色革命，人称第一次绿色革命。这次绿色革命使世界粮食产量猛增，从而有力地缓解了世界人口的饥饿状况。自本世纪30年代开始，标志着第二次绿色革命的化肥、农药的普遍使用，进一步促进了世界粮食产量的增长，为缓和战后粮食供应紧张的状况起了极为重要的作用^①。然而，也正是由于第二次绿色革命以及50年代兴起的以喷灌技术为标志的第三次绿色革命，使得世界粮食产量在大幅度增长的同时，其持续增长的源泉——土壤

^① 叶谦吉：“生态农业——我国农业的一次绿色革命”，《农业经济问题》，1982年第11期。

的自然肥力大幅度下降，农业越来越依赖于化肥所提供的经济肥力的增长，从而使得土壤的结构日益恶化，风蚀、水蚀和污染日趋严重，粮食成本逐年上升，农田边际收益不断下降。能对这一情况提供说明的例子俯拾皆是。

现代工业文明在给人们带来好处的同时，也给农业的发展这一工业文明的基础蒙上了一层阴云。因为，由工业文明带来的酸雨不断地吞噬着农业的支持体系——森林和土壤。

据报道，波兰、捷克斯洛伐克各有50万公顷的森林正在遭受酸雨的危害，而西德森林的受害面积已占其森林总面积的1/3，我国受到酸雨侵害的森林面积也在不断增加。

近年来，农田土壤也在不断遭受酸雨的危害。酸沉降加重了土壤的酸性程度，降低了土壤中某些微生物的活性和土壤的缓冲能力，使土壤中维持生命的Ca、Mg、K等养分大量淋失；同时，土壤酸度的增加，也使与土壤成份无害地粘在一起的Al变得可溶并有害。

由于不断增长着的人口压力，迫使人们不断毁林开荒，陡坡垦植，增施化肥、农药，掠夺经营，结果使得大面积土地资源遭受到愈益严重的风害、水害、旱害、病虫害、污染等自然和人为灾害，土壤肥力不断下降。据联合国粮农组织估计，维系全球生态平衡的重要支柱——热带森林，现正在以每年1150万公顷的速度减少，然而每年人工造林面积却不到200万公顷。由于植被严重破坏，全世界每年水蚀面积达陆地总面积的31%，风蚀面积达34%，每年冲入海洋的肥沃表土达240多亿吨，因此而损失的良田每年达500—700万公顷，另有4000万公顷的灌溉农田不是水涝，就是盐碱化。预计到公元2000年，发展中国家为满足新增人口的需要，还将开垦8300万公顷土地^①，这对于业已严重恶化的农业环境系统，尤如雪上加霜。

如此严重的森林破坏、环境污染、水土流失，加上一些天灾人

^① 据《参考消息》报，1989年11月7日和12月8日。

祸，使得人类赖以生存的这片土地日益贫瘠，更难养活地球这条生命之舟上不断增长的人口。据世界银行估计，目前世界上约有10亿人（约占世界总人口的 $1/5$ ），还在忍饥挨饿，他们生活贫寒，营养不良，寿命较短。在非洲大陆，饥饿已成为缠绵灾民们的可怕“瘟疫”，而且，更为严重的是，世界人口还在不可遏止地增长着。虽然在过去的15年里，世界各国在控制人口增长方面做了不少努力，但真正取得实效的国家则不多。尽管几个欧洲国家，如联邦德国和匈牙利等实现了人口的零增长或负增长，另外一些发达国家也实现了人口的低度增长，如美国人口自然增长速度为0.70%，日本为0.62%。但是，由于人口基数占世界总人口三分之二的发展中国家没有多少采取了有效的人口控制措施，而且它们的人口年增长率高达3%左右。所以，今后若不采取有效的措施，世界人口的高增长势头将很难遏止。

我国人口占世界总人口的十分之一。所以，我国人口的增减对世界人口总量的变动有着举足轻重的影响。

然而，现在人们所面临的是森林面积不断缩小，耕地面积不断减少，土壤肥力不断下降。世界不少国家，包括中国在内，耕地资源的开发已近乎生态极限，在生态系统超载重负的情况下，哪怕是人口的少量增长，也可能使人类面临灭顶之灾。因此，摆在人们面前的首要任务，就是双管齐下，一手抓人口控制，一手抓农业建设，寻找出一条既能经济有效地提高粮食产量，又使环境得到良好保护的新的农业发展道路。

世界上不少学者早在20年前就认识到了农业所面临的困境，并积极地探索着种种摆脱困境的出路，他们把单项技术偶于整个农业系统之中，并从生态学和经济学的角度加以研究，自本世纪70年代以来掀起了一场轰轰烈烈的生态学运动。他们从单纯的耕作制度、良种培育、化肥农药研究的框框中跳了出来，从农业生态系统的角度来考察农业的发展问题，尝试着找出一条在不投入或少投入资本的前提下，通过秸秆还田，增施有机肥，利用农田的自组织能力来获取高产，并维持农业持久发展基础的种种替代农业模式

(*alternative agricultural model*) 或称持续农业模式 (*Sustainable agricultural model*)。这些替代农业模式包括目前在世界上不少地方盛行的,并取得一定成效的“自然农业”、“有机农业”、“生物动力农业”和“生态农业”等。这些既不同于现代石油农业又有别于传统农业的替代农业模式,尽管在称谓上各不相同,但其基本内容、方法和目的则大同小异。它们都强调不使用或少使用化学合成品,通过生物措施,充分发挥和利用生态系统的自组织、自调节、自适应功能以及生物间相生相克的关系,在保护土壤生物多样性和土壤自然肥力的基础上,创造一个优质、高效、无污染、能良性循环和长久维持的农业生态系统。

在国外,特别是在西方国家盛行的这些替代农业模式,无论在理论上,还是在实践中大都着眼于微观和技术措施方面;而近几年来在我国兴起的生态农业,则把宏观与微观结合起来,不仅在微观上进行多层次的物质循环利用,提高物质转换和能量利用效率,建立微观的生态系统的稳定性;而且在宏观上不断调整生态经济系统的结构,协调系统的生态—经济—技术关系,促进整个生态经济系统的稳定、有序和协调发展,建立宏观的生态经济系统稳定态。以使在保持自然生态环境的同时,以较少的投入生产出量大、质优、品种丰富的农副产品。

因此,我国的生态农业既是我国传统农业的继承和发扬,又是现代农业科学技术的结晶。它使我们一开始就从系统的视角来把握农业的发展方向,并恰当地处理了传统技术和现代技术、微观与宏观、资金技术集约和劳动集约、环境保护与农业发展之间的一系列关系。

农业生态经济系统的持续性研究正是我国生态农业这一持续农业理论模式研究的一个有机组成部分,并是我国进行了十年之久的生态农业理论研究的进一步深化。

原始农业在森林中兴起,并一直吮吸着“森林的乳汁”。尽管人们对此熟视无睹,甚或置若罔闻,但是滥砍乱伐森林给农业带来的恶果,却从反面无可辩驳地证实了森林在农业中的基础作用。

把农业与森林结合起来，充分保护现有森林或用人工植树的办法创立“农林复合生态系统”，以求农田稳产、高产的实践不仅在中国，而且在世界上不少地区，如东南亚、中美洲和非洲等地已经持续了几十年，甚至上百年的时间，实践证明，这种做法是可行的、有效的。相信这种办法的推广，不仅可以使广大农民受益，而且可以使整个社会受益的学者越来越多。但把这些做法加以总结和提高，从理论上加以系统的分析，并预示当把森林重新植入农田或把农田纳入森林的保护之下，对于整个农林生态系统的演替进程和方向将发生什么影响，如何来引导这种演替向着自然—人工顶极的方向发展以及系统发展的动力和基础、结构和功能、评价和调控等方面的论著简直是寥若晨星。

我们意识到这个问题的重要性并提出来加以研究，也仅仅是一个初步尝试。并且，我们认为，哺育人类上万年的传统的农业生态系统的衰退，是日益增长着的来自经济系统（包括人口）的压力造成的，是农田生态系统和森林生态系统与经济系统人为地严重割裂的恶果。因此，在研究农林复合生态系统的过程中，我们不能忘却仍在持续增长着的来自经济系统的压力。这一事实，促使我们把上述两个系统结合在一起进行全面而系统的考察，对于上述任何一个系统的单独的、多么精深的研究，都于我们所面临的实际问题的解决无补。正如世界粮农组织的M·A·弗洛里·罗达斯所说：“一旦我们大家都相信这一点，即为了森林的生存，其居民必须首先得以生存，我们就将达到两者都能够长久生存的境地”^①。

农林生态系统与农林经济系统有机地组合起来所形成的农林生态经济系统是一个异常复杂的大系统。在理论上深入探讨这一系统演替的动因、阶段和方式，系统持续发展的基础和原理，掌握系统持续性的调控机理，从而把握农林生态经济系统的状态和运动规律，以便更好地指导农林实践，并摸索出一条农业持续发展的道路，这是我国乃至世界农业发展的共同愿望。

^① 引自莱斯特·R·布郎主编：《纵观世界全局——1985》，中国对外翻译出版公司1986年版，第148页。

第二节 国内外农林业实践与研究概况

在世界上，对于农林生态系统的研究不过是近20年来的事，但农林结合的实践和思想，却有着十分久远的历史。

在我国西汉年间人们就懂得：“欲知其地，物其树”（西汉·《淮南子》）的道理。西汉贡禹也曾说过：“斩林木亡有时禁，水旱之灾未心不繇此也”（《汉书·贡禹传》）。这证明我国人民早在2000多年以前，就认识到了森林与农业生产的关系。到了明朝（1368—1644年）中叶，在珠江和长江三角洲兴起了果基鱼塘和桑基鱼塘等，这些都是小规模农业生态系统的原始范例。到了18世纪末叶，苏格兰人开始在受强风袭击的濒海地区营造防护林带，从而促进了这一地区农业的开发，19世纪在英格兰东部荒地防护林得以推广，并证明了它的增产作用。随后，德国、匈牙利和瑞士等国也开始营造防护林，目的是创造一个可以居住、牧畜和耕种的生态环境；19世纪中叶，缅甸农民开始有意识地把乔、灌、草本作物结合种植，从而形成了具有完整意义的农业复合生态系统，有人将其称之为混农林业或农林业。后来，这种经营方式由亚洲传到非洲和拉丁美洲乃至世界各地。非洲萨赫拉的农民在农田里栽种耐旱的金合欢树，这种树可以吸取地下深处的水分和养分，其根系可以固氮；在旱季金合欢树枝叶繁茂，可以阻挡烈日曝晒，减少水分蒸发，保护地表；在雨季树叶脱落，充作有机肥料。当地农民就是利用金合欢树的这些特性，与农作物进行混作。实践证明，这样做不仅不会影响农作物的正常生长，而且还可以提高土壤肥力，并可使农田产量提高20—50%^①。在西班牙的马略卡岛上有90%的农田都在实行林粮间作，上层是无花果、杏、橄榄、栎树，下层是大麦或小麦。中美洲一些农民模仿森林的多层结构，在小区上（不超过0.1公顷）把20多种作物配置成不同的类型，

^① 贺曼文：“农林结合发展林业”，《世界农业》1983年第11期。

如椰子或木瓜等占上层，香蕉、柠檬占中层，下层为可可、咖啡等灌木，再加上每年一熟的玉米、豆类间作。许多学者认为，农林间作比单独林业或农业可以更有效地利用土地，并可使农业获得稳产高产，增加农民收入。如我国江苏省邳江县在水稻田里种池杉，每亩28株或18株，每亩水稻年产量达480公斤，比不种池杉的大面积水稻田亩产高出80公斤^①；在我国北方，干旱地区愈是多风的年份，护田林网的增产效益越明显，一般能增产25—50%^②；意大利波河平原的人工杨树林系统实行林粮间作的净收入几乎是一般单纯种植农作物纯收入的一倍^③。

农林业以其良好的经济效益和生态效益，使得长期以来在亚、非、拉的一些发展中国家实行的轮垦或游牧制度相形见绌。据估计，这些发展中国家受轮垦影响的土地面积达36亿公顷，占其耕地面积的25%，要减少约2.5亿人口粮食的生产。受轮垦影响的森林面积占其森林总面积的17%。近几十年来，随着人口的迅速增长，轮垦周期被迫缩短，从而使得土壤肥力更难恢复，水土流失不断加剧，粮食产量逐年下降。而人们对粮食的需要却在不断增长，为了满足需要，人们被迫毁林开荒，扩大耕种面积，这样就使得水土流失更加严重，产量下降更难遏止，形成恶性循环^④。

发展中国家为了跳出这一“死亡圈”，寻求农业持续发展和繁荣的出路，纷纷推广农林业。于是，近20年来在印度、孟加拉、印度尼西亚、斯里兰卡、菲律宾、尼日利亚、肯尼亚、加纳、乌干达、拉丁美洲的一些国家，农林业已成为一种引人注目的经营方式。

农林结合，以林养农，以林促农的经营方式，不仅在发展中国家，既使在一些农业发达国家也倍受关注，并得以推广。1934

①邓宏海著：《新的农业革命——从工业化到生物化》，广西人民出版社1986年版，第226—231页。

②谢京湘等：“农林复合生态系统研究概述”，《北京林业大学学报》1988年第1期，第107页。

③参考文献同上页①。

④同②

年席卷美国的“黑风暴”从美国西部干旱地区刮走了3亿吨表土，迫使美国在其总统罗斯福的亲自倡导下，于该年7月开始实施了营造防护林带的庞大计划，到1942年营造起了由犹他州至得克萨斯州的长达2.98万公里的防护林带，美国人自豪地把它称为“当代中国的长城”。到1982年，美国的防护林面积已达66万公顷，从而为美国的机械化农林提供了良好的生态屏障。

苏联是世界林业发达国家，全国森林面积达7916亿公顷，森林覆盖率为34.6%，人均森林面积3.06公顷。但是由于农业的长期开发，滥砍乱伐森林，使一些地区，特别是西北干旱地区水土流失极为严重，农林明显受损。据统计，苏联有3/4的耕地面积因水蚀和风蚀而经常减产。为了改变这一状况，他们较早地营造了大面积的农田防护林带。目前，苏联已有2000万公顷的农田在森林的防护之下，林带每年使谷物和向日葵增产400万吨，使饲料和块根作物增产1700万吨，从而使贫困地区的农业发生了转机。

我国是实行农林业较早的国家，从明朝中期至今已有400多年的历史。我国北方一些地区长期以来一直实行林粮间作、桐粮间作和枣粮间作等种植制度，并取得了良好的生态效益和经济效益^①。

随着农林业在世界各地蓬勃发展，世界上一些研究和推广机构也相继出现。1977年由加拿大国际开发局、国际开发研究中心、荷兰海外合作部、瑞士经济合作部等共同投资在内罗毕设立了“国际农林研究会”(ICRAF)，之后，洛克菲勒基金会、世界银行等组织也纷纷参加，形成了一个颇具规模的国际性组织。该研究会的宗旨是：确立对发展中国家的环境无破坏因素存在的最佳土地利用法，并通过推动农林结合，对发展中国家的社会经济发展与营养改善状况作出贡献^②；随后，联合国粮农组织成立了热带农

①谢京湘等：“农林复合生态系统研究概述”，《北京林业大学学报》1988年第1期，第107页。

②黎红旗摘译：“发展中国家农林结合问题”，《国外种草种树资料汇编》，中国科学院兰州图书馆情报室编，1984年。