

孟 平 张劲松 樊 巍 著
高喜荣 辛学兵

农林复合生态系统研究



科学出版社

www.sciencep.com

农林复合生态系统研究

孟 平 张劲松 樊 巍 高喜荣 辛学兵 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书以太行山低山丘陵区为例,系统地总结了作者近8年来对农林复合生态系统研究的成果,主要包括适生高效植物材料选择、结构配置与优化模式、营建和经营管理技术、种间关系、水分生态特征、综合效益的计量与评价、景观生态格局等相关理论及技术内容。资料丰富,数据翔实可靠,紧密结合当前生产实践和生态环境等重大问题,可为太行山低山丘陵区生态工程建设、农业产业结构调整与优化提供一定的理论依据和技术支持。

本书可供林学、农学、生态学、土壤学、水土保持学等相关专业的师生、科研人员及林业工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

农林复合生态系统研究/孟平,张劲松,樊巍等著. —北京:科学出版社, 2004

ISBN 7-03-013211-4

I. 农… II. ①孟…②张…③樊… III. 农林-生态系统-研究 IV. ①S181②S718.55

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 037970 号

责任编辑:莫结胜 邱 璐/责任校对:包志虹

排版制作:科学出版社编务公司/责任印制:安春生/封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年7月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2004年7月第一次印刷 印张: 15 1/4

印数: 1~1 500 字数: 294 000

定价: 40.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(新欣))

前 言

太行山耸立在华北大平原西侧的晋、冀、豫、京3省1市的交界处,地域涉及110个县市,总面积达12.0万 km^2 ,是黄河和海河部分支流的发源地。历史上此地曾是森林繁茂的富饶之地,由于自然环境的变迁和长期的战乱,加上人类经济活动过度频繁、乱砍滥伐,致使森林植被遭受严重破坏,水土大量流失,逐渐形成了大量的荒山秃岭,山区生态环境变得十分脆弱。太行山的植被恢复与重建对于改善生态环境和振兴山区经济,根治黄河、海河,减少华北平原和京津地区旱涝灾害发生,保障人们生活和生产的安全,具有重要的战略意义。因此,太行山林业生态工程被列为我国重大林业生态工程之一。由于林木生长周期长,经济效益滞后,山区经济又比较落后,因此若普遍营造单一的水保林或用材林,将会影响农民治理山区的积极性,且难以发挥林木的前期生态、经济效益。而且,在太行山低丘陵区,人多地少的矛盾本已比较突出,为解决吃饭问题,开荒辟地、毁“林”还“田”的现象时有发生,这种以牺牲生态环境为代价的发展道路只能加重“贫困—砍伐森林—环境恶化—再贫穷”的恶性循环。一方面,人们要生存→需要吃、穿→需要更多的耕地→需要开发(垦)山地→进而达到生存的目的;另一方面,开发(垦)山地(毁林)→造成水土流失加重→土地退化→农业生态环境变坏→粮食减产→吃、穿、水减少→影响人们生存。所以,既要生存,要实现山坡地的高产出,又要保护环境、防止土地退化,就需要二者之间在某一界定值上达到平衡。因此,怎样协调农林业用地矛盾,在加强生态环境建设的同时,如何发展粮食生产、振兴农村经济是太行山林业生态工程建设及农业产业结构调整所面临的主要问题。解决问题的指导思想应该是长、中、短期效益相结合,生态、经济和社会效益相结合,其重要的途径之一就是发展农林复合系统。

农林复合系统(agroforestry)又可称复合农林业,既是一种传统而新兴的土地利用方式,又是一门新型的边缘性及交叉性学科,在解决当今世界“人口—资源—粮食—环境”间的尖锐矛盾中,正日益发挥重要的作用,是处理好农业与林业之间的相互关系,达到水土保持、提高资源利用率和增强农业抗逆功能的重要途径之一。

为此在“九五”、“十五”期间,以太行山主要类型区(石灰岩区)为例,开展了太行山低山丘陵区农林复合系统配套技术的研究与示范,旨在通过农林复合系统适生高效植物材料选择、种间关系特征、结构配置与优化模式研究、营建和经营管理技术、综合效益的计量与评价、农业景观生态格局等相关理论及技术内容的研究,建立林果、林经、林牧、林药、林粮相结合的高效复合经营系统及其技

术体系,以保持水土、提高资源利用率、增强农业抗逆功能,促进农业可持续发展。

我们根据攻关研究主要内容及目标,确定了如下的研究思路及技术路线:根据太行山低山丘陵区的气候、地貌、地形、植被等特点,经实地规划,首先将试验区划分为三个农林复合系统功能区:上部为山地水土保持林(林草牧复合经营区),在此区域主要是乔、灌、草结合,沟凹区实行林果化和林草牧相结合的立体复合经营模式;中部坡地为高效农林复合经营区,建立以经济林木为主、持续高效的农林复合经营模式和复合生物地埂工程;山前平原为高效农业区,结合村庄绿化建立生态经济景观型农林复合经营模式。然后,开展植物材料选择、复合系统结构配置与模式优化、经营管理技术等方面的研究,旨在为太行山低山丘陵区农林复合系统的建设提供科学的样板模式及完善的配套技术,并考虑水资源紧缺是限制该地区农业、林业可持续发展的主要生态要素,以及农林复合系统中农林争水现象等现实问题,分析典型复合模式种间水分关系及水分生态特征,同时对各典型模式综合效应进行系统的研究,以便为模式的优化,系统结构及管理技术的调整、示范与推广提供一定的理论依据。最后,从宏观的角度对试验区所在地的农业景观生态格局进行动态分析,为当地林业生态工程建设、农业产业结构调整以及区域农业的发展提供重要的科学依据。

本试验研究与示范区“太行山低山丘陵区农林复合系统综合配套技术试验研究与示范区”地处河南省济源市裴村($35^{\circ}11'N$, $112^{\circ}03'E$),该试验区也是国家自然科学基金资助项目——“果粮复合模式耗水特征及其对土壤水分作用机理的研究(39770624)”的主要试验基地。该试验区位于太行山南段南麓,地处温带大陆性季风气候区。全年日照时数为 2367.7h,年日照率为 54%,总辐射量为 $494.88\text{kJ}\cdot\text{cm}^{-2}$ 。稳定通过 0°C 的多年平均积温为 5282°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的多年平均积温达 4847°C ,可满足一年两熟耕作制度。历年平均降水量 641.7mm,受季风气候的影响,年内季节性分布不均匀。6~9 月份多年平均降水量为 438.0mm,占全年的 68.3%,尤其集中在 7~8 月份,占全年的 44.3%。试验区土壤以石灰岩风化母质淋溶性褐色土为主,土层厚度为 50~80cm, pH 为 6.8~8.5,石砾含量为 10%~18%,有机质含量在 1.0%左右,速效氮 $21.4\sim 80.0\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效磷 $5.4\sim 16\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾 $60\sim 103\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。试验区总面积为 1302hm^2 ,其中农业用地 420hm^2 ,林业用地 720hm^2 ,牧坡地 122hm^2 ,岩石裸露地 40hm^2 。经过多年的研究与建设,试验区现已初步形成“水保林盖帽、经济林缠腰、防护林坐底”的生态经济型农林复合试验示范区。

通过 8 年的研究及示范证明,所确立的研究目标及内容符合当前太行山低山丘陵区生态林业工程建设、农业产业结构调整战略和农村社会经济发展的迫切需要,对缓解农林用地矛盾,提高经济效益和人民生活水平,促进太行山区生态、经济的可持续发展,加快脱贫致富奔小康步伐有着重要的意义;并在复合系统水

分生态特征、药用植物光合及水分生理生态特性、果树冠层净辐射分形特征等方面取得了重要的进展，为高效农林复合系统的发展提供了重要的理论依据。

本项研究由国家“九五”攻关专题(96-007-04-05)、“十五”攻关课题(2001BA510B04)、国家自然科学基金项目(39770624)资助。在此表示衷心的感谢。

本书涉及内容多，综合性较强。限于我们水平有限，加之时间仓促，错漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

目 录

前言

第一篇 综 述

第一章 农林复合系统崛起的历史背景及基本内涵	3
第二章 农林复合系统的发展状况	9
第一节 世界各地农林复合系统的发展状况	9
第二节 中国农林复合系统发展历程概述	12
第三章 中国农林复合系统发展机遇与研究展望	19
第一节 中国农林复合系统发展机遇	19
第二节 中国农林复合系统研究展望	25
第四章 植物蒸散耗水量计算方法综述	28
第五章 农林复合系统水分生态特征研究述评	33

第二篇 农林复合系统植物材料选择

第六章 生态经济型树种选引试验	41
第一节 山茱萸幼林叶片光合及水分生态特性研究	41
第二节 杜仲蒸腾耗水及气孔特性的研究	47
第七章 经济林新品种的选引	52
第一节 优质鲜食大枣新品种引种栽培试验	52
第二节 早、中、晚熟桃新品种引种栽培试验	54
第三节 老苹果园高接换头新品种选引试验	55
第四节 凯特杏的选引试验	56
第五节 紫李选引试验	58
第八章 中药材植物材料的选引试验	60
第一节 板蓝根叶片光合及水分生理生态特性的研究	60
第二节 果药复合模式 10 种药材产量及产值的比较	66
第九章 农林复合系统适生牧草筛选试验	67
第十章 农林复合系统适生作物品种的筛选试验	70

第三篇 农林复合模式配置与优化

第十一章 农林复合系统结构优化及功能区配置	75
-----------------------------	----

第十二章	林麦复合模式合理经营年限的界定	77
第十三章	幼龄果粮间作优化模式的初步研究	80
第十四章	柿农复合经营模式的初步研究	85
第十五章	复合农林模式的对比研究	90

第四篇 农林复合系统植物材料选择与经营管理技术

第十六章	农林复合系统营建与管理配套技术研究	97
第十七章	杏早实丰产集约栽培技术研究	104
第十八章	杏成龄低产树综合改造技术研究	107

第五篇 农林复合系统种间关系与水分生态特征

第十九章	农林复合系统根系时空分布特征	111
第一节	苹果-小麦复合系统根系时空分布特征	111
第二节	石榴树吸水根根系空间分布特征	122
第二十章	果粮复合系统中单株苹果蒸腾需水量的计算	128
第二十一章	苹果-小麦复合系统小麦潜在蒸散模型的研究	133
第二十二章	苹果-小麦复合系统水分生态特征的模拟研究	140
第一节	复合系统 SPAC 水分运移模型的建立及验证	141
第二节	单作小麦系统 SPAC 水分运移模型的建立及验证	154
第三节	模型的应用——水分生态特征分析	156
第四节	结论与讨论	164
第二十三章	果树冠层太阳总辐射与净辐射间分形特征的关系分析	167

第六篇 农林复合系统生态效应与经济效益

第二十四章	果-草复合系统生态经济效应的研究	175
第二十五章	苹果-平菇复合系统生态经济的研究	180
第二十六章	农林复合模式水文生态效应	185
第二十七章	苹果-生姜间作系统综合效应	188

第七篇 景观格局和景观生态研究

第二十八章	太行山低山丘陵区景观格局分析——以济源市为例	195
第二十九章	济源市景观生态规划与设计初步	211
第三十章	太行山区景观变化的特征分析——以河南省济源市为例	220
参考文献		228

第一篇 综 述

第一章 农林复合系统崛起的 历史背景及基本内涵

农林复合系统是一种传统而新兴的土地利用和经营方式,在解决农林用地矛盾、改善生态环境、提高自然资源利用效率、促进农村经济发展等方面具有重要的实践意义和理论价值。最近几年来,不仅是亚非洲发展中国家,欧美一些发达国家也十分重视农林复合系统的研究。目前,农林复合系统已成为一门新兴的边缘性学科,出现在农业科学和林业科学的交叉领域,为农业和林业可持续发展提供新的思维和新的领域。本章将概述农林复合系统崛起的历史背景及基本内涵,以期促进农林复合系统的发展。

一、农林复合系统崛起的历史背景

农林复合系统是一种传统的土地利用和经营方式,其实践历史与古代农业的发展基本平行,但其实践意义和理论价值长期以来未能得到足够的重视,直至 20 世纪 70 年代,由于“人口剧增、粮食短缺、资源危机、环境恶化”等全球性问题的出现,促使人们愈来愈深刻地意识到森林与 21 世纪可持续发展休戚相关的重大意义,以及拯救森林的紧迫性。由于在短时期内完全恢复森林状态,特别是在农区既不可能也无必要,从而促使人们真正从科学的角度重视农林复合系统。因此,国内外农林界学者大力提倡发展以防护林为主体结构的农林复合系统,以增加森林覆盖率,从而使得农林复合系统受到世界上众多国家和地区的普遍关注和广泛重视,只不过由于国家之间在经济、社会、自然条件等方面存在差异,使得研究和实施方面侧重点有所不同而已。

发达国家从 20 世纪 40 年代开始,由于石油及化工工业的快速发展,传统农业迅速实现了现代化,农产品产量得到大幅度的提高,但也给人类带来了负效应:大量农药、化肥的使用,使资源危机不断出现,环境污染日益严重并危及人类的健康,大量生物物种濒临灭绝,生态系统抗逆功能减弱,从而迫使人们去寻求农业丰产与生态环境良性循环的发展道路。

发展中国家为满足大量人口对粮食的需求,在资金缺乏、技术落后的国情背景下,无力走发达国家的农业发展道路,因而不得不以拓展生存空间、改变土地利用结构等粗放经营方式来维持生存。其主要途径就是:减少林业用地、扩大耕地面积,以达到增产的目的,解决粮食危机。而森林资源是生态系统的主体,林业在整个大农业生产中起着改善生态环境(如防风固沙、改良土壤、涵养水源、净

化大气等)、促进粮食增产的重要作用。这种毁“林”还“田”,以牺牲生态环境为代价的发展道路,只能加重“贫困—砍伐森林—环境恶化—再贫穷”的恶性循环(王军,1997)。在不破坏生态环境的前提下,如何实现农业生产的持续发展,已成为发展中国家面临的重要问题。解决问题的主要途径之一,就是要协调好农业用地与林业用地的比例关系。

为促进各国实践经验和理论研究的交流,推动农林复合系统的发展,国际农林复合系统研究中心(ICRAF)于1976年在加拿大国际发展研究中心(IDRC)的资助下成立,并创办了刊物 *Agroforestry*。1979年,ICRAF成功地举办国际学术研讨会,使农林复合系统的研究兴起热潮(Lundgen, 1987; 卢琦, 1999)。1980年联合国粮农组织(FAO)林业委员会提出:林业的发展应与农业、牧业结合起来,与解决贫困化结合起来(袁玉欣, 1994)。在这种思想的指导下,农林复合系统的研究引起了世界各国的高度重视(李文华等, 1994)。此后,国际上一些重要的研究机构,如 ICRAF、IDRC、国际热带农业研究所(IITA)、国际热带农业研究与培训中心(ITARTC)、国际树作物研究所(ITCI)以及国际半干旱地区作物研究所(ICRISAF)等对农林复合系统进行了广泛而深入的研究。经过世界各国共同的研究与探索表明:农林复合系统在协调农林“争地”矛盾,提高自然资源利用率,促进人口、粮食、资源和环境的良性循环等方面具有强大的生命力。

正是在上述背景下,农林复合系统备受世界上众多国家和地区的重视,并得到迅速发展。农林复合系统现已成为一门新兴的边缘性学科,出现在农业科学和林业科学的交叉领域,并呈现出蓬勃的生机和巨大的潜力(李文华等, 1994),为农业和林业可持续发展提供了新的思维和新的领域。最近几年来,不仅仅是亚非洲发展中国家,而且欧美一些发达国家对农林复合的研究也十分重视(Buck, 1995; Mead, 1995; Schultz, 1995; Garrett, 1997; Herzog, 1998; Zinkhan, 1997; Horvath, James, 1999)。

二、农林复合系统基本内涵

(一) 定义

农林复合系统(agroforestry)又称复合农林业、农用林业或混农林业,既是一种古老的土地利用方式,又是一门新兴的研究领域。agroforestry 一词是由 agri-silviculture 演绎而来,最早于1977年出现在加拿大国际发展中心(IDRC)完成的一个项目《树木、粮食和人类》的文件中。该词的出现引起了世界各国农业、林业专家的广泛关注,并予以各种各样定义。但由于各国的自然、社会经济条件的不同,特别是农业与林业种植习惯及方式的差异,使得农林复合系统至今仍未有完全统一、普遍认可的定义,而且随着社会经济以及农林复合系统本身的发展,它的定义目前仍处在不断的提炼和完善阶段。其中比较有代表性的定义有:

国际农林业研究中心(ICRAF)第一任主席 King 于 1978 年给出的定义:农林复合系统是一种采用适合于当地栽培实践的土地经营方式,在同一土地单元内将作物和林木或牲畜同时结合或交替生产,使土地生产力得以提高的土地持续利用系统。

ICRAF 在总结世界各地农林复合系统概念的基础上,于 1982 年将 agroforestry 概括为:一种土地利用系统和工程应用技术的复合名称,是有目的地将多年生木本植物与农业或牧业用于同一土地经营单位,并采取时空排列法或短期相间的经营方式,使农业、林业在不同的组合之间存在着生态学与经济学一体化的相互作用(Lundgren, 1982; Nair, 1985; 谢京湘, 1988; 娄安如, 1994)。

进入 20 世纪 90 年代,随着资源和环境等全球性问题的不断恶化,以及可持续发展理论和思想在各生产行业、各学科领域的不断渗透, Lundgren 于 1990 年从可持续发展的角度对农林复合系统做了更深刻的解释: agroforestry 是一种新型的土地利用方式,在综合考虑社会、经济和生态因素的前提下,将乔木和灌木有机地结合于农牧生产系统中,具有为社会提供粮食、饲料和其他林副产品的功能优势。同时借助于提高土地肥力,控制土壤侵蚀,改善农田和牧场小气候的潜在势能,来保障自然资源的可持续生产力,并逐步形成农业和林业研究的新领域和新思维(Lundgren, 1990; 卢琦, 1996)。

为更好地适应资源与环境持续管理的复杂性, ICRAF 主任 Leakey 于 1996 年对农林复合系统又做了如下解释: Agroforestry 是动态的、以生态学为基础的自然资源管理系统,通过在农地及牧地上种植树林达到生产的多样性和持续发展,从而使不同层次的土地利用者获得更高的社会、经济和环境方面的效益(Leakey, 1997; 熊国炎, 1997)。

我国学者对农林复合系统也有许多定义,如蒋建平(1990)、李肇齐(1991)和熊文愈(1991)等分别从生态学、经济学、生态经济学和系统工程学的角度对其做了不同的定义和解释。

尽管世界各地及其不同的历史时期,对农林复合系统的定义不完全一致,但其基本原理、基本内容和主要特征是相同的。其内涵可以概述为:农林复合系统是以生态学、经济学和系统工程为基本理论,并根据生物学特性进行物种的时空合理搭配,形成多物种、多层次、多时序和多产业的人工复合经营系统。

(二) 结构与特征

生态系统的结构是指生态系统的构成要素,以及这些要素在空间和时间上的配置、物质和能量在各要素间的转移循环途径。生态系统的结构决定着系统的功能与效应。目前,我国农林复合系统配置结构大致可分为物种结构、空间结构、时间结构和营养结构。这四种结构的合理性和协调性,是优化农林复合模式、提高生态经济社会功能及效应的关键。

(1) 物种结构是指农林复合系统中生物物种的组成、数量及其彼此之间的关系。物种的多样性是复合系统的重要特征之一。适合于农林复合经营的主要物种一般包括乔木(含经济林木)、灌木、农作物、牧草、食用菌和禽畜等。理想的物种结构能对资源与环境最大利用和适应,可借助于系统内部物种的共生互补生产出最多的物质和多样的产品。对比单作农业系统,它可以在同等物质和能量输入的条件下,借助结构内部的协调能力达到增产的效果。

确定物种结构需要掌握以物为主的原则,即一种农林复合模式只能以一种物种为主要的生产者,并且要在不影响主要生产者生物生产力或生态效益的前提下,搭配其他物种,而不能喧宾夺主,同时还要注意物种之间的竞争与互补关系,以达到不同物种间的最佳组合。

(2) 空间结构是指农林复合系统各物种之间或同一物种不同个体在空间上的分布,可以分为垂直结构和水平结构。它是由物种搭配的层次、株行距和密度决定的。

1) 垂直结构,即复合系统的立体层次结构,它包括地上空间、地下空间和水域的水体结构。一般来说,垂直高度越大,空间容量越大,层次越多,资源利用效率则越高。但这并不表示高度具有无限性,它要受生物因子、环境因子和社会因子的共同制约。我国平原农区农林复合系统结构通常可分为3种类型,分别为单层结构(如防风林带)、双层结构(如农田林网系统、农林间作系统、果农间作)和多层结构(如林-果-农复合系统)。

2) 水平结构,是指复合系统中各物种的平面布局,在种植型系统由株行距来决定,在养殖型系统则由放养动物或微生物的数量来决定。在种植型复合系统中,水平结构又可以分为周边种植型、巷式间作型、团状间作型、水陆交互型等。其中,周边种植型是农田林网的主要结构模式,巷式间作型是林(果)农间作的常见模式,团状间作型类似于团状混交,水陆交互型主要是指低洼地区的林渔复合系统。

农林复合系统空间结构的配置与调整就是根据不同物种的生长发育习性、自然和社会条件、复合经营的目标等因子,确定在复合系统中的不同植物的高矮搭配、株行距离和不同畜禽或微生物的放养数量,使得每一物种具有最佳的生长空间、最好的生长条件,并使系统获得最佳的生态经济效益。农田防护林网是农林复合系统最基本模式,其空间结构的主要技术指标有林带方位、林带结构、林带间距、林带宽度、网格规格及面积等。指标数值的确定要综合考虑当地自然灾害情况、农田基本建设及农业区划要求,遵循“因地制宜、因害设防”基本原则。

(3) 时间结构,是指复合系统中各种物种的生长发育和生物量的积累与资源环境协调吻合的状况。由于任何生态(资源)因子都有年循环、季循环和日循环等时间节律,任何生物都有特定的生长发育周期,时间结构就是利用资源因子变化的节律性和生物生长发育的周期性关系,并使外部投入的物质和能量密切配合生

物的生长发育,充分利用自然资源和社会资源,使得农林复合系统的物质生产持续、稳定、有序和高效地进行。根据系统中物种所共处的时间长短可分为农林轮作型、短期间作型、长期间作型、替代间作型和间套复合型等 5 种形式。

短期复合型一般是以林为主的林农复合。在林木幼年期或未郁闭前,林下可种植作物,但林冠郁闭后,由于林下光照的减弱,则不能继续种植作物,这是短期间作的一种模式。

长期复合型是以农为主的农林复合系统,在物种配置时,充分考虑各物种的生物学习性,达到林、农、牧长期共存的目的。一般都采用疏林结构模式,充分发挥各物种的正作用,达到“共生互补”的目的。

总之,在农林复合系统中,时间结构的特点是“以短养长”,这是取得长期(林木)、中期(经济林)和短期(作物、农禽等)经济效益的主要条件和保证。

(4) 营养结构就是生物间通过营养关系连接起来的多种链状和网状结构。生态系统中的营养结构是物质循环和能量转化的基础,主要是指食物链和食物网。营养物质不断地被生产者吸收,在日光能的作用下,形成植物有机体,植物有机体又被草食动物所食,草食动物再被肉食动物所食,形成一种有机的链索关系。这种生物种间通过取食和被取食的营养关系,彼此连接起来的序列称为食物链,是生态系统中营养结构的基本单元;不同有机体可分别位于食物链的不同位置上,同一有机体也可处于不同的营养级上,一种消费者通常不只吃一种食物,同一食物又常被不同消费者所食。这种多种食物链相互交织、相互连接而形成的网状结构,称为食物网。食物网是生态系统中普遍存在而又复杂的现象,是生态系统维持稳定和平衡的基础,本质上反映了有机体之间一系列吃与被吃的关系,使生态系统中各种生物成分有着直接的或间接的关系。

建立营养结构的重点是建立食物链和加环链网络结构。食物链的加环就是营养结构的调整与优化的措施体现和重要内容之一。农林复合系统可以通过建立合理的营养结构,减少营养的耗损,提高物质和能量的转化率,从而提高系统的生产力和经济效益。

(三) 基本特征

对比其他土地利用系统(如单一的农田生态系统、森林生态系统),农林复合系统具有多样性、系统性、复杂性、集约性、稳定性、高效性和可持续性等特点。

多样性:主要包括复合系统组分、时空结构、经营管理方式、功能与效应、系统的生物多样性以及规划设计时所依据的理论原理的多样性。

系统性:农林复合系统是一个开放的人工复合生态系统,其物质的流动、能量的转化和价值的转移等过程均以系统理论为指导,所追求的目标不是某单一产品或单一效益,而是整体功能的发挥和整体效益的取得。

复杂性:由于复合系统是由两种或两种以上的生物成分组成,因此对比单一

的农田生态系统或森林生态系统，一方面导致根系的时空分布格局、系统冠层结构和下垫面的物理属性等因子均相对较为复杂，从而使得系统内辐射传输、能量平衡规律、土壤水分和养分运移规律等能流物流的过程和规律更为复杂；另一方面，则表现出经营管理过程及技术措施的复杂性。

集约性：作为一个人工复合的生态系统，在经营管理上要求比单一组分的生态系统有更高的技术，同时为取得更多的产量、更高的产值，则要求投入更多的人力资源。

稳定性：根据生物多样性原理、景观生态学原理，生物组分越多，生态系统的自我调控能力、系统的抗逆功能则越强，显然系统的稳定性则越高。

高效性：农林复合系统根据生态经济学、系统工程学、景观生态学和系统工程学原理将各种物种有机组合，同时还对各种单项管理技术措施进行综合优化，将生物技术和工程技术结合起来，必然会带来生态、经济和社会的高效性。构建农林复合系统的根本目的就是追求高效的生态效应和社会经济效益。

可持续性：由于以上各原因，农林复合系统可体现生态、经济和社会效益的可持续性。

第二章 农林复合系统的发展状况

第一节 世界各地农林复合系统的发展状况

一、亚 洲

亚洲是农林复合经营的主要发源地之一,著名的汤雅(Taungya)耕作制度就起源于缅甸(King, 1989)。Taungya 是缅甸语,其原意为山坡农业系统,此系统是将作物与幼龄林木间作。20 世纪 50 年代,马来西亚、泰国和印度尼西亚引进了 Taungya 耕作制,建立了柚木与水稻、烟草的间作系统。目前在这些国家柚木与水稻间作模式比较普遍。20 世纪 70 年代以来,以农林复合经营为主体的乡村林业在印度、泰国、缅甸和越南等南亚国家发展很快,这些国家在乡村林业发展战略中,鼓励农民实行林农间作和林牧结合等复合经营方式。印度早在 1979 年就成立了农林复合系统研究协调中心,在全国不同农业生态区的 20 个中心开展农林复合系统的研究(李文华等, 1994)。中国是世界著名的农业古国,有近万年的农业发展史,先民们在农业生产过程中运用朴素而深邃的生态学思想,创造了丰富多样的“四旁植树”、林粮间作、林牧结合和桑基鱼塘等传统的农林复合模式。新中国成立以后,农林复合系统发展很快,50 年来有组织有规模地开展了农林复合系统的实践与研究,产生了巨大的生态、经济和社会效益,为世界农林复合系统的发展做出了巨大的贡献,特别是在热带地区胶茶群落、基塘系统、里下河地区洼地农林复合系统、华北平原地区的农桐间作及农田防护林体系建设等方面享誉世界。

目前,亚洲农林复合系统研究在联合国环境开发署、粮农组织和日本、荷兰等国家的协调和支持下逐渐形成网络,其中比较活跃的有亚太农林复合系统网络(APAN),参加的国家主要是南亚地区的国家,该计划自 1991 年开始,其第一阶段主要活动包括建立农林复合系统的研究与发展的协调机制,信息共享与交流,培训以及新的野外工作示范与合作。计划自 1993 年起与联合国开发计划署在亚洲地区开展的一个“以农民为中心的农业资源管理计划(FARM)”结合起来,这一计划包括中国。另外还有多用途树种研究计划(MPTS)、亚洲地区木本能源发展计划(RWEDP)、美国对外援助署的林业薪材树研究和发展计划(F/FRED)等计划相互配合,共同推动亚洲农林复合系统的研究与发展工作。