

林农复合经营机制构建与经验模式研究

董 博

(南京林业大学经济管理学院, 江苏 南京 210037)

摘要:【目的】林农复合经营被认为是维持未来农业可持续生产比较有前途的一种方式。本研究旨在探索和优化中国特色的林农复合经营系统,通过厘清其复杂机制并总结经验模式,以维持未来林业和农业的可持续生产。【方法】在梳理林农复合经营实践的基础之上,重点构建林农复合经营机制并识别作用因子,归纳林农复合经营经验模式以适应不同环境条件。【结果】①林农复合经营机制受到生物物理因素、社会经济因素、农户禀赋、生产企业以及保障性措施等条件的显著影响。②林农复合经营系统可根据生态系统类型的利用程度划分为农林系统、林牧系统、农林牧系统及其他特殊系统。③欧洲和美洲通过农场和科研院所分别构建了林农牧复合经营实践系统和科研系统,实现了农林业生产的精细化管理,而亚洲多数地区仍以传统的林农复合经营系统为主。④中国的林农复合经营具有悠久历史和多样化模式,在空间上呈现差异化的特点,但在技术应用方面与国际先进水平存在差距。【结论】必须通过因地制宜地建立林农复合经营机制、积极改善农户生产理念和技术水平、构建风险防御机制和政策保障体系等措施来推动中国林农复合经营系统的可持续发展。

关键词:林农复合经营;驱动机制;经营模式;精细化农业;乡村振兴

中图分类号:S7-05

文献标志码:A

文章编号:1000-2006(2025)03-0245-09

Constructing mechanisms and induction of empirical models for agroforestry compound management

DONG Bo

(College of Economics and Management, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: 【Objective】 Agroforestry compound management is widely acknowledged as a promising strategy for guaranteeing the sustainability of future agricultural production. This research is dedicated to exploring and optimizing the agroforestry management system with Chinese characteristics. By elucidating its complex mechanisms and summarizing empirical models, the study aims to maintain the sustainable production of both forestry and agriculture in the future. 【Method】 Based on an all-round review of agroforestry management practices, this paper focuses on constructing the agroforestry management mechanism to identify the roles of various factors. It also aims to summarize experience-based models suitable for different environmental conditions. Specifically, a detailed analysis of biophysical factors, socio-economic factors, farmers' endowments, production enterprises, and safeguard measures has been carried out. 【Result】 (1) The agroforestry management mechanism is significantly influenced by multiple factors. These encompass biophysical conditions such as soil quality, climate, and topography; socio-economic factors like market demand, economic policies, and the rural labor force; farmers' endowments in terms of land resources, farming skills, and financial capabilities; production enterprises with their production scale, technological innovation, and market-orientation; and safeguard measures including agricultural policies, forest protection regulations, and rural infrastructure construction. (2) According to the degree of utilization of ecosystem types, agroforestry management systems can be classified into four main categories: agroforestry systems, mainly centering on the combination of agricultural crops and forest trees; forest-pastoral systems, emphasizing the integration of forestry and livestock grazing; agroforestry-pastoral systems, integrating agriculture, forestry, and animal husbandry; and other special systems customized to specific local ecological and socio-economic conditions. (3) In Europe and the Americas, through the efforts of farms and research institutes, forest-farm-livestock composite management practice systems and scientific research systems have been established

收稿日期 Received: 2023-10-08

修回日期 Accepted: 2024-10-13

第一作者: 董博(dongbo@njfu.edu.cn), 博士生。

引文格式: 董博. 林农复合经营机制构建与经验模式研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2025, 49(3): 245-253. DONG B. Constructing mechanisms and induction of empirical models for agroforestry compound management[J]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition), 2025, 49(3): 245-253. DOI: 10.12302/j.issn.1000-2006.202310006.

respectively. These systems enable the meticulous management of agricultural production, covering aspects such as precise resource allocation, scientific breeding, and the efficient utilization of agricultural land. In contrast, most regions in Asia still primarily rely on traditional agroforestry management systems, which are characterized by relatively simple production models and less advanced technologies. (4) China has a long-standing history of agroforestry management with diverse modes. These modes show obvious spatial differentiation due to differences in the natural environment, economic development level, and cultural traditions in different regions. However, there is still a gap between the technological application in China's agroforestry management and the international advanced level, especially in areas such as modern agricultural machinery, information technology, and ecological management. 【Conclusion】 In light of the above-mentioned findings, it is of great significance to promote the sustainable development of China's agroforestry management system. This can be achieved by establishing an agroforestry management mechanism tailored to local conditions, actively enhancing farmers' production concepts and technical capabilities through training and extension services, and constructing a comprehensive risk-defense mechanism and a sound policy-guarantee system. The risk-defense mechanism should cover aspects such as natural disaster prevention, market risk mitigation, and technological innovation risks, while the policy-guarantee system should include preferential policies for agroforestry development, financial support, and land-use policies.

Keywords: agroforestry management; driving mechanisms; management models; precision agriculture; rural revitalization

随着传统林业逐渐向现代林业过渡,林业生产经营理念也随之发生了质的改变,综合利用森林的多种属性、实现多种功能组合的最大化效益已经成为林业生产经营活动的指导理念。林农复合经营被认为是维持未来农业可持续生产较有前途的一种方式,不仅可以缓解林农土地资源竞争带来的粮食安全风险^[1-3],还可以提高农林生态系统解决全球气候变化所导致问题的能力^[4-6],成为提高农林业生产力和适应气候变化的重要战略^[7-8]。林农复合经营与传统的、单一的耕作生产经营方式存在明显区别,它主要是指在同一土地管理单元上,以生态经济学理论为指导,人为地将植物和家畜动物在空间上按一定的时序合理安排在一起进行土地综合管理利用的一种方式^[9]。林农复合经营能够实现种植方式由单一走向多元、经营模式由粗放走向集约、土地资源利用由单一走向综合的目标。在土地空间约束的条件下,集约、高效地利用土地资源,合理分配林业与农业生产之间的配置比例,能够使之不断满足人类日益增长的物质需求。在发展中国家,林农复合经营的优势主要表现为减轻贫困、提高营养安全和遏制土地退化,而它所具有的生态系统服务功能是推动其在发达工业化国家快速适用的原因之一^[10]。林农复合经营已经成为世界林业发展和土地利用实践的趋势之一,也是世界各国普遍关注和研究的热点问题^[11]。

中国作为人多地少的发展中大国,合理利用农地资源、提高土地的生产效率,逐步改善农民生活水平成为乡村振兴过程中的重要目标。林农复合经营具有独特的经济和生态优势,已经成为推动乡

村经济发展、增强农林经济可持续性的有效途径。为鼓励小农户参与林农复合经营的探索和实践,中央和地方政府陆续出台和颁布了一些支持林农复合经营发展的文件和政策,形成“政府政策引导、农户深度参与”的具有中国特色的林农复合经营体系^[12]。然而,从政策引导来看,中国幅员辽阔、自然地理、社会经济差异明显,区域林农复合经营特色明显且机制复杂,存在部分政策规划文件脱离当地实际情况和追求短期收益的问题;从参与主体来讲,由于小农户科学知识匮乏和市场意识淡薄,林农复合经营存在一定盲目性和跟风现象,林农复合经营的决策和支持系统难以发挥作用;从经营模式来看,中国小农户林农复合经营仍以传统的家庭生产为基本单位,在有效衔接现代农业上仍存在一定问题^[13]。因此,林农复合经营必须根据自然地理、社会经济条件因地制宜地选择合适的林农复合系统,以实现林农复合经营的基本目标和增强可持续发展的能力。厘清林农复合经营的复杂机制、总结林农复合经营的经验模式对于探索中国特色的林农复合经营系统具有重要的借鉴和指导意义。本研究在梳理林农复合经营实践的基础之上,重点构建林农复合经营机制以识别作用因子,归纳林农复合经营经验模式以匹配环境条件,从而为推动中国林农复合经营系统的可持续发展、探索以林农复合经营为特色的乡村振兴实践提供智力支持和决策参考。

1 林农复合经营驱动要素分解

作为一种集约、高效以及生态化的土地利用方

式^[14],各国已经采取了相应的措施支持和促进林农复合经营发展^[15]。然而林农复合经营实践受到诸多条件的限制,农民决定是否在土地上实施林农复合经营取决于生物物理因素、社会经济因素、农户禀赋、生产企业以及保障性措施等条件(表 1)^[16]。

表 1 林农复合系统的相关驱动因素构成
Table 1 Composition of related driving factors of agroforestry system

驱动因素 driving factor	因子及构成 factors and their components
生物物理因素 biophysical factor	气候条件:降雨量和分布、温度、海拔、风险因素 坡度:<7%, ≥7%~15%, ≥15%~30%, ≥30% 土壤:酸度,有机质含量,营养状况,土层深度及排水状况 生物因素:病虫害,疾病,传粉剂
社会经济因素 socio-economic factor	市场营销:市场(当地、外部),商家/合作社,运输/道路 支助:信贷/农资,研究/推广 政府政策:激励措施,规章制度 使用权:土地/树木/作物使用权,利益分配 文化观念:粮食安全需要,偏见和价值观
农户禀赋 farmer's endowments	技巧,价值观,成员的年龄和性别,受教育程度,家庭人数和结构,工具/设备,储蓄/生活费/现金,抗风险能力,债务/负债,社会地位,生产期望,其他收入来源
生产企业 manufacturing enterprise	植被:草木,饲料树,果树,薪材,木材/纸浆材 作物:工业作物,浆果,谷物/豆类作物,蔬菜/蘑菇 产品:花卉/装饰品,乳制品类,肉类,蛋类,鱼类
保障措施 guarantee measure	工程性措施:梯田,叠翠,等高耕作/播种,最低限度耕作,导流沟,鱼塘,拦河坝,垌,灌溉 生物性措施:刀耕火种,堆肥,作物轮作,等高线树篱,覆盖作物,营造防风林,休耕管理

1)生物物理因素决定林农复合经营系统类型和模式。林农复合经营是以自然条件为约束的综合性农业,当地的气温、降水、土壤、地形、生物等自然因素会影响林农复合经营系统类型和模式^[17]。如,东南亚地区水热条件充足,农户采用农林复合经营系统,形成了独特的汤雅体系;而在气候干旱的中国西北内陆地区,适宜选择以林牧为主导的复合经营系统,形成了“沙枣-紫花苜蓿”和“白榆/旱榆-饲料作物”复合经营模式。

2)社会经济条件是林农复合经营的经济基础。林农复合经营受到市场和消费者偏好的约束,必须面对市场和消费者才能保证林农复合经营的可持续^[18]。农场的营销策略是向市场和消费者展示林农复合经营成果的重要途径,需要农场精心谋划和展示。林农复合经营具有实践周期长、收益前景不明朗等风险,其技术特点比农业技术更为复杂,因此政策保障会对林农复合经营带来至关重要的影响,有助于减少林农复合经营的风险和不确定性。作为宏观经济的调控者,政府可以利用其强大的经济和行政能力引导与约束林业生产者的活动,从而促进林业的可持续发展。农户生产经营一般会遇到资金瓶颈,良好的社会信贷服务体系能够解

决农户在开展林农复合经营过程中的信贷约束问题。土地使用权的性质和稳定性会影响林农复合经营系统的种植结构、投入要素、组织形式以及利益分配等。

3)农户禀赋条件影响林农复合经营的效果。农户是资源配置的决策者和执行者,最终影响林农复合经营的效果。农户的种植技巧和经验、价值观、家庭人数和结构、成员的年龄和性别、受教育程度、资金状况、工具/设备、抗风险能力、债务状况、社会地位、生产期望以及其他收入来源均会导致林农复合经营产生不同的效果^[19]。例如,经验丰富的农户可以在林农复合经营过程中选择贴近市场、适应环境的经营模式以实现收益的最大化;农户的家庭人数和结构决定着林农复合经营生产中的雇工数量、次数和质量,会对林农复合经营的生产成本、收益和结构带来重要影响。

4)生产企业决定林农复合经营的生产内容与结构。生产企业会根据自然、社会、经济等条件选择合适的永久植被类型、作物种类以及产品类型。主要的植被类型包含草木、饲料树、果树、薪柴、木材/纸浆材等;作物种类主要有工业作物、谷物/豆类作物、浆果、蔬菜/蘑菇等;产品类型主要是指向

市场提供的初级产品和加工产品,包括花卉/装饰品、乳制品、肉类、蛋类等^[20]。比如,在干旱、半干旱地区,生产者会选择“沙枣-紫花苜蓿”的经营模式,生产果实或者利用果实加工成枣类饮料、花卉饰品、药材等向市场供给。

5)保障措施是林农复合经营发展的重要支持。在林农复合经营过程中的保障措施可以分为工程性措施和生物性措施两种方式^[21]。工程性措施主要是指运用工程技术支持林农复合经营的方法和手段。林农复合经营系统中常见的工程性措施包含修建梯田、导流沟、拦河坝、鱼塘、沉淀池,采用等高耕作/播种技术、实施最低限度耕作制度,建立灌溉系统等;而生物性措施主要是指运用生物防治技术来促进林农复合经营的可持续性,林农复合经营系统中常见的生物性措施主要包括刀耕火种、堆肥、作物轮作、等高线树篱、覆盖作物、营建防风林、休耕管理等。

2 林农复合经验模式归纳及分析

2.1 国际林农复合经营系统分类

不同的自然、社会、经济和文化背景下,林农复合经营表现出不同的类型和模式。随着这一综合性土地利用方式的推广,新的林农复合经营类型和模式不断涌现。国际林农复合经营研究委员会于1982—1987年对发展中国家的林农复合系统进行全面普查,涉及林农复合经营的类型、分布、结构和功能等信息。全世界有2 000多种林农复合经营模式,特别是热带和亚热带地区,50%的农村在2/3的土地上进行林农复合经营活动。根据种植结构的划分,可以将林农复合系统分为农林系统、林牧系统、农林牧系统和其他特殊系统。林农复合经营可以简单来说是“种养结合”(图1),诸如放牧、森林和果园、森林牧场和公园、防护林、树篱、树木缓

冲带以及草地或农田上栽种树木等都是林农复合经营的形式。其中,单一栽培的树木、作物或牲畜生产可被视作林农复合经营的极端形式^[17]。

2.2 国际林农复合经验模式

欧洲和美洲国家在林农复合经营的实践中取得了良好的社会、经济以及生态效益,比较典型的经验模式有澳大利亚的林农牧复合经营模式、英国的林农间作模式以及巴西的林农牧一体化模式。

澳大利亚在林农牧复合经营领域的开拓性研究,为其在农业生产方面赢得了良好的声誉。澳大利亚政府和非政府机构努力构建林农复合经营的产学研体系,凭借着优越的自然地理环境和发达的科学技术,建立了以家庭农场为基本生产单元、以林农复合经营为实现路径的精准农业体系。例如澳大利亚较早地利用计算机系统和生物电子技术助力农业生产和农场经营,还组建了联邦科学与产业研究组织帮助农场总结林农复合经营模式、优化林农牧复合经营决策,帮助农场提高林农复合经营效率和效益^[18]。

英国的林农复合实践模式以林农间作为主,以推动农业的生产可持续为目标。根据自然资源禀赋和市场消费需求的特点,英国已经形成了4个典型的林农复合经营区域,包括以谷物生产为主的东南部地区,以林牧混合为特色的英格兰南部、威尔士东部和苏格兰北部地区,以养牛、猪以及种植马铃薯为主兼营林业的北爱尔兰地区,以及典型农牧混合经营的英格兰中部、北部和苏格兰南部平原地区^[18]。英国政府联合高等院校建立了多个国家级农林复合系统研究实验站,开发了众多林农复合经营模拟系统,研究林农复合经营过程中植物生理规律、环境影响变化以及生产效率改进等问题,旨在帮助农场林农复合经营决策实现精细化管理的目标。英国一直在调整自身的政策,以迎合农业及生态可持续发展的需要。英国政府利用“绿色发展计划”积极推广休耕轮作、可再生能源、农药安全管理、风能太阳能、综合养分管理、多样化种植等绿色生态技术,帮助农村改善生产、生活环境,保护乡村生物多样性和自然资源,推广生态环保理念以推动林农复合经营可持续目标的实现。

作为重要的发展中国家,巴西政府建立了农林牧综合生产模式以促进森林可持续利用。1950—1985年,虽然以塞拉多省为代表地区的农业产量得到了快速增长,但是开垦过度以及单一耕作的传统方式导致土壤等农业资源环境遭到了严重破坏。经过多年生态耕作模式的探索与改进,2003年巴

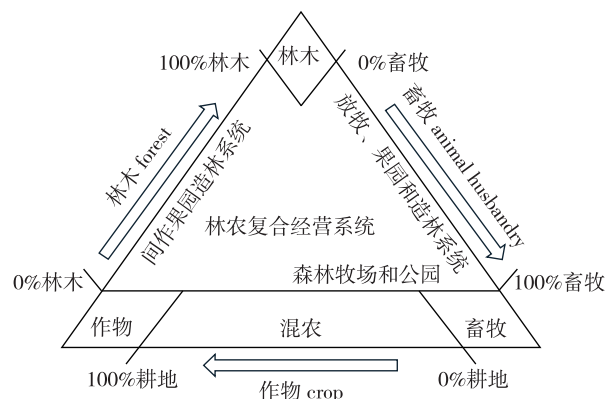


图1 林农复合经营系统

Fig. 1 Agroforestry management system

西农业研究公司建立了农林牧综合生产模式以应对快速增长的粮食、生物质能源与林产品市场需求,同时实现遏制开荒毁林并减少温室气体排放的目标。农林牧综合生产模式是在集合各类生产体系的基础上改变土地利用方式,将农林、农牧、林牧等多种复合经营方式融合为一体以实现提高产品质量、生态环境与竞争力的综合性生产经营方式^[22]。农林牧综合生产模式在同一区域或同一收成年内实现农作物、畜牧养殖以及采伐作业的轮

作,进行作物与牧草的套种实现联合经营,或者进行农用地与林地之间的演替,最终在同一区域内收获粮食、生物质能源、木材、纤维以及非木质林产品等多种产品,以优化动物和植物之间以及投入与剩余物之间的生物循环。

亚洲是林农复合经营发展最具有代表性的地区,覆盖了几乎所有的经典模式(表 2)。在林农系统中,主要有改善休耕(轮垦)、汤雅体系、树木园林、绿篱间作、林牧复合(饲料生产)、篱栅、牧场上

表 2 林农复合经营模式
Table 2 Agroforestry management modes

地区 region	经营模式 management mode	代表国家 representative country	经营特点 management characteristic
欧洲和美洲 Europe and America	林农牧复合经营	澳大利亚	建立了以家庭农场为基本生产单元、以林农复合经营为实现路径的精准农业体系
	林农间作	英国	以林农间作为主,以推动农业生产可持续为目标
	农林牧综合生产	巴西	农业、畜牧业和林业综合生产模式
亚洲 Asia	改善休耕(轮垦)	印度尼西亚	最初种植速生作物和多年生植物的荒地,后来种植粮食作物
		菲律宾	在荒地上种植固氮树以加速休耕进程
		越南	通过自然灾害加速模拟对退化土地的复垦
	汤雅体系	中国	速生用材林在后期与谷物、蔬菜、药用和根茎类作物间作
		印度尼西亚	各种形式的 Tumpangsari 系统,特别是在柚木种植园(爪哇)进行农作物种植
		菲律宾	造林区由参与的农民套种农作物
		泰国	建立种植园,实现林木(主要是柚木)、农作物和动物的结合
		越南	植树造林过程中的间作(越南北部和运河地区)
		缅甸	将农作物与幼龄林木进行间作
	树木园林	印度尼西亚	在西苏门答腊的 Shorea Javanica 种植园与其他各种树木作物相结合
		泰国	各种乡土树种和果树的混合体
		越南	果园和椰树林(越南全境)
	绿篱间作	印度尼西亚	在西爪哇建林业示范农场,在等高线上种植草、灌木和树木,间种 1 年生作物,在较干旱地区,在斜坡上种植绿篱,以保持水土
		菲律宾	沿着等高线生长的乔木或灌木单篱或双篱;在绿篱之间种植农作物,形成坡地农业技术系统
		越南	低地农田技术体系在高地的应用
	林牧复合:饲料生产	菲律宾	在农场种植豆科饲料树,建集约化饲料厂
		菲律宾	为生产小木杆和薪材而种植的围栏,修剪后用于饲料和绿肥
	篱栅	菲律宾	牲畜可以在相对成熟的人工林下自由放牧
		泰国	在种植园有序放牧
	牧场上种植乔木和灌木	印度尼西亚	巴厘岛全年饲料生产的 3 层系统
		菲律宾	在绿篱之间种植改良牧草的坡地农业技术系统
		越南	高原地区正在对坡地农业技术系统进行调整
	木本树篱	印度尼西亚	传统的家庭农场在爪哇岛和其他岛屿上非常发达和普遍
		泰国	在定居社区实行的家庭院落的多层花园
		越南	越南各地的传统家庭花园和森林-果园-牲畜-鱼塘系统
	水产林	越南	鱼、虾、蟹在红树林地区的综合生产
	各种轮垦	印度尼西亚	在加里曼丹,特别是在东部地区实行
		泰国	克伦族和老挝族在坡地上实行轮作耕作
	植树养蜂	越南	220 万山地部落居民和高地移民实行的稻木薯混作制度
		越南	在一些林地内进行

乔木和灌木、木本树篱等多种经营模式^[23]。其中,缅甸的汤雅体系是亚洲林农复合经营的典型代表,此模式是将农作物与幼龄林木进行间作。20 世纪中期,马来西亚、泰国和印度尼西亚等热带地区国家引进了缅甸的汤雅体系,建立了水稻和柚木、烟草的轮作生产系统。20 世纪 70 年代以来,以汤雅体系为基础的林农复合经营乡村林业在印度、泰国、缅甸和越南等南亚国家得到快速发展,他们以国家力量积极推广林农间作和林牧结合等林农复合经营模式。例如,1979 年印度成立了林农复合系统研究协调中心,在全国范围内的多个农业生态区开展林农复合经营的实践与研究。林农牧(渔)系统中主要有家庭农场(涉及大量草本、木本植物和牲畜)、水产林、轮垦以及植树养蜂等具体的经营模式。例如,越南各地的传统家庭花园和森林-果园-牲畜-鱼塘系统。

2.3 我国林农复合经营经验模式

2.3.1 国内林农复合经营发展历程与特点

林农复合经营既是一项古老模式,又是一项新兴产业。林农复合经营有效地契合了中国人多地

少的基本国情,以及以家庭为单位的小农经济生产模式。中国林农复合经营起步较早,可以追溯到旧石器时代中期,经过漫长的原始状态和传统形式的演变发展,林农复合经营已经进入了与现代市场经济相结合、以高新科技为特征的现代精细化生产阶段。按照时间顺序,中国林农复合经营实践可以划分为原始林农复合经营(10 000 年前的新石器时代至公元前 2000 年前后)、传统林农复合经营(公元前 2000 年前后至 20 世纪 50 年代初)和现代林农复合经营(20 世纪 50 年代至今)3 个发展阶段(表 3)。

原始农业时期的林农复合经营阶段,最早可追溯到公元前 2000 年前后,至 20 世纪 50 年代初。该阶段的林农复合经营形式主要以“刀耕火种、游耕轮作”为主,开创了古代农业文明,但是这种形式会导致资源和空间的利用率低且效益差,严重破坏了自然环境。虽然如此,直到现在这种原始的林农复合经营方式还存在于中国西南地区人少林多的边远闭塞山区。

表 3 中国林农复合经营发展历程
Table 3 Development process of agroforestry management in China

发展历程 development process	时间范围 time frame	发展特征 development characteristic
原始林农复合经营 original agroforestry management	开始于 10 000 年前的新石器时代	以“刀耕火种、游耕轮作”为主,直到现在中国西南边远的少数民族地区仍可以见到。原始林农复合系统虽包含了对种群互作的朴素认识,但仍是一种原始的农业实践形式,未开展科学意义上的研究
传统林农复合经营 tradition agroforestry management	公元前 2000 年前后至 20 世纪 50 年代初	以传统经验为基础,出现了农、林、蚕桑的综合经营雏形;部分地区实行了作物、桑蚕、渔、畜综合生产模式
现代林农复合经营 modern agroforestry management	20 世纪 50 年代至今	以先进科学技术设计为标志,利用现代市场经济理论、生态经济学系统观念、科学技术手段,调整农村生产经营结构

以传统经验为基础的林农复合经营阶段,开始于奴隶制时代,一直持续至 20 世纪 50 年代。该阶段以定居种植和土地私有化的自给自足的小农生产方式特点。比如,中国北方历来就有传统的柿粮间作、枣粮间作以及粟粮间作的生产方式,而在 400 多年前的珠江三角洲,农户已经开始在低洼渍地和已有桑基鱼塘开展林农复合经营。在传统的林农复合经营阶段,中国涌现了许多林农生态系统类型,以农为主的复合经营系统得以推广和发展^[14]。

20 世纪 50 年代以先进的科学技术为标志的现代林农复合经营开始得到发展,在市场经济的推动下,农业产业结构的优化升级促进了中国林农复

合经营的更进一步发展。该阶段的特点是:以经济学和生态学等相关理论为指导,根据市场经济和高新科技来调整林农产业结构,促进林农复合系统的优化发展。现代林农复合经营以农田林网为主体、以间作轮作为手段,通过合理配置“带、网、片、点”、多林种和多树种有机结合,形成了多层次、多生物种群、多功能、多指标的综合开放性生态经济系统^[9]。

2.3.2 国内林农复合经营的主要模式及分布特征

中国的林农复合系统有多种类型,主要包括林农复合系统、林牧(渔)复合系统、林农牧(渔)复合系统和特种林农复合系统(表 4)。林农复合系统是在同一土地生产单元上,实现林木和农作物的复

合种植。从组成比例和经营目的上看,林农复合经营有以林为主、以农为主和农林并举 3 种类型,可以同时实现生产价值和保护效益。在该类型下,具体的林农结合形式又可以细分为林农间作型、绿篱型、农田林网型和农林轮作型。林牧(渔)复合型是指在同一经营单位的土地上林和牧(渔)结合,可以充分利用林业、草业、牧业之间以及它们与环境之间的竞争和适应关系。常见的林牧(渔)复合型包括林牧间作型、牧场饲料绿篱型、护牧林木型和林渔结合型。林农牧(渔)复合型以种植业与林业共生,能够形成良好的生态环境,还可以为畜牧养殖业提供饲料、饲草资源;充分利用农业废弃物(如农作物秸秆和动物粪便)生产沼气,即提供生物质能源,副产品沼液和沼渣可回田再用于种植业和林业。林农牧(渔)复合型主要包括林农牧多层种植型、由林农型转变为林牧型、林农牧庭园兼营型和林农牧(渔)结合型。特种林农复合型主要以生产特种产品为目的,在树林间隙种植特种经济作物,如人参、杜仲等,以形成一个光、温、水、气、肥适宜的良好生态环境。常见的形式有林木混交型、林药间作型、林食用菌结合型以及林木资源昆虫结合型。

表 4 中国林农复合经营系统及空间分布
Table 4 China's agroforestry management system and spatial distribution

系统类型 system type	序号 No.	经营模式 management mode	地区 region
A. 林农复合系统 forest agriculture composite system	1	小麦/大豆-杨树	华北平原、华东地区
	2	作物-槐树	华北平原、河套平原
	3	水稻/小麦/油料作物-落羽杉	华东地区
	4	玉米/大豆/小麦-核桃仁	西南地区
	5	谷物/棉花-毛白杨	华北平原
	6	水稻/玉米-尼泊尔桉木-江南桉木	华东地区
	7	谷物/棉花/油料作物-白蜡树	西南地区
	8	茶树-尼泊尔桉木	西南地区
	9	茶树-湿地松	华东地区
	10	蔬菜-树木/竹园	华东地区、岭南地区
B. 林牧(渔)复合系统 forest animal husbandry (fishery) composite system	11	沙枣-紫花苜蓿	西北地区
	12	白榆/旱榆-饲料物种	西北地区
	13	油茶/油茶灌木-饲料物种	华中地区
C. 林农牧(渔)复合系统 forest agriculture animal husbandry (fishery) composite system	14	薪材-蛋白质/油料作物-饲料物种	岭南地区
	15	池塘-榆树	华中地区、华东地区
	16	池塘-水杉	华东地区
	17	池塘-落羽杉	华东地区
	18	池塘-桑树	华东地区、华中地区、西南地区
	19	池塘-小麦/水稻-垂枝池杉	华东地区
	20	池塘-水稻-桃子/棕榈	华中地区、岭南地区
D. 特种林农复合型 special forest farmer composite type	21	药用植物-毛泡桐	华北平原
	22	药用植物-竹子	华中地区、岭南地区
	23	人参-红松	东北地区
	24	黄连-杉木	华中地区、岭南地区
	25	作物-杉木-黄连	华中地区、岭南地区
	26	作物-毛泡桐-药用植物	华中地区、华北平原

注:根据文献[17-18,22]整理。According to literature [17-18,22].

中国林农复合经营结构复杂、模式多样,并在空间上呈现差异化的特点。中国林农复合系统单位有 26 种,涉及了 7 种林农复合模式。在华北平原,林农系统几千年来一直被广泛应用,最常见的系统单元是小麦/大豆-杨树、作物-槐树和谷物/棉花-毛白杨。而在南方地区,水稻/小麦/油料作物-落羽杉、玉米/大豆/小麦-核桃仁、水稻/玉米-尼泊尔桉木-江南桉木、谷物/棉花/油料作物-白蜡树、茶树-尼泊尔桉木和茶树-湿地松等模式比较常见。中国西北半干旱地区是典型的林牧系统,以沙枣-

紫花苜蓿和白榆/旱榆-饲料物种模式为代表。林渔系统在东部、中部和南部地区广泛应用,主要包括池塘-小麦/水稻-垂枝池杉和池塘-水稻-桃子/棕榈两种模式。林农医药系统主要分布在东北地区、中部地区和南方地区,主要包括作物-杉木-黄连和作物-毛泡桐-药用植物两种类型。

3 结 论

经过对林农复合经营机制的分析可以发现,这一经营模式的成效受到一系列复杂因素的影响。其中,生物物理条件为林农复合经营提供了基础框架,决定了可能的系统类型和经营模式;社会经济条件构成了林农复合经营的经济基础,直接影响到经营的可行性和盈利能力;农户的禀赋条件,如土地、资本和劳动力,对经营效果有着决定性的影响;生产企业的参与程度和经营策略,决定了林农复合经营的生产内容与结构;而政策和保障措施则为林农复合经营提供了必要的支持和激励。

在全球范围内,不同地区的林农复合经营实践展现了多样化的特点。欧洲和美洲的林农牧复合经营体制依托于科研院所的科技支撑,实现了精细化的农业生产与管理。相比之下,在亚洲,尤其是中国,由于地块规模和技术条件的限制,依然以传统的农林牧复合经营系统为主。中国的林农复合经营历史悠久,经营模式呈现出多样化和生态化的特点,但在技术运用和生产效率方面,与国际先进水平相比仍有显著的差距。因此,林农复合经营体系是一个涉及多方面因素的复杂系统。不同地区的实践表明,成功的林农复合经营需要因地制宜,结合当地的生物物理条件、社会经济条件和农户禀赋,以及企业的参与和政策的支持。这些因素共同作用,塑造了林农复合经营的多样性和复杂性。结合以上分析,提出如下政策建议:

1) 因地制宜地建立林农复合经营机制。为了实现林农复合经营的可持续发展,必须考虑到地域特色和资源禀赋,制定出适应当地条件的经营策略。这包括对土壤、气候、水资源等自然条件的深入研究,以及对市场需求、农户能力、技术支持等社会经济因素的全面评估。通过综合考量上述影响要素,可以识别出林农复合经营的障碍因子,并制定出针对性的解决方案,从而为林农复合经营提供坚实的基础。

2) 积极改善农户生产理念和技术水平。提升农户的生产理念和技术水平是提高林农复合经营效率的关键。这需要通过教育和培训,帮助农户了

解最新的农业科技,掌握现代经营管理知识。同时,推广适宜的农业技术,如节水灌溉、有机耕作等,以提高土地的产出效率。此外,加强农户对市场信息的获取能力,提升他们对市场变化的适应性和决策能力,也是改善农户生产理念的重要方面。

3) 构建风险防御机制和政策保障体系。选择与区域环境相匹配的经营模式。通过建立风险基金、提供政策性保险等措施,可以有效降低经营风险,保障农户的利益。此外,政策保障体系的建立,如财政补贴、税收优惠、金融贷款等,也为农户提供了额外的支持,增强了他们应对市场变化和自然风险的能力,从而促进了林农复合经营的长期稳定发展。通过这些措施,可以确保林农复合经营模式与当地环境相匹配,实现生态、经济和社会效益的最大化。

参考文献(reference):

- [1] AMADU F O, MILLER D C, MCNAMARA P E. Agroforestry as a pathway to agricultural yield impacts in climate-smart agriculture investments: evidence from southern Malawi [J]. *Ecological Economics*, 2020, 167: 106443. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2019.106443.
- [2] IPCC. Global warming of 1.5 °C [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2022. DOI: 10.1017/9781009157940.
- [3] MÜLLER C, CRAMER W, HARE W L, et al. Climate change risks for African agriculture [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2011, 108(11): 4313-4315. DOI: 10.1073/pnas.1015078108.
- [4] LIN B B. Agroforestry management as an adaptive strategy against potential microclimate extremes in coffee agriculture [J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2007, 144(1/2): 85-94. DOI: 10.1016/j.agrformet.2006.12.009.
- [5] GOMES L C, BIANCHI F J J A, CARDOSO I M, et al. Agroforestry systems can mitigate the impacts of climate change on coffee production: a spatially explicit assessment in Brazil [J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2020, 294: 106858. DOI: 10.1016/j.agee.2020.106858.
- [6] CIPIC. Climate change 2014: mitigation of climate change [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2015. DOI: 10.1017/cbo9781107415416.
- [7] CHANDRA A, MCNAMARA K E, DARGUSCH P. Climate-smart agriculture: perspectives and framings [J]. *Climate Policy*, 2018, 18(4): 526-541. DOI: 10.1080/14693062.2017.1316968.
- [8] LIPPER L, THORNTON P, CAMPBELL B, et al. Climate-smart agriculture for food security [J]. *Nature Climate Change*, 2022, 4: 1068-1072. DOI: 10.1038/NCLIMATE2437.
- [9] 况小宝, 张本俊, 史志华. 农林复合经营系统研究现状 [J]. *江西林业科技*, 2003, 31(2): 29-31. KUANG X B, ZHANG B J, SHI Z H. Present research situation on agroforestry management system [J]. *Jiangxi Forestry Science and Technology*, 2003, 31(2): 29-31. DOI: 10.16259/j.cnki.36-1342/s.2003.02.009.
- [10] 熊文愈, 薛建辉. 混农林业: 一条发展林业的有效途径 [J]. *世界林业研究*, 1991, 4(2): 27-31. XIONG W Y, XUE J H. Agro-

- forestry: an effective way for forest development [J]. World Forestry Research, 1991, 4 (2): 27-31. DOI: 10.13348/j.cnki.sjlyyj.1991.02.006.
- [11] 赵恺, 岳永杰, 李旭, 等. 科尔沁沙地林农复合经营综合效益评价[J]. 林业调查规划, 2022, 47(5): 146-151. ZHAO K, YUE Y J, LI X, et al. Comprehensive benefit evaluation of agroforest management in Horqin sandy land [J]. Forest Inventory and Planning, 2022, 47 (5): 146-151. DOI: 10.3969/j.issn.1671-3168.2022.05.026.
- [12] 冯渊圆, 胡海波, 祝文斌, 等. 苏北沿海林农复合经营系统环境特征及农作物光合特性[J]. 江苏农业学报, 2019, 35(1): 96-102. FENG Y Y, HU H B, ZHU W B, et al. Study on environmental characteristics and photosynthesis characteristics of crops for agroforestry management systems in northern Jiangsu Province [J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2019, 35 (1): 96-102. DOI: 10.3969/j.issn.1000-4440.2019.01.014.
- [13] 周玉新, 周健芝, 戴迎春. 基于 Probit-ISM 模型的农户林农复合经营行为影响因素分析[J]. 中国农学通报, 2018, 34(30): 153-159. ZHOU Y X, ZHOU J Z, DAI Y C. Influencing factors of farmers' behavior of agroforestry based on probit-ISM model [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2018, 34(30): 153-159.
- [14] 朱玲, 周玉新, 唐罗忠, 等. 我国林农复合经营模式及其综合评价方法[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2015, 39(4): 149-156. ZHU L, ZHOU Y X, TANG L Z, et al. A review on the management models and comprehensive evaluation methods for agroforestry in China [J]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition), 2015, 39 (4): 149-156. DOI: 10.3969/j.issn.1000-2006.2015.04.026.
- [15] SMITH J. The history of temperate agroforestry [R]. Newbury, UK: Organic Research Centre, 2010.
- [16] CAMILLI F, PISANELLI A, SEDDAIU G, et al. How local stakeholders perceive agroforestry systems: an Italian perspective [J]. Agroforestry Systems, 2018, 92 (4): 849-862. DOI: 10.1007/s10457-017-0127-0.
- [17] 李昌晓, 李昌阳, 汤兴华. 几种典型混农林业模式的综合评价[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2003, 28(2): 288-293. LI C X, LI C Y, TANG X H. A study on integrated evaluation of several typical agroforestry models [J]. Journal of Southwest China Normal University (Natural Science), 2003, 28(2): 288-293. DOI: 10.13718/j.cnki.xsxb.2003.02.029.
- [18] 童婷婷, 周玉新, 唐罗忠. 林农复合经营经济效益评价研究现状与展望[J]. 世界林业研究, 2013, 26(5): 13-18. TONG T T, ZHOU Y X, TANG L Z. Current state and prospect of economic benefits evaluation of agroforestry management [J]. World Forestry Research, 2013, 26 (5): 13-18. DOI: 10.13348/j.cnki.sjlyyj.2013.05.009.
- [19] 刘俊杰, 张晖, 陈思焜. 农户参与林农复合经营的影响因素分析: 以黄淮海地区江苏丰县为例[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(10): 410-412. LIU J J, ZHANG H, CHEN S K. Analysis of factors influencing farmers to participate in agroforestry: taking Fenxian County of Jiangsu Provinces as an example [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2014, 42 (10): 410-412. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1302.2014.10.138.
- [20] 李勇美, 张金池, 郭小平, 等. 不同林农复合经营模式对作物生长和产量的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2013, 41(2): 61-68. LI Y M, ZHANG J C, GUO X P, et al. Effects of different agro-forestry models on crop growth and yield [J]. Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition), 2013, 41(2): 61-68. DOI: 10.13207/j.cnki.jnwafu.2013.02.017.
- [21] 杨灿, 李建军, 黄静, 等. 洞庭湖洲滩人工林林农复合经营模式与综合效益研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2017, 37(5): 106-112. YANG C, LI J J, HUANG J, et al. Research of agroforestry compound management model and general benefits on Dongting Lake marshland plantation [J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2017, 37 (5): 106-112. DOI: 10.14067/j.cnki.1673-923x.2017.05.019.
- [22] 谢京湘, 于汝元, 胡涌. 农林复合生态系统研究概述[J]. 北京林业大学学报, 1988, 10(1): 104-108. XIE J X, YU R Y, HU Y. Overview of agroforestry complex ecosystem research [J]. Journal of Beijing Forestry University, 1988, 10(1): 104-108.
- [23] 娄安如. 生物多样性与我国的农林业复合经营[J]. 生态农业研究, 1994, 2(4): 14-17. LOU A R. Biodiversity and agroforestry management in China [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 1994, 2(4): 14-17.

(责任编辑 郑琰燚)