

冯宗炜 王敦科 吴刚 刘国华 著

农林业系统结构和功能

——黄淮海平原豫北地区研究



中国科学技术出版社

农林业系统结构与功能

——黄淮海平原豫北地区研究

冯宗炜 王效科 吴 刚 刘国华 著

中国科学技术出版社

(京) 新登字175号

内 容 提 要

这是一本介绍农林业系统的专著。作者在试验考察基础上,从生物学、生态学、经济学的高度,对黄淮海平原豫北地区的农林业系统的结构特征、生物量和生产力、能量流、物质流、价值流以及土地利用状况进行了较深入的研究,给该地区的农林业发展提供了理论依据,也可供从事农业、林业工作的科技人员参考。

农林业系统结构与功能

—黄淮海平原豫北地区研究

冯宗炜 王效科 吴 刚 刘国华 著

责任编辑 杨树高

中国科学技术出版社出版(北京海淀区白石桥路32号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京密云印刷厂印刷

开本: 850×1168毫米 1/32 印张: 5.0插页: 字数: 150千字

1992年10月第一版 1992年10月第一次印刷

印数: 1—1 000册 定价: 9.50元

ISBN 7-5046-0787-8/S·111

前 言

在我国广大的农村，无论是南方、北方、山区或平原，人口的急剧增长，带来了一系列供需矛盾和生态、经济问题，诸如粮食不足，能源紧张，土地退化，劳动力过剩，人均收入低下等等，严重影响农村社会经济建设的持续发展。现实使大家认识到，依靠传统的单一的农业或林业生产经营方式，已无法满足人们日益增长的物质和文化生活的需要。许多生态学家、农学家和林业学家都在寻求新的农业、林业生产方式，旨在为广大农村摆脱贫困，使农业和林业生产得以持续发展。

国际上，在20世纪70年代有关的农林刊物上出现过“树作农业”（tree-crop agriculture）。所谓树作农业就是在农业结构中渗入林业成分，把林业看成农业的一个组成部分，将农业经营和林业经营结合起来，在同一块土地上获得农产品和林产品。近十年来，在这方面又有了新的进展，出现了农林业系统（agroforestry system）的研究热潮。1982年国际农林业研究委员会（ICRAF）对农林业系统的概念作了如下的定义：“农林业系统是通过空间和时间布局安排，将多年生木本植物精心地用于农作物和（或）家畜所利用的土地经营单元内，使其形成各组分间在生态上和经济上具有相互作用的土地利用系统和技术系统的集合”。1986年费尔南德斯（Fernandes）和耐尔（Nair）又对上述定义作了四点补充解释：（1）农林业系统中通常包括两种以上的植物（或植物和动物），其中至少有一种植物是多年生木本植物（乔木、灌木、棕榈、竹子等）；（2）一种农林业系统总是有两种以上的产品输出；（3）一个农林业系统的循环周期总是在一年以上；（4）从生态（系统的结构和功能）和经济方面看，即是最简单的农林业系统也比单一种植的作物系统要复杂。近年来农林业系统在第三世界一些国家推行，取得了良好的结果。如印度尼西亚爪哇岛的农林业计划，1981年至1985年间，通

过实行农林间作，发展薪炭林和养蜂业，实行林牧结合，成林下种药材等，使环境得到改善，农民收入增加，在尼泊尔的格耐斯尔鲍得（Gnesselbod）林区为制止毁林开荒和恢复森林生产力的农林业计划，则是通过开发利用当地的多用途树种建立的各种类型的农林业系统，为农民提供多种生活必需品，从而减轻了对森林的破坏和水土流失；又如西非撒哈拉南部的奥克斯发姆（Oxfam）农林业计划，从改善生态环境和提高土地利用率出发，以村为单位开展农林业建设，1981年在6个村建设，1982年扩展到15个村，1984年又扩展到120个村，该项计划使当地水土流失得以控制，农业产量取得增长。其他如印度的古吉拉特计划，泰国东北部的多样化森林恢复计划，哥斯达黎加的多目标农林业计划等等，也都取得了类似的效果。

应当指出，“农林业系统”这一名词虽然在1978年以后才在文献中出现，但这方面的生产实践和研究在我国有着悠久的历史，其实农林业系统就是人们在长期的生产实践中，在认识自然生态系统的基础上，模拟自然生态系统而建立起来的有明确生产目标的农林结合的人工生态系统。享有盛名的我国珠江三角洲的“桑基鱼塘”，太湖流域的“桑田鱼塘”即是最突出的例证。我国是一个多山的国家，长期以来，南方山地群众在经营杉木林的实践中就有着一套完整的农林间（轮）作的经验。皖南山区有一首民谣：“单种树木不合算，混种桐粮一举两，秋收玉米和桐籽，树木长得赛旗杆”，生动的表达了农林业系统的好处。

近年来，我国生态农业、生态林业有了很大的发展，特别是随着黄淮海平原大规模的中低产田综合治理和防护林体系的建设，出现了多种多样的农林业系统类型，为提高光、热、水、土资源利用率，改善生态环境，增加系统生产力和农村经济活力，开辟了广阔的途径。但是，迄今为止，把农林业系统作为一个复杂的人工生态系统，深入研究其结构和功能特点，对它的生态效益、社会效益和经济效益进行科学的定量分析和评价，这方面的研究文献和著作尚不多。有鉴于此，我们在参加黄淮海平原中低

产田综合治理和开发之际，对豫北地区的农林业系统作了面上调查，并选择封丘县境的一些典型类型进行了定位观测研究。这本小册子就是在上述地区，通过对农林业系统的类型分类，典型类型的生物量、生产力以及能量流、物质流、价值流和综合效益进行静态和动态模拟分析，并将农林业系统与当地的农业、林业系统进行比较所获得的大量数据和资料的基础上写成的。由于研究时间所限，应该说这仅是抛砖引玉之举，不当之处，在所难免，敬请读者批评指正。

最后必须提出的是，此项研究得到中国科学院封丘农业生态实验站的资助，野外工作期间得到站上领导和同志们的大力协作，写作过程中又得到站上的领导的鼓励和支持，在本书的完成过程中，研究室的各位老师 and 同志也给予了很大的帮助，在此一并致以衷心的感谢。

作 者

于北京中国科学院生态环境研究中心

1991年12月

目 录

前 言

第一章	黄淮海平原豫北地区自然条件和农业、林业生产概况.....	(1)
	一、自然条件.....	(1)
	二、农业和林业生产概况.....	(3)
第二章	黄淮海平原豫北地区农林业系统的分类.....	(6)
	一、现有的农林业系统的分类方法和原则.....	(6)
	二、农林业系统的结构分类法.....	(9)
	三、豫北平原地区农林业系统的特征和现状.....	(11)
	四、小结.....	(14)
第三章	河南封丘农林业系统试验地的自然条件和研究内容.....	(16)
	一、研究地点.....	(16)
	二、主要研究内容.....	(18)
第四章	农林业系统的结构特征.....	(22)
	一、农田防护林的结构特征.....	(22)
	二、桐粮间作的结构特征.....	(23)
	三、果粮间作的结构特征.....	(23)
	四、三种农林业系统的结构特征比较.....	(24)
	五、小结.....	(27)
第五章	农林业系统的生物量和生产力.....	(28)
	一、农林业系统中林木生长状况.....	(28)
	二、农林业系统中林木的生物量和生产力.....	(32)
	三、农林业系统中农作物的生物量和生产力.....	(37)
	四、农林业系统的生物量和生产力.....	(39)
	五、农林业系统与农田系统、林地系统和果园系统的生物量和生产力比较.....	(41)
	六、农林业系统的归还状况.....	(43)
	七、农林业系统的输出状况.....	(45)
	八、农林业系统与农田、林地和果园系统的物质归还和输	

	出状况比较	(47)
	九、小结	(48)
第六章	农林业系统的能量流	(50)
	一、农林业系统的分室模型	(51)
	二、能量流的计算分析方法	(53)
	三、农林业系统能量的投入状况	(59)
	四、农林业系统能量的利用状况	(60)
	五、农林业系统能量的贮存状况	(62)
	六、农林业系统能量的归还状况	(63)
	七、农林业系统能量的输出状况	(64)
	八、农林业系统能量的投入输出效率	(65)
	九、农林业系统的能量流与农田、林地和果园系统的比较	(66)
	十、小结	(71)
第七章	农林业系统的物质流	(73)
	一、物质流计算分析方法	(74)
	二、农林业系统物质的投入状况	(83)
	三、农林业系统物质的吸收状况	(84)
	四、农林业系统物质的贮存状况	(86)
	五、农林业系统物质的归还状况	(87)
	六、农林业系统物质的输出状况	(89)
	七、农林业系统物质的投入输出效率	(90)
	八、农林业系统的物质流与农田、林地和果园系统的比较	(91)
	九、小结	(98)
第八章	农林业系统的价值流	(100)
	一、价值流的计算分析方法	(100)
	二、农林业系统价值的投入状况	(101)
	三、农林业系统价值的增加状况	(103)
	四、农林业系统价值的贮存状况	(104)
	五、农林业系统价值的归还状况	(105)
	六、农林业系统价值的输出状况	(107)
	七、农林业系统价值的投入输出效率	(108)

	八、农林业系统与农田、林地和果园系统的价值流比较·····	(109)
	九、小结·····	(112)
第九章	农林业系统的土地利用状况·····	(114)
	一、土地利用状况的表示方法和计算·····	(114)
	二、小结·····	(119)
第十章	农林业系统的动态分析·····	(120)
	一、动态模型的建立·····	(120)
	二、林木生长状况模拟·····	(121)
	三、农林业系统的生物量和生产力模拟·····	(121)
	四、农林业系统的能量流模拟·····	(124)
	五、农林业系统的物质流模拟·····	(127)
	六、农林业系统的价值流模拟·····	(133)
	七、农林业系统与农田、林地和果园系统的动态模拟结果 比较·····	(136)
	八、小结·····	(139)
第十一章	农林业系统的综合效益分析·····	(140)
	一、综合效益评价方法·····	(141)
	二、农林业系统的综合效益·····	(142)
	三、农林业系统的综合效益与农田、林地和果园系统的 比较·····	(144)
	四、小结·····	(145)
第十二章	黄淮海平原豫北地区农林业发展展望·····	(146)
	一、豫北平原地区发展农林业生产的必要性·····	(146)
	二、农林业发展的现存问题·····	(148)
	三、现有农田区的农林业建设·····	(149)
	四、农林业建设在沙荒地、沼泽地和盐碱地改良中的作 用·····	(151)

第一章 黄淮海平原豫北地区自然条件和农业、林业生产概况

豫北平原地区位于黄淮海平原中部、地处河南省黄河以北，包括新乡和安阳两个地区的平原部分，面积近2万平方公里，占河南省全省总面积的11.3%，耕地面积1750万亩，占全省耕地的17%左右，是河南省重要的粮棉油生产基地，也是河南省经济发展较快的地区。

一、自然条件

豫北平原大体呈菱形，西北边为太行山，南边和东南边濒临黄河，北边与河北省接壤。从地形上可分为三个地理类型区：

(1) 太行山前冲积平原区(卫河和古阳河以西)：北片小地形起伏明显，有一些残丘和岗间洼地，岗洼的面积都较大，南片除几片低洼地和两个低平岭地外，地形较为平坦，是良好的农业耕作区；(2) 沙性黄河冲积平原(卫河和古阳河以东)：包括了豫北平原的一半以上面积，受历代黄河的变迁影响特别大，沙地、沙丘多，沙壤土和淤土交错分布，地势低平，排水不畅，盐碱地和低洼地较多；(3) 沿黄背河洼地和河滩区：此区有三种类型的地形，一为受黄河侧渗影响大，地下水位高，土壤盐渍化严重；二是间有沙丘，地面不平，受河流冲蚀，常有崩塌发生；三是较平坦的滩地，多为不固定的农田。地形的差异也造成了每一类型区的农业林业生产方式和发展水平有着明显差异。

豫北平原土壤类型多种多样，总的说来，平坦地多为发育在黄河冲积物上的两合土，土壤有机质含量比较高，土壤结构好，肥力较高；洼地多为淤土、沙壤土和盐渍土，土壤发育较晚，作物生长发育不好。该地区的耕地中，还有沙地260万亩，盐

碱地185万亩，低洼易涝地400万亩。长期以来，由于没有足够的人力、物力、财力和技术力量，难以对这些土地进行开发利用和改良，严重的影响到这些地方农业、林业生产潜力的发挥。从土地资源看，土地利用比较低，如新乡地区有平原面积2216km²，其中耕地面积为196.97万亩，土地利用率为50%。黄河滩区的土地利用更低，只有4%。由此可见，豫北平原地区土地开发潜力相当大。如果有效地组织人力、物力和财力，采用适当的技术措施，如盐碱土改良，农业、林业和多种经营并举，可望使该区农业从单产和总产两方面都得以提高。

豫北平原属暖温带大陆性季风气候，主要气候特征是：四季分明，雨热同季，气象灾害频繁。四季气候特点可概括为：春季干旱风沙多，夏季炎热雨充沛，秋高气爽季节短，冬季干旱雨雪稀。该地区年平均气温约14℃左右，西部年平均气温比东部高。年极端最高气温可达42℃以上，绝大部分出现在6月下旬；年极端最低气温在-16.7~-21.3℃之间，多出现在1月份。气温季节变化明显，1月平均气温1~10℃，7月平均气温27.1~27.5℃，4月和10月平均气温14.6~15.4℃。气温的日较差也比较大，平均11℃左右，并随海拔高度的递增从东向西逐渐增大。年平均无霜期为208~222天。≥10℃的平均积温为4649.7℃，年平均太阳辐射110.30~119.09k·Cal/cm²，年平均光合有效辐射54.00~58.33k·Cal/cm²，年平均日照时数为2293.7~2504.8小时。

豫北平原年降水量平均在550~640mm，丰水年和平水年差别很大，相对变率达20~26%，降水季节变异也很大，夏季降水占全年降水的60~70%。降水在地区分布上，南部比北部多，西部比东部多，全地区平均降水日数70~90天，连续降水日多出现在9月至11月，一般是9~10天，对三秋不利。

豫北平原自然灾害比较频繁，主要有旱灾、风沙、干热风、冰雹和霜冻等，并且旱涝交替，一年连续不降水日数可达70~95天，多出现在冬末夏初，据统计：新乡在近500年间，大旱平均13年一次。风沙多出现在冬春季节，平原风速大于山区，风速大

于16m/s的大风日数15~25天，干热风平均两年一次，频繁的自然灾害常导致该地区农业、林业生产不稳定。

豫北平原分属于海河流域和黄河流域的一部分，按水资源特点和利用方式可将该地区分为二区：（1）水源充沛的平原区，有较丰富的地下水，黄河和其他河渠的侧渗补给量大，但有些地方易出现盐渍化，应该注意排灌结合；（2）水分富集的沿黄背河洼地区，地下水资源相当丰富，但分配不均，低洼地可以种植水稻，高岗地常常由于土壤保水能力差，而使农作物受旱。

总之，从自然环境看，该区热量和光照资源丰富，降水比较充沛，并且，雨热同季，大部分地区水资源丰富，有利于农作物和林木的生长发育，为该地区农业、林业发展提供了良好的自然条件。但是，另一方面，降水年际变化和季节变化比较大，易形成旱涝灾害，加上风沙、冰雹和霜冻等气象灾害比较频繁，也限制了该区农业、林业生产潜力的发挥，使农业和林业发展很不稳定。如果我们能够采用有效的生产方式和措施，如建设农田防护林体系，搞好农田基本建设等，都会帮助该区农业和林业走上持续高效的发展道路。此外，本地区尚有较大面积未开垦的沙荒地、盐碱地和低洼地，也为该地区农业、林业生产的发展提供了巨大的潜力。因此，采用有效的技术措施，开发尚未开垦的土地，改良中低产田，是该区经济持续稳定发展的前提。

二、农业和林业生产概况

农业是豫北平原地区的主要产业部门，约有80~90%的劳动力从事农业生产，因而该区农业的发展对该区整个国民经济的发展至关重要，与河南省其他农业区相比，该地区的农业总的水平较高，发展速度也较快。

1、农业生产结构单一。种植业是本地区农业的第一大部门，种植业产值占整个农业产值的70%以上。粮食生产在该地区国民经济中占有举足轻重的地位。主要粮食作物有小麦、玉米、

谷子、水稻、红薯和大豆等。同时本地区又是河南省重要的棉油生产基地，棉花、油菜、花生等经济作物生产也很发达。但是，农业以种植业为主的单一结构，也限制了农业生产的持续发展，特别是本区自然条件对农业发展有利也有弊，要提高光热水土资源的利用率，增加农民收入，就必须针对不同的土地类型，发展多样化的农业和林业生产方式，促进地区经济全面发展。

2. 农业产量低而不稳，发展潜力很大。本地区由于自然灾害频繁，土壤多为沙性，粮食产量低而不稳。粮食平均单产只有200公斤左右。目前尚有不少沙荒地、沼泽地和盐碱地未开发利用，因此农业生产潜力有待开发。采用有效措施，解决农业产量低而不稳的局面，开垦未利用的土地资源，应该是本地区农业和林业发展的主要任务。

3. 林业生产发展缓慢。本地区林业生产底子薄，经过几十年的发展，人均林地面积仍低于河南全省平均水平。林业产值占整个农业产值的1~2%，林地面积也相当有限，以新乡地区1985年为例，林地占全区土地面积的21%，森林覆盖率为13.4%，其包括西部山区和丘陵区，平原地区的远比该值小，并且林木多栽种在沙荒地、沼泽地，人为管理不善，林木生长发育不良，因而造成薪材、木材十分短缺。

近一二十年来，随着黄淮海平原中低产田综合治理和农田防护林体系的建设，出现了大面积农田防护林和以桐粮间作为主的农林业系统。农田防护林、桐粮间作和果粮间作等农林业形式在本地木材和薪材生产中占有重要地位。如前所述，豫北平原地区自然灾害频繁，森林覆盖率低，生态环境脆弱，农业产量低而不稳，农村燃料缺乏。农田防护林和桐粮间作、果粮间作等农林业系统的建设对于增加森林覆盖率，防御干热风，固沙改土，改善生态环境，保障农业生产，增加木材、燃料和果品生产，解决农村劳动力就业和提高人民经济收入等方面都已显示出或正在显示出它的优越性。但是，在黄淮海平原地区怎样进行农林业系统的建设，如何正确的对现有的农林业系统进行科学的评价，尚有许多

研究工作要跟上，为此，有必要选择有代表性的类型，从生态学的原理出发，应用系统分析的方法，全面评价农林业系统的结构、功能和生产力的特征，并与单一的农田和林地系统进行比较，从中得出科学结论，旨在为该地区农林业系统的建设提供科学依据和技术指导。

第二章 黄淮海平原豫北地区农林业系统的分类

豫北平原有分布广泛, 类型丰富多样的农林业系统, 为了选择典型的农林业系统类型, 以便研究其结构和功能特征, 提出适合当地自然、社会和经济条件的优化类型模式, 首先就应该对现有的农林业系统进行分类。

一、现有的农林业系统的分类方法和原则

农林业系统的分类已引起国内外专家的关注, 但是由于世界各地自然、社会、经济和历史条件不同, 与此相应的农林业系统模式也就种类繁多, 千差万别, 很难统一, 因此, 现在还未形成一个统一的分类系统。目前国际上比较完整的分类系统是由在国际农林业研究委员会 (ICRAF) 工作的耐尔 (Nair) 于 1985 年提出的。ICRAF 从一开始就非常重视这一项工作, 首先通过收集大量非洲、南中美洲的有关农林业系统的资料, 建立了农林业系统数据库 (AFSI) (Nair, 1987), 在此基础上, 提出了四种分类标准 (Nair, 1985): 系统结构、功能、生态环境和社会经济规模。按这四个标准来作的划分见表 2-1。

表 2-1 不同标准进行的农林业系统划分

分类标准	解 释	分类结果
系统结构	系统的组分和组分间相互关系 (即组分配置)	农林业、牧草业、农林草业
系统功能	农林业的目的和价值, 代表系统的输出和各组分的作用	生产功能 (满足基本需要的生产)、保护作用 (土壤保护、土壤肥力促进)
生态环境	系统的环境基础	按生态带 (湿润低地热带、干旱半干旱热带、高地热带)
社会经济规模	系统生态规模、管理水平、经济收入等	按热量带 (热带、亚热带、温带等) 按土壤性质 (沙地、盐碱地) 商业的、中等的或持久的

由于其每一分类标准都有优缺点，因而很难找到一种全球都适用的统一的分类标准，为此，在实际工作中，耐尔认为应根据工作的目的和性质选择具体的标准来划分农林业系统。无论如何，农林业系统可以被分为三个组分：多年生木本植物、一年生农作物和动物。因此，第一步可将农林业系统按组分划分为农林业、林草业和农林草业等类型，然后再根据农林业的目的来做进一步划分。其分类系统的命名可将以上第一步的三个分类名之一作为前缀，如土壤保持性质的农林业(Agrisilvicultural systems for soil conservation)。耐尔(Nair, 1985)根据此原则对世界主要热带地区的农林业系统进行了分类，得出了一个逻辑性强的、简单的、规范化的和目的指向的农林业分类系统。

邹晓敏等(1990)也撰文将中国的农林业系统大体上分为7种系统类型(System type)和26个系统单元(System unit)，详见表2-2。其分类系统中的系统类型是指具有同性质的一组农林业系统，在该组内，主要系统组分有着经济上、社会上和环境上的密切关系，他首先将中国的农林业系统的主要组分划分为农业、林业、家畜、渔业和中药材业，根据这五种组分的不同组合做第一级分类，其命名借用其主要组分的名称组合。如农林草业、农林渔业。他提出的系统单元是指能反映主要组分间的特定生物关系和需要相似的管理策略和技术措施的基本功能单元，一个单元是由特定组分和其他组分组合而成，其命名是由每一组分的名称组合而成或特定种与概括其他种基本特征的普通名词构成。如小麦/大豆—泡桐，药用植物—竹子。

以上两种方法都可以称为组分分类法(componental classification)，这两种分类方法并没有很好地反映出原作者所说的分类原则，即一个好的分类系统应该1)能够反映系统中各组分间的生物的、社会的和经济的关系；2)易于理解和应用(邹晓敏, 1989)，只是简单的按组成农林业系统的各个组分来划分，既没有很好地反映出农林业系统与其他农田、林地系统的区别，也没有反映出农林业系统的结构和功能特征，只是简单的将系统

表2-2 中国农林业系统的分类
(字母代表系统类型, 数字代表系统单元)

A. 农林业系统	1. 小麦/大豆-泡桐 2. 农作物-槐树 3. 水稻/小麦/油料作物-泡桐 4. 玉米/大豆/小麦-核桃 5. 谷物/棉花-毛白杨 6. 水稻/玉米-旱冬瓜/江南恺木 7. 谷物/棉花/油料作物-芥 8. 茶-旱冬瓜 9. 茶-湿地松 10. 蔬菜-树/竹园
B. 林草业系统	11. 胡颓子-紫花苜蓿 12. 榆-饲料作物 13. 油茶-薪炭灌木
C. 农林草业系统	14. 薪炭林-蛋白/油料作物-饲料作物
D. 林渔业系统	15. 鱼塘-榆树 16. 鱼塘-水杉 17. 鱼塘-落羽杉 18. 鱼塘-桑树
E. 农林渔业系统	19. 鱼塘-小麦/水稻-泡桐 20. 鱼塘-水稻-梨/猕猴桃
F. 林中药材系统	21. 中药材-泡桐 22. 中药材-竹子 23. 人参-杉木 24. 黄连-杉木
G. 农林中药材系统	25. 农作物-杉木-黄连 26. 农作物-泡桐