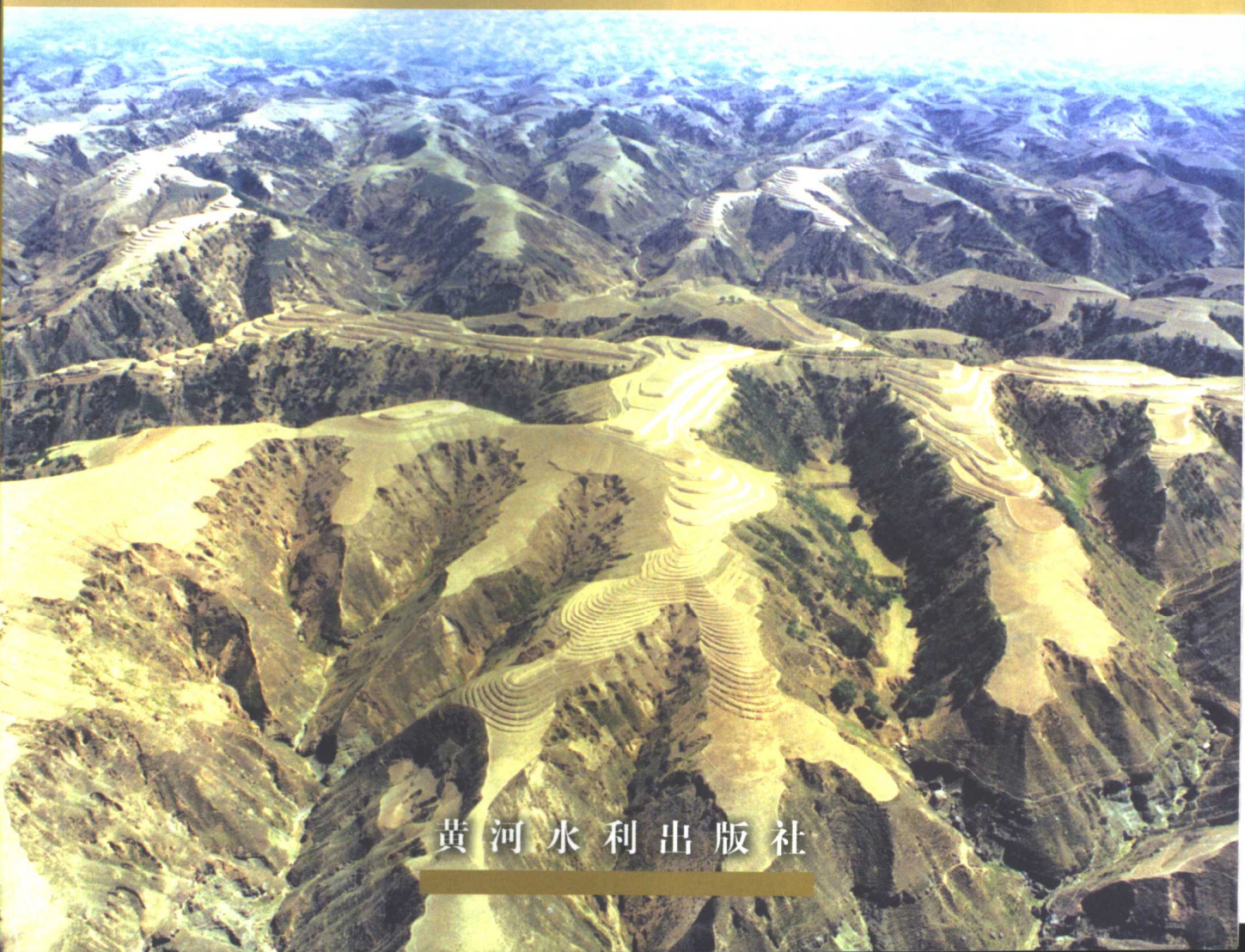


《重塑黄土地》系列丛书

黄土高原流域农林复合配置

主 编 吴发启 刘秉正



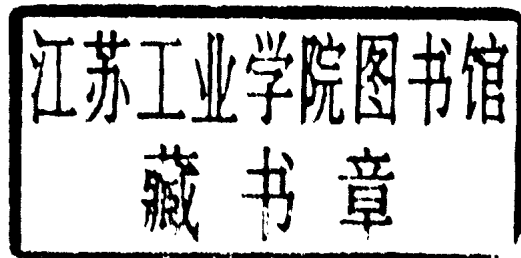
黄河水利出版社

《重塑黄土地》系列丛书

黄土高原流域农林复合配置

主 编 吴发启 刘秉正

副主编 赵 忠 赵晓光 朱首军



黄河水利出版社

内 容 提 要

本书以位于黄土高原南部的陕西省淳化县泥河沟流域为对象,针对土壤侵蚀、农村经济发展和农民增收等主要问题,较为系统地开展了流域农林复合技术措施的时空配置和理论机理研究。主要包括了流域农林复合建设的自然条件与社会经济条件,农林复合规划与设计,塬面农林复合系统,沟谷农林复合系统,复合系统建设中的土壤侵蚀、界面水分、经济林果、粮食生产研究和泥河沟流域农林复合生态经济系统特征等内容。这是 15 年工作的结晶,可供有关黄土高原水土保持、流域管理、生态环境修复与重建等方面的专业人员及高等院校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

黄土高原流域农林复合配置/吴发启 刘秉正主编

郑州:黄河水利出版社,2003.4

(重塑黄土地系列丛书)

ISBN 7-80621-490-9

I. 黄… II. ①吴…②刘… III. 黄土高原—流域
—水土保持—农业工程—研究 IV. S157

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 050700 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮编:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话及传真:0371-6022620

E-mail: yrep@public2.zz.ha.cn

承印单位:黄委会设计院印刷厂

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:23.625

字数:572 千字

印数:1—1 500

版次:2003 年 4 月第 1 版

印次:2003 年 4 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80621-490-9/S·32

定价:58.00 元

《重塑黄土地》系列丛书编辑委员会

主 任： 陈宜瑜

副主任： 傅伯杰 申茂向 李 锐

编 委：(按姓氏笔画排列)

王 青 田玉龙 田均良 孙俊杰

齐 实 刘 健 刘文兆 刘国彬

刘秉正 李 锐 李 靖 李壁成

吴发启 周运宁 金争平 郭志伟

郝明德 梁一民 高世铭 谢永生

71A 02/12

序

黄土高原是中华民族的发祥地,她孕育了灿烂的华夏文明。周、秦、汉、唐等十三个朝代建都西安,在相当长的时期内黄土地区的繁荣昌盛曾让世界折服。但由于人们对水土资源的不合理利用和掠夺性开发,大面积森林和草原植被遭到破坏,水土流失和风蚀沙化加剧,不仅使该区社会发展缓慢、人民生活贫困,也造成黄河下游河床不断抬高,对下游广大平原地区的经济发展、人民财产与生态安全构成了严重威胁。因此,黄土高原水土流失综合治理和生态环境建设,一直受到党和国家的关切与重视。自20世纪50年代以来,国家投入了大量人力物力,在黄土高原开展了大规模的水土流失治理工程,取得了举世瞩目的成就。改革开放以来,随着国家经济实力的增强和民众生态环境保护与建设意识的提高,黄土高原水土保持事业进入了一个新的历史阶段。

从1986年开始,黄土高原水土流失综合治理研究被列入国家科技攻关计划,由中国科学院、农业部、林业部、水利部和陕西、山西、甘肃、宁夏、内蒙古五省自治(区)科委共同组织联合攻关,在黄土高原主要生态景观类型区选择了11条小流域,进行长期的水土保持定位试验示范研究。来自60多个单位、40多个学科专业的400多名科技工作者,针对土壤侵蚀强烈、风蚀沙化加剧、林草植被退化严重、地区经济落后等问题,将科学研究、技术开发、试验示范、推广应用相结合,对水土保持生态环境建设、农业和农村经济持续发展的科学和技术问题进行了连续和系统的试验与示范研究。经过连续15年的联合攻关,在黄土高原不同类型区建立了一批生态系统进入良性循环、社会经济初步实现持续发展的水土流失治理先进典型,开发集成了一批关键的实用技术,对黄土高原治理与开发的许多重大科学问题进行了深入研究,取得了一批既符合国家需求又具有重大科学价值的科研成果,将以小流域为单元的水土流失治理和黄土高原资源环境定位研究推进到了一个新的阶段。同时也锻炼培养了一支致力于黄土高原水土保持科学研究和技术开发、富有创新能力的中青年科技队伍。

《重塑黄土地》系列丛书以15年科技攻关研究为基础,用实际的试验结果、系统的观测数据、严谨的科学分析回答了关于黄土高原水土流失综合治理的许多重大科学问题。丛书既包括了针对区域重大科学问题的综合研究成果,又有各具特色的典型区治理示范结果;既包括了关键技术的创新和集成,又有长期定位的系统试验与基础数据的动态监测;既有过程机理与演变规律的研究,又有实用技术的推广;既回答了以小流域为单元如何进行综合治理,又回答了为

为什么要这样治理;既回答了现在(近期)有什么效果,又指出了将来(中远期)可能会产生什么影响。从理论到实践为黄土高原区域综合治理提供了科学依据。15年的科技攻关产生了广泛的社会效益,位于黄土丘陵沟壑区中部的安塞县纸坊沟试验示范区的变化表明,一个生态严重退化的小流域经过15~20年连续有序的治理可以初步实现生态系统的良性循环。为国家制定生态环境建设规划时确定未来50年水土保持的总体目标提供了科学依据。位于黄土高原沟壑区南部的长武县王东沟被选入全国第一批小流域综合治理样板,作为“王东模式”在渭北高原广泛推广,为陕西渭北粮果基地建设发挥了积极的推动作用。固原县上黄试验示范区为贫困的宁南山区建设闯出了致富新路,宁夏回族自治区人民政府投入数千万元在宁南“克隆”数百个“上黄”。此外,准格尔试验示范区的砒砂岩治理、定西试区的雨水利用、淳化试验示范区的经济林果发展、乾县试验示范区的旱作粮食增产、隰县试验示范区的土地资源综合开发、离石试验示范区的坝系农业、西吉试验示范区的农林发展,以及米脂试验示范区的沟壑整治与开发等,都为当地的水土流失综合治理和区域发展提供了成功的经验。在上述小流域研究的基础上,中国科学院西部行动计划及时提出扩大示范规模、加快治理进度的新目标,与陕西省人民政府联合在延安设立了707km²的中尺度试验示范区,取得了良好的效果,为水土保持生态建设区域化、规模化提供了成功的经验。在纪念江泽民总书记“再造一个山川秀美的西北地区”的伟大号召发表5周年之际,陕西省人民政府、水利部与中国科学院联合将水土保持生态建设试验示范进一步拓展到整个陕北地区,涉及25个县8万多平方公里。这标志着水土保持生态建设科学研究与试验示范已经由科技活动转化为政府行为,已经由小范围的示范研究发展到区域性规模化治理,也标志着科学技术发挥着越来越重要的先导作用。

我们也清醒地看到,黄土高原是一个特殊的地理区域,深厚的黄土层记录了丰富的第四纪地质与环境(包括人类演化)信息,强烈的水土流失和干旱沙化对我国乃至东亚地区环境变化构成强烈影响。随着治理的规模化、区域化发展,许多新的科学技术问题有待进一步深入研究,如现代地表过程变化规律及其对全球变化的响应,大规模水土保持综合治理对区域水、土、气、生物等环境要素以及产业结构的影响等。丛书还告诉人们,黄土高原的生态系统的恢复与重建是一项世纪工程,需要几代人的努力。只要遵循自然规律,坚持连续、有序的治理,黄土高原一定会实现山川秀美,再现昔日的辉煌,为中华民族的振兴作出更大的贡献。

中国科学院副院长
中国科学院院士

陈宜奎

2002年10月

前言

黄土高原是中华民族摇篮。在这块古老的土地上,黄帝及其后代子孙繁衍生息,创造了光辉灿烂的华夏文化。然而,由于人口过快增长而带来的毁林毁草、开荒种地,造成土壤侵蚀加剧、生态环境恶化,使得这一区域在近代一直处于贫困、落后的状态。为使这块土地重新焕发青春,自“七五”开始,黄土高原被列为国家区域治理科技攻关项目,在不同类型区设立了 11 个水土流失综合治理试验示范区(以下简称试区)进行定位研究,其中 7 个试区设在丘陵沟壑区,包括国家水土保持重点治理流域皇甫川、三川河、无定河、延河,国家扶贫重点的“两西”地区;4 个试区设在生态条件相对较好、国家级或省级果品和粮食基地的高塬沟壑区和台塬区。经过近 20 年的努力,11 个试区人均粮食由 382.5kg 提高到 546.4kg,人均收入由 218 元提高到 1 336 元,水土流失治理度由 46.1% 提高到 80.2%。科技攻关不仅改变了试区农业经济状况及生产条件,而且推动了整个黄土高原地区的综合治理与开发。北部能源基地的兴起,中部干、杂果基地的建设,中南部以苹果、梨为代表的鲜果基地的建立,以及农业基础设施的进一步完善,区域经济已经发生了巨大的改变。向世人显示,黄土高原深厚的黄土、充足的光热资源,是我国未来发展大农业最有希望的地区之一。

黄土高原区域治理科技攻关从“七五”到“九五”,研究思路的演变是:“七五”在区域范围上清查资源、战略研究,在典型区建立以小流域为单元的试验示范区,是打基础阶段,强调以开发促治理,在治理中求发展;“八五”在“七五”科技攻关成果的基础上,继续以小流域为单元,强调以提高治理质量和效益为研究重点,可称为深化和提高研究阶段;“九五”重点研究粮食高产与土地资源高效开发技术,稳定解决粮食自给问题,强调在较大范围内的示范与推广,并开始研究中尺度下的生态环境建设中的关键技术问题,可称为生态环境与农村经济的稳步发展阶段。总结 11 个试区水土流失综合治理的实践,可以概括出以下几点认识:

(1)在丘陵沟壑区,一个生态系统退化的小流域,经过 15~20 年连续有序的治理,可以建设成稳定高效的生态系统。以安塞县试验示范区为例,该流域从 1973 年开始,经过近 20 年的治理,经历了生态系统恢复阶段(6~10 年)、生态系统稳定发展阶段(7~10 年),现在已经进入了稳定高效的良性循环阶段。

(2)退耕还林还草是生态环境建设的根本措施。黄土高原的水土流失起源于土地的不合理利用。广种薄收是土地不合理利用的起因。坡耕地的土壤侵蚀量大于茂密林地的 5~10 倍。退耕农田重建植被,是减少水土流失的根本措施。实施这一措施,首先,要提高粮食单位面积产量;其次,要解决人们的思想观念问题,要彻底改变广种薄收的陋习;第三,若国家能大量投入粮食和资金,则农民退耕还林还草的积极性会大大提高,黄土高原造林种草的速度会大大加快。这将是黄河治理和加快黄土高原生态环境建设的重大举措,也是人们解放思想、更新观念的一个重大突破。

(3)发展特色经济、增加收入是生态环境建设的保障。在生态环境建设中,必须坚持以治理带开发、以开发促治理、治理开发并重的方针。各试区因地制宜地发展特色经济,增加

了农民收入,有力地促进了当地农民搞好生态环境建设的积极性。例如陕西长武试区,在对占土地面积 70% 的坡地的治理中,创造了沟坡开发的王东沟模式,把坡地变成了优质苹果生产基地,产值由每亩 20 元跃升到数千元,苹果成了王东村的主导产业和致富的重要途径。山西隰县试区建立的庭院经济、宁夏固原试区以发展果园为主的特色经济等,在引导农民致富奔小康上发挥了重要作用。特色经济的发展,使农民走上了集约化经营之路。他们主动退耕还林还牧,有力地促进了生态环境建设。

(4) 试验示范研究与地方政府生态环境工程相结合,能够迅速使科学技术转化成生产力。生态环境建设是一个涉及多学科、多专业、内容复杂的系统工程,只有依靠科技,遵循自然规律和经济规律,才能使该项事业顺利进行。地方政府的生态环境建设及水土流失治理必须与试验示范研究相结合,才能够迅速地使科学技术转化成生产力,大大加快生态环境建设的速度,提高生态环境建设的科学性和治理水平及效益。

(5) 正确处理好治理与开发的关系,不断提高综合效益,才能实现可持续发展。建设生态环境,治理水土流失,只有妥善处理好治理与开发的关系,科学合理地配置资源,解决好农民的生存、生产与发展问题,使长远利益与短期效益相结合,才能充分调动农民的积极性,从治害步入致富,最终实现可持续发展。

经过“七五”以来近 20 年的攻关研究,虽然取得了不少理论研究成果,并在实践应用中获得了较大的经济效益、社会效益和生态效益。但是,就区域总体而言,尚有许多课题需要进一步深入研究。例如,区域性生态恢复、重建的方式与标准;在国家要求该区域以生态效益为核心,进行高投入、快速治理、大面积退耕还林还草的情况下,怎样实现区域生态效益、经济效益和社会效益的有机结合,既可实现区域生态环境的良性循环,又能实现区域经济的快速协调发展,以实现区域经济、社会发展的可持续性。

以黄土高原区域治理科技攻关成果为基本资料编撰而成的《重塑黄土地》系列丛书,包括了两大部分内容:第一部分,是综合部分,着重介绍黄土高原区域治理的重大科学技术问题,集中反映综合性专题研究的成果;第二部分,是以试验示范区为单元,分别介绍分布在不同类型区的典型小流域的综合治理模式、技术与成果。

本丛书是数百名科学家近 20 年辛勤耕耘的结晶,凝聚了三代科技人员的心血。一位长武县的干部把该试验示范区三届负责人的贡献作了非常形象的概括与描述:“第一代人带我们栽树(发展苹果);第二代人带我们修路(沿沟坡修生产路,保证运输);第三代人带我们创名牌致富(优质名牌苹果)。”直接参加本丛书编写的单位有中国科学院水利部水土保持研究所,西北农林科技大学,山西省农业科学研究院,山西省水土保持研究所,山西大学,甘肃省农业科学研究院,内蒙古自治区水利科学研究院,北京林业大学,中国科学院地理科学与资源研究所等。本书编写过程中得到了中国科学院、科技部、水利部、农业部、国家林业局,以及陕西、山西、甘肃、内蒙古、宁夏等省(区)政府的大力支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢!

由于这套丛书的内容代表的地域大,参加的单位多,涉及的研究领域广,加之时间仓促,错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

《重塑黄土地》系列丛书编辑委员会

2002 年 10 月

《重塑黄土地》系列丛书目录

一、综合卷

1. 黄土高原水土流失综合治理试验示范研究
2. 黄土高原生态环境建设重大科学问题与宏观战略研究
3. 重塑黄土地图片集
4. 黄土高原经济林果发展前景与对策
5. 黄土高原畜牧业发展前景与对策
6. 黄土高原植被恢复重建问题与对策
7. 黄土高原粮食发展前景与对策
8. 黄土高原雨水资源化与高效利用
9. 黄土高原植被建设图集

二、试区卷

1. 黄土台塬粮食高产开发与农业综合发展的理论与实践
2. 陇中黄土丘陵沟壑区生态环境建设与农业可持续发展研究
3. 宁夏南部黄土丘陵区水土保持与农业可持续发展
4. 砒砂岩区水土保持与农牧业发展研究
5. 黄土高原流域农林复合配置
6. 纸坊沟生态农业建设之路
7. 黄土高原丘陵区中尺度生态农业建设探索
8. 王家沟流域生态建设的理论与实践

前 言

位于黄河中游的黄土高原是世界上水土流失最为严重的地区,土壤侵蚀模数大于 $5\,000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 的面积占到总面积(62.85万 km^2)的 60% 以上。严重的水土流失祸害当地,殃及下游,制约着国民经济的整体快速发展。因此,治理水土流失、发展农业生产、提高当地农民的收益,一直是各级政府的中心工作和任务。

新中国成立以来,我国在该地区自然资源考察、开发与治河理论研究和实践等方面都取得了举世瞩目的成绩。已控制水土流失面积约 $1/3$,黄河中游地区 1970~1984 年平均年输沙量较 1970 年前减少 5.84 亿 t,除去气象因素,综合治理每年平均减沙 2 亿多吨,占黄河当年平均输沙量的 16%,对确保黄河伏秋大汛岁岁安澜起到了重要作用。但从全局来看,土壤侵蚀尚未得到根本控制,流失依然相当严重,农业生产水平还比较落后。

黄土高原的土壤侵蚀起源于地质时期,发展于人类历史时期。进入人类社会以来,在低水平上人们为维持生活的各种活动促使了侵蚀产沙量的增加。因此,该地区的水土保持应遵循区域分异规律,依靠政府支持,加大科学技术投入,坚持以人为本,引导和规范人们从事农业生产的行为,促使不同区域实现农、林、牧、副、渔各业的有机结合,并发挥其“正向”作用。本著作正是以位于黄土高原南部陕西省淳化县境内的泥河沟流域 15 年来综合治理水土流失、改善生态环境、发展农村经济的试验研究资料与经验为素材撰写而成的,旨在为实现“再造一个山川秀美的西北地区”贡献微薄力量。

《黄土高原流域农林复合配置》一书,是长期奋战在泥河沟试区近百

名科技工作者,300余名研究生、本科生,淳化县各级政府和当地广大农民群众劳动的结晶。全书共分为10章,各章的撰写人员为:第一章,吴发启;第二章,吴发启、刘秉正;第三章,刘秉正、张胜利;第四章,王忠林、朱首军;第五章,赵忠、刘增文、吴发启;第六章,赵晓光、李光录、王健;第七章,朱首军;第八章,王进鑫、朱德兰、马惠玲、吴发启;第九章,张保军、刘秉正;第十章,刘秉正、肖斌。全书由吴发启、刘秉正统稿、定稿。书中图件由朱德兰负责完成。

黄土高原水土流失复杂多样,有许多观点与问题还有待进一步验证和深入研究,加之作者水平所限,书中难免出现疏漏或错误,敬请读者指正。

编 者

2001年3月于西北农林科技大学

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 农林复合概述	(1)
第二节 农林复合的分类	(5)
第三节 农林复合的历史与现状	(9)
第二章 流域农林复合建设的自然条件与社会经济条件	(15)
第一节 气候与水资源	(15)
第二节 地质与地貌	(17)
第三节 土壤、土地类型与植被	(19)
第四节 社会经济状况	(21)
第三章 农林复合规划与设计	(24)
第一节 泥河沟流域土地资源利用规划	(24)
第二节 泥河沟流域水土保持规划	(33)
第三节 水土保持工程规划与设计	(44)
第四节 水土保持林规划与设计	(53)
第四章 塬面农林复合系统	(66)
第一节 塬面农林复合的类型及结构特征	(66)
第二节 塬面农林复合的研究方法	(71)
第三节 农林复合系统生态环境效应	(73)
第四节 农林复合系统护埂保土机理	(82)
第五节 农林复合系统的生产力	(91)
第六节 农林复合系统的结构配置	(96)
第五章 沟谷农林复合系统	(102)
第一节 林地生产力评价	(102)
第二节 抗旱造林综合技术	(119)
第三节 混交林种间关系及其应用	(122)
第四节 刺槐林地的养分循环	(131)
第五节 低产刺槐林更新改造技术	(153)
第六节 谷底(川道)农林复合系统	(160)
第六章 农林复合系统建设的土壤侵蚀研究	(167)
第一节 侵蚀环境因子	(167)
第二节 小流域侵蚀系统及侵蚀预测预报	(180)
第三节 小流域侵蚀系统的泥沙输移	(190)
第四节 坡地土壤养分流失及土地生产力	(195)
第七章 复合系统建设中的界面水分研究	(216)
第一节 农林复合生态系统界面	(216)

第二节	农林复合生态系统界面的土壤水分特征	(219)
第三节	农林复合生态系统土壤物理性质测定及评价	(235)
第八章	复合系统中的经济林果建设	(239)
第一节	经济林果在黄土高原农林复合系统中的作用	(239)
第二节	幼龄苹果早产、丰产管理	(244)
第三节	苹果夏剪、追肥的最佳时期确定	(255)
第四节	果园节水灌溉	(258)
第五节	核桃丰产栽培管理	(271)
第六节	苹果保鲜与苹果、核桃加工利用	(288)
第七节	绿色苹果基地建设及果业产业化问题	(306)
第九章	复合系统中的粮食生产	(314)
第一节	淳化县粮食生产及问题	(314)
第二节	粮食作物持续稳产的理论与技术	(316)
第三节	种植制度的改革与创新	(329)
第四节	抗灾稳产综合农艺技术体系	(331)
第十章	泥河沟流域农林复合生态经济系统特征	(336)
第一节	概述	(336)
第二节	土地利用结构调整与分析	(337)
第三节	农林复合生态经济系统模式	(343)
第四节	农林复合生态经济系统评价	(349)
第五节	农林复合生态系统的管理与调控	(356)

第一章 绪 论

人口剧增、资源贫乏、能源短缺、粮食供需失调、环境污染、经济危机,是围绕世界各国发展的六大难题。特别在第三世界,这些问题表现得更加明显和突出。合理解决此类矛盾的有效途径之一,就是强化大农业的发展,建立人工生态系统,充分利用光、热、水、肥、土等资源,防治各种自然及人为灾害,提高单位面积的土地生产力。农林复合正是为实现此目的而被提出,并得到不断完善和发展的一门新兴学科。

第一节 农林复合概述

一、农林复合的概念

从本质上讲,农林复合就是依据不同自然条件,在不同区域实现农、林、牧、副、渔各业的有机结合,并发挥其“正向”作用。在我国与其相类似的名词概念较多,如农地林业、农用林业、立体林业、混农林业、混林农业、复合农业和农林复合生态系统等。这主要是众多学者对源于同一英语单词“Agroforestry”的不同理解所致。

(一)农地林业

顾名思义,农地林业就是专指“农地上的林业”。它是林业科学的重要分支之一。Lundgren B.(1984)认为:“农地林业是一个说明土地利用制度及利用方法的综合术语,在这种土地上,多年生木本植物(乔木、灌木、竹类),如同农作物(或牲畜)一样,以不同的空间排列和时间顺序,在同一块土地培育,各个组成部分之间具有生态的及经济的联系”^[1]。

(二)农用林业

农用林业,着重强调林业是作为农业生产的主要保护体系及作用,如保护农业生产部分与农业相似的产品(油料、饲养、粮食、纤维和木材等)^[2]。

目前,有关“农用林业”涵义的理解有两种观点:一种是Reid R.和Wilson G.(1985)的狭义概念,即“农用林业是在同一土地上农业与林业的综合,也就是在同一时候或按次序把畜牧、农作物置于稀植的树木之下”。另一种观点则是国际树木作物研究所(ITCI)和美国作物研究所的广义概念,即“农用林业是为农业、环境保护和乡村发展栽植生产粮食、饲料、薪炭和防护林等多种用途的乔木和灌木。目的在于增加边际土地的生产力以及保持水土和能源。”

可见,前者主要是针对某一种方式的农林经营而言,如林农间作、林牧间作等;后者的理解过于广泛,有混同于社会林业的涵义。

(三)立体林业

立体林业也是一个综合性很强的词语,它强调了农业生产综合发展中的三个层次(或阶段):①土地利用中的一地多用,也就是将乔木树种(林)同其他灌木和草本植物(果、油、茶、粮、棉、菜、药等)进行间作、混种,在空间上实行上、中、下结合,在时间上实行长、中、短结合;

②在前述基础上,在林间建立养殖场,进行放牧、喂养,使林、农、牧结合;③运用生态经济学原理和系统工程学方法,把林业和种植业、养殖业、加工业等结合在一起,走商品性现代林业的路子^[3]。

(四)混农林业

混农林业,简单地说就是农、林、牧、副、渔各业相结合的林业,即在同一地块上,同时或先后进行农林间作或林牧、林副、林渔结合生产。这是从传统的单项生产走向综合经营^[4,5]。

(五)复合农业

复合农业,将农业作为一种生态—经济—技术的复合系统来看待。是指农业生产各部分(种植业、养殖业、农副产品加工业)在各种类型的自然和社会经济条件下的各种形式的结合,以及对其调控机制与方法措施的探讨和实施,以达到最大的整体效益。也就是,人类有意识地将相邻空间或时间上衔接的具有不同生产对象的几个农业生产系统紧密地、有序地联系在一起,使之相互作用、相互促进、相互制约而构成复合结构的系统^[6]。

(六)农林复合

从上述的几个较有代表性的定义中,我们不难看出它们强调的共同点为:①有目的的土地利用方式或制度,这一目的主要体现在发展经济、促进社会发展和保护生态环境诸方面,最终实现提高对土地、空间、光、温度、水分和肥料的利用率,增加边际土地的生产力,保持水土和能源,使土地单位面积上获得最大的经济效益、生态效益与社会效益;②现代的农业生产应为农、林、牧、副、渔有机结合的复合经营体系,这种体系是利用农林之间以及它们与环境之间的竞争与适应的关系,利用系统各因子之间相互协调可以创造出更高生产力的原理,进行复合经营;③利用现代科学技术(含高新技术),因地制宜,进行技术组装与配套,实现集约化经营管理。

因此,国际农林复合研究委员会(ICRAF)给出的权威性定义是:“农林复合是一种土地利用技术和系统(制度)的复合名称,是有目的地把多年生木本植物(乔木、灌木、棕榈和竹子等等)与农业或牧业用于同一土地经营单位,并采取时间排列法或者短期相同的经营方式,使农林复合在不同组合之间存在着生态学和经济学一体化的相互作用”^[7]。简言之,农林复合是“平面式”农业向“立体式”农业的发展,它利用各种农作物(含林、草)在生育过程中的“时间差”和“空间差”进行合理组装,精细配套,组成各种类型的多功能、多层次、多途径的高优生产系统,是未来农业发展的趋势之一。

因这一体系纯属人工有目的地建立的“人工生态系统”,故也可称为“农林复合生态系统”^[7]。在系统的建造过程中,也常常会用到许多工程技术,因此,又可称为“农林复合生态系统工程”^[8]。无论如何理解,农林复合仅是一个新词汇,而不是新做法^[9]。

二、农林复合的结构

农林复合系统的结构,指的是系统的组分和组分间的相互关系(组分配置)。它主要由土地、环境、农业(作物与畜牧)、林业和经营管理战略五部分组成。从我国农林复合的基本特点出发,它含有物种结构、空间结构、时间结构和食物链结构^[10]。

(一)物种结构

物种结构,是指农林复合系统中生物物种的组成、数量及彼此之间的关系。物种的多样

性是农林复合系统的重要特征。在物种结构上,一般包括乔木(含经济林木)、灌木和农作物、牧草、食用菌、禽畜等。理想的物种结构是对环境资源最大的利用和适应,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。它可以在同等物质和能量输入的情况下,借助结构内部的协调力达到增益的效果。

(二)空间结构

空间结构,是农林复合系统各物种之间搭配的层次和密度。层次是物种间的垂直距离,包括地上和地下两部分;密度是物种内的水平距离。层次和密度构成物种在空间上的位置,层次愈厚,空间容量愈大,资源利用率就愈高。在一般情况下,层次愈多,密度就小。农林复合系统多采用宽行(带距)、窄带,带间采用乔、灌、草高矮搭配,行间间作其他物种,一般至少有2~3个层次,在热带和亚热带地区可有4个以上层次。总之,农林复合系统的空间结构是动态结构,随着时序的变化,物种的消长具有“空间互补”、“时间互补”、“交替嵌合”的特点。

(三)时间结构

任何生态因子都有年循环、季循环和日循环,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的周期性和生物生长发育周期性的关系,充分利用自然资源,使得农林复合系统的物质生产持续、稳定、有序高效地运行。根据系统中生物共处时间的长短可分以下两种类型:

(1)短期复合型。一般以林为主的农林组合,在林木幼年期,未郁闭前,林下可种植农作物,但3~5年林冠郁闭后,林下光照减弱,即不能继续种植作物。这是短期间作的一种模式。

(2)长期复合型。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特性,达到农、林、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,达到物种之间“共生互补”的目的。可见,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)、短期(经济作物、禽畜等)经济效益的重要条件和保证。

(四)食物链结构

食物链是生态系统内物质生产和物质转化的链环,一般由绿色植物生产者(光合作用)、动物消费者及微生物还原和分解者组成。在农林复合系统中,通过增加生产环(或称加环),把初级产品的有机质充分转化为经济价值更高的产品。如疏林牧场、林下种草放牧,将初级产品的树叶或牧草转化为肉食等,从而提高系统内物质的经济价值。因此,物质循环多级利用,是农林复合区别于传统农业的重要标志。

三、农林复合的功能

农林复合的功能指的是农林复合的目的和价值,代表系统的输出和各组分作用。它主要表现为生产功能和保护作用两个方面。

(一)生产功能

农林复合系统能直接提供的产品通常有:①间作的农产品。农林混生有利于耐阴光生态特性作物或食用菌的高产、优质,如可可、茶树、蘑菇、木耳、人参等。②林、果的可食用产品。随着科技的发展与生活水平的提高,人们对天然食品与饮料的兴趣日益浓厚,林果的实用产品可满足这种需求。③饲料。作为饲料生产者,树木较牧草有两个优点,它能提供高蛋白的饲料(如银合欢),并且能在草本因受旱而枯黄干死期向牲畜提供丰富的绿色鲜饲料(在

干旱季节,山羊等在相思树丛中能愉快地生活)。④薪炭燃料。南亚国家绝大多数农村及东南亚半数以上的人口以木材和木炭为主要燃料,泰国北部的富裕农户宁愿烧柴也不愿用电和天然气。⑤作为建筑、造纸、化工、编制品等原料的林产品^[11]。

(二)保护作用

农林复合系统的保护作用主要表现在有利于生态环境的良性循环^[11,12]。

1. 降低风速,提高产量

林木植被具有减轻风速和增加大气湿度等稳定近地面大气环境不可替代的功能,能减轻农作物的风、干旱、寒流与炎热等自然灾害的危害。据国内外大量研究表明,农田防护林可减少风速 30% ~ 40%,提高空气湿度 10% ~ 20%,减少地表蒸发 30%,增加土壤含水量 20% ~ 30%。极大地改善了农田小气候,减缓了自然灾害,从而保证了农业高产稳产和持续发展。

从 1978 年起,我国陆续开始实施的“三北”防护林等 7 大林业生态建设工程,成效显著,举世瞩目,极大改善了相当部分地区的生态环境,使平原地区 3 333 万 hm^2 农田和“三北”地区 1 100 万 hm^2 农田得到了林网保护,平均增产粮食 20% ~ 30%,增加产草量 20% 以上。

2. 增加地面覆盖,遏制水土流失与沙漠化

森林作为陆地生态系统的主体,具有涵养水源、减少水灾、防止水土流失的功效。森林通过林冠截留,枯枝落叶层持水,土壤吸水和增加下渗,减弱了降雨对林地土壤的打击和地表径流的形成,改变了天然降雨的分配比率,起到了削减洪水的作用。据国内外资料分析,在森林覆盖率为 100% 条件下,森林可削减洪峰值达 50%;在黄土高原有林地与无林地相比,有林地可削减洪水流量 70% ~ 90%,滞后洪水 2 ~ 6h。

“三北”防护林工程营造水土保持林 245 万 hm^2 ,使 30% 的水土流失面积得到初步治理。宁夏西吉县造林种草 10.4 万 hm^2 ,占全县土地面积的 33.1%,使坡面和沟头侵蚀量由 1977 年的 1 487.6 万 t 降低到 565.1 万 t,减少了 62.4%。四川林业科学院采用封、育、补植等措施在长江上游的川江、乌江流域建立了 1 400 hm^2 水土保持林,使地表径流减少了 40% ~ 70%,土壤侵蚀模数减少 90%;中国林业科学院等单位在水土流失严重的太行山区选择 5 种不同类型地块营造水土保持林 3 100 hm^2 ,减少暴雨径流 70% ~ 80%,减少水土流失量 73%,特别在日降雨量 186mm 的特大暴雨情况下未见明显的水土流失。

陕西榆林地区,采用引水拉沙造田、搭沙障造林等技术,营造大型防风固沙林 11.8 万 hm^2 ,人工种草 29.9 万 hm^2 ,使 57.4 万 hm^2 流沙有 50% 得到固定,6.9 万 hm^2 天然草场和 9.3 万 hm^2 农田得到了保护。中国林业科学院以地处乌兰布和沙漠的内蒙古磴口为基地,经过 15 年的努力,建成了 4 000 hm^2 防风固沙和沙地综合利用的人工绿洲。经长期观测表明,大范围绿化工程对环境质量有明显的改善作用,绿洲内可降低大气蒸发量 30%,降低风速 28%,林网内减少沙尘输移 80%,减少降尘量 48%,降低大气浑浊度 35%,种植业比建设前的荒漠牧场产出效益提高 300 倍。

3. 土壤营养循环量提高

天然森林系统土壤的可溶性营养损失不足土壤-植物营养循环量的 10%,而农田中土壤营养的损失占营养再循环的 40% 或更大。农林复合系统土壤的营养再循环量之所以能