

四川盆地低山丘陵区水土流失 综合治理及区域可持续发展

Integrated Management on Soil and Water Loss
in the Hilly Area and Regional Sustainable
Development in Sichuan Province

张 健 主编 Edited by Zhang Jian



四川出版集团 · 四川科学技术出版社

四川盆地低山丘陵区水土流失 综合治理及区域可持续发展

*Integrated Management on Soil and Water Loss
in the Hilly Area and Regional Sustainable
Development in Sichuan Province*

张 健 主编

Edited by Zhang Jian

四川出版集团 四川科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

四川盆地低山丘陵区水土流失综合治理及区域可持续发展 / 张健主编. - 成都: 四川科学技术出版社, 2009.3
ISBN 978-7-5364-6811-5

I. 四… II. 张… III. ①四川盆地 - 长江流域 - 水土保持 - 综合治理 - 研究 ②四川盆地 - 长江流域 - 可持续发展 - 研究 IV. S157.2 X321.25

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 023039 号

四川盆地低山丘陵区水土流失综合治理及区域可持续发展

主 编 张 健
责任编辑 田 霞
封面设计 申 融
版面设计 叶 兵
责任校对 任 泽
责任出版 周红君
出版发行 四川出版集团·四川科学技术出版社
成都市洞桥路 12 号 邮政编码 610031
成品尺寸 260mm×185mm
印张 32 字数 700 千
印 刷 四川省农科院情报所印刷厂
版 次 2009 年 3 月成都第一版
印 次 2009 年 3 月成都第一次印刷
定 价 128.00 元
ISBN 978-7-5364-6811-5

■ 版权所有·翻印必究 ■

■ 本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。
■ 如需购本书,请与本社邮购组联系。
地址/成都市三洞桥路 12 号 电话/(028)87734081
邮政编码/610031 网址:www.sckjs.com

前 言

日益严重的全球气候变化、森林面积锐减、土壤退化加速、水土流失面积扩大、区域性和复合性环境污染负荷增加、生物多样性丧失加剧等全球性和区域性生态与环境问题并没有因为人类社会迈入 21 世纪这一新的历史纪元和 20 世纪世界经济高速发展所取得的成就而得到有效遏制,水土流失、土壤荒漠化、干旱化、石漠化、温室效应、环境污染、生物入侵、森林面积缩小、生态功能退化等生态环境问题仍然是制约 21 世纪区域经济和社会可持续发展的重要瓶颈。

水土流失被称为我国的头号生态环境问题。目前,我国水土流失面积达 356 万 km^2 , 占国土面积的 37%, 已成为威胁我国生态安全、经济社会可持续发展、构建和谐社会的重要制约因素。首先,水土流失直接引起耕地数量和质量下降,加剧我国人地关系紧张的矛盾,威胁到我国的耕地资源和粮食生产安全。据估计,过去的 50 多年中,我国因水土流失共损失耕地资源 260 多万 hm^2 , 相当于平均每年因水土流失损失的耕地资源约 10 万 hm^2 , 使我国本来就很紧张的耕地资源更加紧张。其次,严重的水土流失不仅威胁到我国的耕地资源和粮食安全,而且对我国的生存环境构成巨大威胁。水土流失作为面源污染的载体(carrier),中国每年的土壤流失总量超过 50 亿 t, 带走的氮、磷、钾超过 4000 万 t, 其带入水体(江河、湖泊和水库)的养分元素以及重金属和残留农药等有毒有害物质不仅破坏水生生态系统的结构和功能,导致水生生物多样性和水体自净化能力下降,而且直接污染水体环境,导致水质恶化,加剧我国的“水质性”缺水问题。第三,水土流失一方面会破坏土壤结构,降低土壤的水源涵养功能和保蓄水肥的能力,另一方面会导致江河、湖泊和水库的泥沙淤积,不仅加速了暴雨径流的汇集过程,降低了水库的调蓄和河道的行洪能力,而且加剧了水土流失区的旱灾以及流域洪涝灾害发生的频率和强度,也威胁到航道安全和一些大型水电工程的安全运行。因此,水土流失综合治理是事关我国耕地资源安全、粮食安全和生态安全的重大科学技术问题。

水土流失不仅是我国生态环境恶化的重要特征,而且是贫困的根源。中国 90% 以上的贫困人口生活在生态环境比较恶劣的水土流失严重地区。在一些水土流失严重的地区,地力下降,产量下降,已形成“越穷越垦,越垦越穷”的恶性循环。普遍认为,水土流失是不利的自然因素与不合理的人类活动干扰及其叠加效应引起的土壤和水分发生位移的过程和现象,而不合理的人类活动干扰(如耕作技术落后、植被破坏)和贫困是水土流失区生态退化的根源。这意味着,有效治理水土流失不仅要克服不利的自然因素,而且要与水土流失区的

脱贫致富相联系,因此,水土流失综合治理不仅是事关区域和国家生态安全的重大科学技术问题,而且是事关区域可持续发展的生态、环境和经济社会问题。水土流失综合治理的理论和技術是一项集农学、林学、生态学、水土保持学、生态经济学、环境科学和社会学的系统生态工程。

我国是世界上水土流失较为严重的国家之一,水土流失广泛分布于全国七大流域、31个省(自治区、直辖市),其中以长江上游的云、贵、川、渝、鄂和黄河中下游地区的晋、陕、甘、蒙、宁最为严重。地处长江上游的四川盆地低山丘陵区具有五个显著的特点:①该区是典型的人口稠密区,人口密度高达 $500\sim 700$ 人 $\cdot\text{km}^{-2}$,人均耕地面积较小,人地关系紧张,人类活动干扰强度大。②区域内坡耕地面积大,经济社会发展滞后,农耕历史悠久,陡坡耕作、粗放耕作等不合理的耕作方式对坡耕地的破坏大。③区域内降水量充沛,平均降水量高于 1000mm ,华西雨屏区降水量超过 1700mm (个别年份达 2000mm),但降水集中,暴雨和特大暴雨发生的频率较高,对地表的冲刷作用强烈。④区域内广泛分布的紫色土是一类以物理风化为主要成土过程的岩性土,土壤母质特性明显,结构疏松,极易受到雨水冲刷而产生水土流失。⑤区域内森林覆盖率低,原始森林丧失殆尽,次生林和低效人工林面积大,水土保持和水源涵养能力有限。这五个显著的特点使四川盆地低山丘陵区成为长江上游地区最为典型的水土流失区之一,也是研究长江上游水土流失综合治理的天然实验区。

长期以来,科学家们更加关注的是黄河中下游地区的黄土高原,有关黄土高原水土流失综合治理的专著较多,反映长江上游水土流失综合治理研究成果的专著则相对较少,因此,出版一部反映长江上游地区水土流失综合治理研究成果的专著对于该区未来的生态环境建设应该具有十分重要的科学价值和实践意义。《四川盆地低山丘陵区水土流失综合治理及区域可持续发展》是本研究团队在“九五”国家科技攻关后启动项目、“十五”国家重大科技攻关项目、“十一五”国家科技支撑计划课题等资助下进行长江上游水土流失核心区(盆周低山丘陵区)综合治理与区域可持续发展研究所取得的成果。本专著具有三个显著的特点:①在内容上,本书所有的数据、分析结构均来源于本研究团队过去10多年的研究成果,而非纯概念、理论或对其他发表物数据的再分析和总结。②在学术思想上,本书反映了研究团队将基础理论、应用基础和应用技术研究有机结合的学术思想,强调生产与生态的耦合作用,强调水土流失区生态建设与区域经济社会发展的双赢共建目标,强调水土流失综合治理技术和模式与试验示范及推广辐射的衔接。③在理论框架和结构上,本书总结和提炼了本研究团队过去10多年进行四川盆地低山丘陵区水土流失综合治理的理论、技术体系、技术模式、试验示范和辐射推广等系列研究成果,进而评估了四川盆地低山丘陵区水土流失综合治理技术与模式对区域生态、经济和社会发展所作出的贡献,体现了本研究团队以水土流失区的生态、经济和社会现状评估及生态功能分区为依据,集成、组装和优化配套水土流失综合治理的关键技术体系与模式,并通过多学科、大跨度的交叉整合研究以及进行

试验示范和辐射推广的研究成果。

全书共分五部分 17 章, 1~2 章从研究区域的生态环境特点及经济社会发展状况介绍了项目的研究背景, 分析了水土流失综合治理与区域可持续发展面临的机遇和挑战。3~5 章系统总结了区域生态恢复与重建的理论基础、技术集成、开发增值型生态治理模式以及生态恢复型生态治理模式等水土流失综合治理与区域可持续发展的学术思想、理论基础、技术创新成果。6~8 章总结了不同的水土流失综合治理模式对土壤物理、化学和生物学等土壤生态学过程的影响。9~13 章总结了不同生态治理模式产生的水土保持、水源涵养、生物多样性保育等生态服务功能。14~17 章总结了水土流失综合治理模式所取得的经济和社会效益。本书是第一部反映长江上游水土流失综合治理与区域可持续发展研究成果的专著, 其对于指导长江上游生态环境建设和区域综合治理具有十分重要的作用。

本书的出版得到“十一五”国家科技支撑计划课题(No. 2006BAC01A11)、国家“十五”科技攻关项目(No. 2001BA606-06)、四川省重点公益性项目(No. 2007NGY006)、教育部新世纪优秀人才支持计划项目(No. NCET-07-0592)、国家自然科学基金项目(Nos. 30771702, 30471378)等的资助。特此致谢!

由于我们的学识和水平有限, 经验缺乏及受学科背景的限制, 书中难免存在观点和认识上的不足和不妥之处, 恳请专家和读者批评指正!

张 健

2008 年 10 月 于雅安

本书涉及的研究结果以及出版得到如下课题资助:

1. “十一五”国家科技支撑计划课题: 长江中上游西南山区退化生态系统综合整治技术与模式(2006BAC01A11)
2. 国家“十五”科技攻关项目: 四川盆周低山丘陵区水土流失综合治理技术与示范(2001BA606-06)
3. 国家自然科学基金项目: 林草复合模式细根特性及对土壤碳储量和营养循环的调控机制(30771717)
4. 国家自然科学基金项目: 巨桉人工林生态系统生物多样性形成过程(30872014)
5. 四川省“十一五”重大公益性项目: 四川主要农区面源污染控制与污染土壤生态修复技术与示范(2007NGY006)
6. 国家科技支撑计划课题: 灾区巨桉工业原料林生产恢复关键技术及示范(2008BADC2B01)
7. 教育部高等学校博士学科点专项科研基金项目: 四川盆地西缘退耕地林草复合模式细根性质及动态研究(20050626001)

主 编：张 健

副主编：胡庭兴 李贤伟 杨万勤 宫渊波

编 委：

朱天辉 陈林武 赵燮京 罗承德 王金锡 陈小红 冯茂松

黄从德 钟 宇 徐艳梅 刘 洋 张学权 李 伟 万雪琴

杨朝俊 范 川 薛 波 杨 渺 吴福忠



作者简介

张 健(1957.8~),男,汉族,重庆人,中共党员,教授,博士生导师,国务院政府津贴获得者,国家留学归国有突出贡献的专家,四川省学术和技术带头人。1983年和1986年在四川农业大学相继获学士和硕士学位。1990~1992年于联邦德国哥廷根大学进修,1993年破格晋升为副教授,获国务院特殊津贴,1996年破格晋升为教授,现任四川农业大学教授、博士生导师、科研处处长,全国普通林业高校教学指导委员会委员。过去20年,主要从事水土保持、森林培育、林木营养的教学和科研工作。主持国家自然科学基金项目、国家科技部“十五”国家重大攻关项目、国家西部专项项目、国家“七五”“八五”和“九五”项目以及其他省部级科研项目20余项,在国内外重要学术刊物上发表论文60余篇,出版专著4部,获国家科技进步奖二等奖1项,省部级一等奖2项,二等奖1项,三等奖6项,国家教学成果二等奖1项。培养博士、硕士研究生50余名。

目 录

前言 1

第一部分 研究背景

第一章 四川盆地低山丘陵区生态要素及其特征 3

1.1 土地要素及其特征 4

1.2 气候要素及其特征10

1.3 生物资源及特征12

1.4 水资源要素及其特征 16

1.5 四川盆地低山丘陵区人口资源及特征20

1.6 本章小结 21

第二章 四川盆地低山丘陵区生态、经济和社会现状..... 23

2.1 生态环境现状及存在的问题..... 23

2.2 经济发展对生态环境建设带来的机遇及形成的压力 32

2.3 建设社会主义新农村对生态环境的需求 35

2.4 本章小结 38

第二部分 生态治理的理论基础与治理模式

第三章 区域生态恢复与重建的理论基础及技术集成 41

3.1 主要生态退化类型及特征 41

3.2 生态恢复与重建的理论基础 51

3.3 生态恢复与重建的技术集成 67

3.4 本章小结..... 75

第四章 开发增值型生态治理模式 76

4.1 开发增值型生态治理模式的概念、特征和理论基础 76

4.2 开发增值型生态治理模式的分类..... 79

4.3 典型复合系统关键技术 82

第五章 生态恢复型生态治理模式 89

5.1	生态恢复型生态治理模式的概念和特征	89
5.2	生态恢复型生态治理模式的分类	92
5.3	典型治理模式的关键技术	97
 第三部分 不同恢复模式土壤生态学过程		
第六章	不同植被恢复模式土壤理化性质动态及土壤改良效应	105
6.1	洪雅县几种退耕还林模式的土壤理化性质动态	105
6.2	天全县生态林(水土保持林)植被恢复的改土效应	138
第七章	土壤微生物多样性及生态响应机制	143
7.1	退耕还林模式下土壤微生物多样性研究的重要性	143
7.2	盆北低山区(广元市)低效水土保持林不同恢复模式 土壤微生物学特性研究	155
第八章	植被恢复对土壤酶活性和呼吸强度的影响	161
8.1	盆地西部丘陵区退耕还林模式对土壤酶活性的影响	161
8.2	盆地北部低山区退耕还林模式对土壤酶活性和呼吸作用的影响	172
8.3	盆地中部果+草经济林不同土壤管理模式 土壤微生物、酶活性及理化性质	183
 第四部分 不同植被恢复模式的生态服务功能		
第九章	几种植被恢复模式的植被结构特征与生物多样性	199
9.1	林(竹)+牧草复合种植模式	199
9.2	桉木+野草植被恢复模式	203
9.3	本章小结	208
第十章	不同植被恢复的水土保持和水源涵养功能	210
10.1	川西低山丘陵区林(竹)+草植被恢复的水源涵养和水土保持效应	210
10.2	盆地北部低山区退耕还林不同植被恢复模式水土保持和水涵养功能	242
10.3	盆北低山区四种林草植被恢复模式坡面的水土保持效应	256
10.4	果草模式的水土保持机理及效果	283
第十一章	典型林草植被恢复模式的根系改土及固土效应	294
11.1	研究区基本情况	294
11.2	林地内细根和草根生物量状况	295
11.3	林地与未退耕地土壤水稳性团聚体的测定结果与分析	307

11.4	林地与未退耕地土壤有机质的测定结果与分析	310
11.5	以微团聚体含量为基础的土壤抗蚀性指标的测定结果与分析	314
11.6	林地内细根、草根和各抗蚀指标间的相关性分析	316
11.7	讨论.....	318
第十二章	几种林草复合种植模式的邻体干扰效应	320
12.1	研究区域概况.....	320
12.2	三种不同林草模式的生物量及养分分配.....	321
12.3	三种林草模式中的邻体干扰	325
12.4	不同林草模式中养分积累的动态变化.....	330
12.5	不同林草模式土壤供养能力与植物吸收养分间的关系.....	335
12.6	对三种林草模式经营措施的建议	358
12.7	本章小结.....	360
第十三章	林草复合种植模式的牧草选择及适宜林冠层结构.....	366
13.1	适宜牧草选择研究	366
13.2	林(竹)+扁穗牛鞭草复合种植冠层适宜郁闭度的研究.....	375
13.3	本章小结.....	389
第五部分	不同植被恢复模式经济、社会服务功能	
第十四章	低效林恢复不同植被配置模式经济效益评价	393
14.1	研究区的自然环境概况.....	393
14.2	林草复合模式经济效益分析	394
14.3	水土保持林结构模式综合分析	395
第十五章	退耕还林不同植被配置模式生态经济效益分析	403
15.1	北川县退耕还林几种植被配置模式的综合效益.....	403
15.2	洪雅县退耕还林区林(竹)+草扁穗牛鞭草植被种植模式的综合效益评价	426
第十六章	退耕还林(草)系统可持续发展评价	431
16.1	退耕还林(草)系统可持续发展评价的理论基础	431
16.2	退耕还林(草)系统可持续发展评价方法的探讨	437
16.3	实证分析.....	441
16.4	本章小结.....	462
16.5	存在的问题以及进一步的措施	463
第十七章	基于遥感与GIS的植被恢复区土地利用动态评价	464

17.1	研究区基本情况	464
17.2	研究内容.....	465
17.3	数据获取与数据源分析	467
17.4	土地利用分类结果及精度评价	467
17.5	土地利用变化及退耕还林地来源分析	472
17.6	本章小结.....	477
参考文献.....		478
动植物名录		492

Contents

Introduction	1
---------------------	---

Part I Background

Chapter 1	Ecological constituents and their features of hilly region in Sichuan Basin	3
1.1	Land constituents and their features	4
1.2	Climate constituents and their features	10
1.3	Biological resources and their features	12
1.4	Water resources and their features	16
1.5	Population characteristics	20
1.6	Summary	21
Chapter 2	Ecological, economical and societal situations in hilly region of Sichuan Basin	23
2.1	Ecological and environmental Situation and issues in hilly region of Sichuan Basin	23
2.2	Opportunity and challenge of ecological and environmental construction caused by economical development	32
2.3	Ecological and environmental needs of New Socialist Countryside in the Future	35
2.4	Summary	38

Part II Basic theory and model of ecological management

Chapter 3	Basic theory and technique integration of regional ecological restoration and reconstruction	41
3.1	The types and characteristics of ecological degradation in hilly region of Sichuan Basin	41
3.2	Basic theory of ecological restoration and reconstruction	51
3.3	Technique integration of ecological restoration and reconstruction	67
3.4	Summary	75
Chapter 4	Ecological management model based on economical value increment	76

4.1	Concept, feature and basic theory of ecological management model based on economical value increment	76
4.2	Classification of ecological management models based on economical value increment	79
4.3	Key techniques of typical ecosystems	82
Chapter 5	Ecological management model based on ecological restoration	89
5.1	Concept and feature of ecological management model based ecological restoration.....	89
5.2	Classification of ecological management models based on ecological restoration	92
5.3	Key techniques of typical management models based on ecological restoration	97
Part III Soil ecological process of different ecological restorations		
Chapter 6	Dynamics on soil physio-chemical features and the effect of soil improvement	105
6.1	Dynamics on soil physio-chemical features under different models of conversion of cropland to forest in Hongya County, Sichuan.....	105
6.2	Vegetation restoration effects on soil improvement in Tianquan County, Sichuan.....	138
Chapter 7	Soil microbial diversity and ecological response	143
7.1	Significance of research on soil microbial diversity under conversion of cropland to forest	143
7.2	Soil microbial property under different ecological restoration on low-benefit forest for water and soil conservation in Guangyuan City of Sichuan Province	155
Chapter 8	Effects of vegetation restoration on soil enzyme activity and respiration.....	161
8.1	Effects of models of conversion of cropland to forest on soil enzyme activity in western hilly region of Sichuan Basin	161
8.2	Effects of models of conversion of cropland to forest on soil enzyme activity and soil respiration in northern hilly region of Sichuan Basin	172
8.3	Soil management on soil microbial, enzymatic and physio-chemical properties under different fruit + grass models in the center of Sichuan Basin	183
Par IV Ecosystem services of vegetation restoration		
Chapter 9	Structure and biodiversity of several vegetation restoration models.....	199

9.1	Complex restoration models of forest (bamboo)+ grass	199
9.2	Complex restoration models of alder (<i>Alnus</i>) + natural grass	203
9.3	Summary	208
Chapter 10	Functions of water and soil conservation under different vegetation restoration	210
10.1	Water and soil resource conservation under forest (bamboo) + grass vegetation restoration in hilly region of western Sichuan	210
10.2	Water and soil resource conservation under different models of conversion of cropland to forest in low-mountain region of northern Sichuan Basin.....	242
10.3	Effects of water and soil conservation under four models of forest and grass in low-mountain region of northern Sichuan Basin.....	256
10.4	Mechanism and benefit of water and soil conservation under fruit and grass models.....	283
Chapter 11	Effects of root on soil amelioration and soil fixation under typical models of forest + grass restoration	294
11.1	Basic characteristics of the study area	294
11.2	Characteristics of fine root and grass root	295
11.3	Soil water-stable aggregates under the forest and cropland	307
11.4	Soil organic matter under the forest and cropland	310
11.5	Soil anti-erodibility based on microaggregate	314
11.6	Correlation analysis on fine root, grass root and soil anti-erodibility	316
11.7	Discussion	318
Chapter 12	Neighborhood interference effect of several forest and grass models	320
12.1	General description on the study region	320
12.2	Biomass and nutrient allocations in three forest and grass models	321
12.3	Neighborhood interference effects of three forest and grass models.....	325
12.4	Dynamics on nutrient accumulations in three forest and grass models.....	330
12.5	Relationships between soil nutrient-supplying capacity and plant nutrient uptakes in different forest and grass models	335
12.6	Suggestions	358
12.7	Summary	360
Chapter 13	Grass selection and optimal canopy structure of forest and grass intercropping models	366
13.1	Suitable grass selection	366
13.2	Suitable canopy cover of forest (bamboo) and	

	<i>Hemarthria compressa</i> intercropping models.....	375
13.3	Summary	389
Part V Economic and societal services of vegetation restoration		
Chapter 14	Evaluation on economical benefits of low-benefit forest restoration	393
14.1	Natural conditions of the study area	393
14.2	Analysis on economic benefits of forest and grass intercropping models	394
14.3	Analysis on comprehensive benefits of water and soil conservation forest	395
Chapter 15	Ecological and economic benefits of different models of conversion of cropland to forestland	403
15.1	Comprehensive benefits of several models of forest converted from cropland in Beichuan County, Sichuan	403
15.2	Comprehensive benefits of forest (bamboo) and <i>Hemarthria compressa</i> intercropping models in Hongya County, Sichuan	426
Chapter 16	Evaluation on sustainable development of forest (grass) ecosystem converted from cropland	431
16.1	Basic theory of sustainable development assessment on forest ecosystem converted from cropland	431
16.2	Methods of sustainable development assessment on forest ecosystem converted from cropland.....	437
16.3	Case	441
16.4	Summary	462
16.5	Problems and further measures	463
Chapter 17	Evaluation on land use dynamics of vegetation restoration region based RS and GIS methods	464
17.1	Basic situations of the study area	464
17.2	Research content	465
17.3	Data acquisition and data source analysis	466
17.4	Land use classification and evaluation	467
17.5	Land use change and conversion of cropland to forestland	472
17.6	Summary	477
Main references		478
Checklist of animal and plant		492