

# 四川干旱河谷地区植被恢复研究进展

龙汉利,覃志刚,刘福云,魏宗华,干少雄,蒲春林,尤继勇

(四川林业科学研究院 四川 成都 610081)

**摘要:** 本文回顾了四川干旱河谷六十年来植被恢复研究现状,简要总结了取得的宝贵经验和研究成果,归纳了植被恢复中的存在问题,在此基础上提出了研究对策和今后研究的方向及重点。

**关键词:** 四川; 干旱河谷地区; 植被恢复; 研究进展

中图分类号: S718.57 文献标识码: A 文章编号: 1003-5508(2013)06-0027-06

## Advances in Researches on Vegetation Restoration in Dry Valleys of Sichuan Province

LONG Han-li QIN Zhi-gang LIU Fu-yun WEI Zong-hua GAN Shao-xiong

PU Chun-lin YOU Ji-yong

(Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, China)

**Abstract:** In this paper a summary description is given of the research process of vegetation restoration in dry valleys of Sichuan province in the past 60 years. A lot of achievements and experience are also summarized and several questions are drawn out. On the basis, the main directions and key points are put forward for the future studies.

**Key words:** Sichuan, Dry valleys, Vegetation restoration, Research progress

### 前言

四川干旱河谷地区是我省长江上游生态屏障建设的关键地区,对四川林业的发展和区域内民族经济的建设具有重要的影响。据最新遥感调查,四川拥有干旱河谷面积950 885.3 hm<sup>2</sup>,分布在其西部地区,涉及金沙江、雅砻江、安宁河、大渡河、岷江、白龙江的干流及部分支流,涵盖攀枝花市、凉山州、甘孜州、阿坝州、雅安市的40个县(市、区)<sup>[1]</sup>。长期以来,该区域内的植被恢复一直是四川林业生态建设和地方经济发展的“拦路虎”和“硬骨头”,受到各级部门和社会的广泛关注。从20世纪50年代起,为了防治水土流失和改善生态环境,不少研究机构在

干旱河谷的部分区域进行了不同层次的植被恢复实践。取得了许多宝贵的经验和研究成果,但其中仍存在着许多亟待解决的问题。因此,对干旱河谷所进行的植被恢复研究进行系统的总结和分析,找出本区内植被恢复研究中存在的问题,对今后干旱河谷植被恢复研究的方向和内容具有重要的现实意义。

### 1 概念及定义

本文提及的干旱河谷地区并非世界统一划分的三大类干旱地区中的任意一种,而是亚热带横断山脉深切河谷所形成的特殊地貌和气候类型<sup>[2]</sup>,属于局部的干旱生境<sup>[3]</sup>。其明确定义引用中国科学院

收稿日期: 2013-10-21

项目名称: 四川省林科院自列项目“干旱河谷植被恢复技术研究”。

作者简介: 龙汉利(1959-),男,研究员,主要从事森林培育和林业技术推广工作。

青藏高原综合考察队在 1981 年~1984 年对横断山山区河谷综合考察后提出的定义,考察队将干旱河谷地区分为 3 种类型。即干热、干暖和干温 3 种亚类型。其中干热河谷为最冷月的平均气温  $> 12^{\circ}\text{C}$ 、最暖月的平均气温  $28^{\circ}\text{C} \sim 24^{\circ}\text{C}$ 、日均温  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  的天数  $> 350 \text{ d}$  范围内的区域;干暖河谷为最冷月的平均气温  $12^{\circ}\text{C} \sim 5^{\circ}\text{C}$ 、最暖月的平均气温为  $24^{\circ}\text{C} \sim 22^{\circ}\text{C}$ 、日均温  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  的天数  $350 \text{ d} \sim 251 \text{ d}$  的区域;干温河谷为最冷月的平均气温  $5^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$ 、最暖月的平均气温为  $22^{\circ}\text{C} \sim 16^{\circ}\text{C}$ 、日均温  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  的天数  $250 \text{ d} \sim 151 \text{ d}$  的区域<sup>[4]</sup>。

## 2 干旱河谷的成因

地理上讲,从第 4 纪以来印度洋板块向欧亚大陆俯冲,导致青藏高原与该区域急剧抬升达  $1\ 000 \text{ m} \sim 3\ 000 \text{ m}$ ,剧烈的造山运动伴随着一系列的断裂发生,形成了金沙江、雅砻江、大渡河岷江等深切河流及南北走向的横断山。这些深切河流形成干旱河谷的外型骨架风貌,高大山体阻挡了来自东南太平洋和西南印度洋的两股季风气流,使水分和热量从南向北不断降低,在背风面的峡谷中气流下沉、绝热增温,形成“焚风”效应,导致河谷地区持久干旱,形成独特的干旱河谷气候特征。干扰上讲,长期的人为活动则是构成干旱河谷外表色块变化的主因,加上自然灾害的频繁发生,构成其外表面貌的多姿多彩。综合两者则表明:特定的自然地理因素是形成干旱河谷的主要原因,人为因素加速了干旱河谷的形成以及随后的生态环境退化。

## 3 植被恢复研究进展

四川西部干旱河谷地区的植被恢复主要以造林为主,重点区域发生在岷江干旱河谷和金沙江干热河谷的部分地区。20 世纪 50 年代在岷江干旱河谷,林业部门在汶川县开展造林试验,除在沙窝子等地有柳树、刺槐等树种成活外,其余地点都均告失败<sup>[5]</sup>。同时代在金沙江干热河谷,开始以松类撒播、点播为主的植被恢复工作,但因方法不当和环境不适而年年种树不见树<sup>[6]</sup>。20 世纪 60 年代在岷江干旱河谷,改用开沟引水上山灌溉技术,在汶川县桑坪山上栽种刺槐,现已高达  $6 \text{ m} \sim 7 \text{ m}$ ,平均胸径 5

cm,最大 13 cm。然而,每年仍需灌溉 2 次~3 次,否则难以度过旱季。同年代在金沙江干热河谷,则加快了植被恢复力度,重视植被恢复的数量,但保存率极低,取得的效果也不大。如攀枝花市 1966 年~1968 年飞播云南松、思茅松约  $7 \text{ 万 hm}^2$ ,因播种正值雨季,发芽出土极好,但因旱季大量死亡而保存率仅有 1%。20 世纪 70 年代在岷江干旱河谷,茂县林业局林场采取水平沟整地,选用刺槐、榆、新疆核桃等耐旱树种,沟底植树,每年引水灌溉 3 次~5 次,成活率 80% 以上,但难成林。在金沙江干热河谷,仍坚持以松类为主的植树工作,但明显加快了其它树种的试验,如小桐子、攀枝花、木麻黄等乔木树种。20 世纪 80 年代初期,四川省营林调查队和阿坝州林科所等单位在汶川县进行了人工撒播试验,撒播松树。结果成苗极差,成林更困难,特别是在海拔  $1\ 500 \text{ m}$  左右的特困地段尤为明显。20 世纪 80 年代中期,何与容<sup>[7]</sup>等开始了干旱河谷区造林试验的立地类型划分。在金沙江干热河谷则大力发展经济果木,注意引进和筛选适合河谷区生长、同时具有生态效益和经济效益的植物,取得了较好成果。20 世纪 90 年代,四川大学的学者唐亚<sup>[5]</sup>等在宁南县内的金沙江干热河谷坡耕地上开展固氮菌树种植物篱技术的研究试验和示范,开启了干旱河谷土壤改良试验的先例,取得了良好的成果。同时,四川省林业研究院研究员费世明<sup>[8]</sup>等在金沙江干热河谷开展了能源植物和径流场观测等内容研究,同样开启了干旱河谷植被恢复水文效应的评估先河,为生态效益的监测打下了最原始的基础。

进入本世纪以来,干旱河谷的研究范围扩大到干温河谷类型,开始了大渡河和白龙江流域的部分河谷地区的植被恢复试验。如郭星<sup>[9]</sup>等在白龙江干旱河谷开始了 ABT 生根粉和保水剂新产品在刺槐、花椒、侧柏、狼牙刺等种苗的造林对比应用试验以及左英强等在水江开展的荒山造林试验。谢学强<sup>[10]</sup>等开展了甘孜州干旱河谷野生草本药用植物资源研究,从而丰富了干温河谷草本层植被恢复的种植材料。除此之外,干旱河谷的研究内容更加丰富,植被恢复的研究更加细致和深入。具体来讲,体现在以下 4 个方面。

### 3.1 理论研究

从认识干旱河谷的形成原因和退化的限制因素出发,不同学者对植被恢复的理论提出了不同的见

解。郭晓鸣<sup>[11]</sup>认为自然因素成因是一个长期累积的自然过程。短期内缺乏遏制自然因素影响的前提下,他提出:对干旱河谷地区的植被恢复,更关键和更有现实意义的是重视对人为因素的深入研究,改变以破坏森林植被为代价的不合理开发行为,是实现植被恢复的根本保障。从自然因素出发,纪中华<sup>[12]</sup>等根据水是主要制约因素的基础上,将金沙江脆弱生态系统分为3种小系统,即:雨养生态系统、集水补灌系统、适水灌溉系统。并针对不同系统的水分条件,加以细化,并由此进行不同植被恢复模式研究。费世民<sup>[8]</sup>等在认同主要限制因素是水分的前提下,提出了干热河谷植被恢复过程中的“适度”原则,并从生态、经济和生态经济角度,讨论了“适度”造林的恢复应用模式。钟祥浩<sup>[13]</sup>则从生态系统退化的角度,将干热河谷划分为极强度退化、强度退化、重度退化、中度强度和轻度退化5种主要类型,提出退化生存系统恢复与重建的关键在于土壤水分条件的改善。根据现有土壤和母质的残存情况,提出自然恢复、重建和改建等生态系统植被恢复途径。陈利顶<sup>[14]</sup>等从可持续发展的角度,分析了干旱河谷区的生态环境特征,阐述了制约可持续发展的主要限制因子,即气候干旱、水资源分配不均、自然灾害发生频繁、水土流失严重、土壤性质差与土地退化严重等几个方面。结合区域的生态环境特征和资源优势,他提出了金沙江干热河谷区经济发展方向和可持续发展战略。骆宗诗<sup>[15]</sup>等根据干旱河谷微生境特征,将岷江干旱河谷汶川县映秀镇老虎嘴山体划分为碎石坡面、巨石坡面、碎石地、洼地、沟槽地等5种类型,以此细化开展微生境植被恢复技术研究,值得关注。另外,陈安全<sup>[16]</sup>等从景观建设的角度,提出了岷江干旱河谷汶川县堡子关植被恢复方案,思路新颖,较有创意。

### 3.2 种植材料研究

在种植材料方面,除继续推广前期筛选出的适应性好的树草种外,加大了抗逆性和多用途品种的研究,同时,扩大了乡土树草种的试验示范。

例如,2006年黎燕琼<sup>[17]</sup>在岷江干旱河谷开展了岷江柏(*Cupressu schengiana*)、臭椿(*Ailanthu saltissima*)、榆树(*Ulmu spumila* L.)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、辐射松(*Pinus radiata*)等5个乔木树种以及白刺花(*Sophora davidiana*)、马鞍山羊蹄甲(*Bauhinia faberi* var. *microphylla*)、刺旋花(*Convol*

*vulus tragacanthoides*)、铁杆蒿(*Artemisia gmelinii*)4种灌木树种的6项抗旱性生理指标在生长季节的动态变化观测。最后采用加权评分法对其抗旱性指标进行综合评价。结果表明:①阴坡乔木树种的抗旱性高低排序为:岷江柏(0.549) > 榆树(0.487) > 刺槐(0.467) > 臭椿(0.444) > 辐射松(0.366);②阳坡乔木树种的抗旱性高低排序为:岷江柏(0.513) > 刺槐(0.476) > 榆树(0.467) > 臭椿(0.450) > 辐射松(0.390);③阴坡灌木的抗旱性高低排序为:马鞍山羊蹄甲(0.592) > 白刺花(0.586) > 刺旋花(0.437) > 铁杆蒿(0.339)。2007年李芳兰<sup>[18]</sup>也在岷江干旱河谷开展了,白刺花(*Sophora davidii*)、小马鞍山羊蹄甲(*Bauhinia faberi* var. *microphylla*)和小雀花(*Campylotropics polyantha*)三种乡土豆科灌木幼苗在人工控制条件下的干旱胁迫试验。分别测试了灌木生长、繁殖、生物量积累、叶片结构对干旱胁迫的响应和适应。结果表明:生长速率较慢的物种抗旱能力较强,因而更适合作为干旱地区的植被恢复材料。在多用途品种研究方面,2002年袁远亮<sup>[19]</sup>、樊荣<sup>[20]</sup>等在金沙江干旱河谷分别开展了黑荆树和印度楝的引种试验。

在乡土树种方面,2009年李芳<sup>[21]</sup>兰等在岷江干旱河谷开展了白刺花(*Sophora davidi* (Franch.) Skeels.)、小马鞍山羊蹄甲(*Bauhinia faberi* var. *microphylla*)、岷谷木蓝(*Indigofera lenticallata* Craib)、落芒草(*Oryzopsis munroi* Stapf)和川芒(*Miscanthus szechuanensis* Keng)5个乡土树种的苗期生长观测试验。在草种方面,四川省畜牧科学研究所的夏先玖<sup>[22]</sup>推荐了7个当地草种和8个人工牧草品种。即菊科蒿属的黄花蒿(*Artemisia annua* L.)、青蒿(*A. apiacea* Hance.)、臭蒿(*A. hedinii*)、禾草科的茅叶荩草(*Arthraxon prionodes*)、粗野青茅(*Deyeuxia scabrescens*)、狗尾草(*Setaria viridis*)和芨芨草(*Achnatherum* Beauv.)。紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)、沙打旺(*Astragalus adsurgens*)、红豆草(*Onobrychis viciaefolia*)、小冠花(*Coronilla varia*)、披碱草(*Elyonus duricus*)、羊草(*Aneurolepidium chinese*)、黑麦草(*Lolium perenne*)和鸭茅(*Dactylis glomerata*)等人工牧草。

### 3.3 恢复技术研究

技术路线上,石承苍<sup>[23]</sup>等认为,干旱河谷现存的植被类型是一种由原生植被经人为活动破坏后形成的次生类型,即乔一灌一草的逆向演替,甚至向半

荒漠蜕变。植被恢复应按照自然植被正常的演替规律,走草—灌—乔的演替的技术路线。这一认识在所有文献中基本得到大家的共识,取得一致意见。

然而,针对不同流域和具体地段的稳定性、水分供给和养分缺乏问题,植被恢复技术在研究层面主要集中在工程技术措施、集水抗旱措施和保肥增肥技术等方面。在工程技术方面,主要采用疏、截、拦、固技术,引导水石活体流向,减少自然灾害;截留地表径流,增加土壤水分;拦砌林地土体,方便作业地块,固定地段坡面,增强植被附粘。如陈安全<sup>[16]</sup>等近年来在岷江干旱河谷汶川县堡子关植被恢复试验所采取的工程技术措施。在集水抗旱技术方面,主要研究集中在植穴的土壤水分和苗木根系的活力维护上。如‘径流林业’技术,地表覆盖保墒技术,保水剂应用技术等。2011年,申学圣<sup>[24]</sup>等开展了不同保墒措施对岷江柏生长的试验,分别使用了覆草、覆膜、覆草皮、设挡水墙和对照5种不同保墒措施,结果表明:几种处理保墒处理均有效地提高了0~30 cm土层土壤含水量,但保墒效果以覆草、覆草皮最佳。2001年王春明<sup>[25]</sup>等在岷江干旱河谷开展了SK-4型保水剂在造林中的试验研究,结果表明:保水剂质量分数在 $5 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-2}$ 范围内,其持水和供水能力随着浓度的增加而增强,过高过低效果不明显,理想浓度为 $5 \times 10^{-3}$ 。

在保肥增肥技术方面,除继续采用营养袋育苗技术外,增加了土壤保水养肥措施的试验和生根产品的应用。如2012年吴宗兴<sup>[26]</sup>等开展了岷江柏幼林地绿肥种植试验,结果表明:种植绿肥压青,土壤有机质增加,有效氮增加,有效磷含量增加。尤以种植红豆对岷江柏木幼树生长最好,其高、径生长为对照的1.7倍和1.6倍。此外,2008年,郭星<sup>[9]</sup>等在白龙江干旱河谷开展了ABT生根粉和保水剂新产品在刺槐、花椒、侧柏、狼牙刺等种苗的造林对比试验,取得了阶段性成果。

### 3.4 恢复模式及效益评价

近几年来,对干旱河谷植被恢复模式和效益评估的论文发表极少。推其原因,一是试验林建立时间短,结论性成果未出来;二是评价指标宏观,难以测量。尤以生态指标复杂,难以衡量。因此,对不同模式(或者林分)的生态效益和社会效益的评估并未达成一个较统一的标准,难以评估。仅有零星的文献显示在金沙江干热河谷的部分研究中,几种经

济林模式的经济效益和生态效益说是十分显著。如何璐<sup>[27]</sup>等通过对金沙江干热河谷龙眼生态经济林的三种典型复合种植模式对比,发现龙眼+台湾青枣模式和龙眼+香叶天竺葵模式比龙眼单作模式的经济产投比高,值得大力推广。2005年方海东<sup>[28]</sup>等对金沙江干热河谷银合欢人工林植被恢复区的生态经济价值进行了量化评估,结果表明生态服务功能价值已超过3280.56万元人民币,其中直接使用价值为264.34万元,占总生态经济价值的8.06%,间接使用价值为3016.23万元,占总生态经济价值的91.94%。2003年纪中华<sup>[29]</sup>等对高效复合的酸角—龙眼—咖啡—芦荟的乔灌草模式和酸角—芒果—牧草的高效植被恢复模式等进行了评价,在生态效益上增大了森林覆盖率、郁闭度,提高土壤持水量,减少土壤容重,增大孔隙度,控制水土流失;在经济效益上,效果更是显而易见,治理第6年创纯收入16.09万元。

在评价方法上,取得明显进步的是开始采用遥感技术对干旱河谷地区的面积和植被恢复状况进行监测。例如房世波<sup>[30]</sup>等采用“3S”技术对川西干旱河谷退耕还林(草)工程开展监测,取得相当好的成绩。蔡凡隆<sup>[1]</sup>等对四川干旱河谷的分布与面积进行了调查。

## 4 存在问题

六十余年来,在国家和地方政府的大力支持以及科研人员的积极参与下,干旱河谷的植被恢复研究取得了较大进展,特别是近20年来,多树草种的试验、示范和定点观测工作取得了比较明显的阶段性成果,值得今后大力推广和深入完善。但仍存在诸多新的问题和不完善的方面需要进一步探索和解决,简要归纳起来,主要体现在以下几个方面。

### 4.1 未细分干旱河谷的自然过程和人为过程

尽管所有的专家和学者都认同干旱河谷地区生态环境是自然因素和人为因素共同作用的结果,但是都未系统地细化自然因素和人为因素的过程。概述性划类多,如干旱河谷地区地处高山峡谷,岩石松软,抗蚀力弱,风蚀现象严重,滑坡、崩塌、泥石流等自然现象,以及开垦、过度樵采、过度放牧等人为因素。混淆了干旱河谷的干旱化和干旱河谷的生态环境退化。尽管二者有密切的关联,但二者是不同的

概念和过程。因此在干旱河谷植被恢复中,分清哪些是自然过程?哪些是人为过程?以及发育程度。在此基础上,进一步分清楚哪些部分是可逆的?哪些部分是不可逆的?对可逆部分开展阶段性治理和全面恢复,对不可逆部分保存自然景观。从而“适度”开展植被恢复工作。治理的重点应当是人为引起的退化生境和次生干旱化生境,而不是全部干旱河谷,因为自然过程难以人为干预,或者干预成本太高而失去意义。

#### 4.2 种植材料的系统性研究不完整

六十余年来,从现有文献看,很少找到有全面记录的任何一种植物在人工培育下的完整生命周期,那怕是草种,只能看到记录名称,而无人工栽培条件下的生命记录周期、生理变化和干旱适应过程。仅有岷江柏、辐射松等少数几个乔木树种的资料比较完整。

除此之外,对藤草植物和乡土树种的研究不够系统。过去主要重视对木本植物的研究,特别是乔木树种的研究,对灌木、藤本、草本的研究较少。干旱河谷的植被恢复是以植树造林为主,忽视了灌木、草本的作用。在干旱河谷最为典型的岷江河谷茂县至汶川段所开展的植被恢复工作成功的并不多见,而现有的生态恢复重建的研究、试验和示范项目,主要在岷江上游一些半干旱甚至半湿润的支流小流域进行的,其研究和示范成果对干旱河谷生态恢复重建指导意义不大。为了保证所栽树木的成活率,维持树木成活,甚至采用从河里提水的办法,而一旦保水措施停止,树木的成活就失去保障,所栽树木不能成活,即使成活也成为小老头树。

#### 4.3 忽视小环境的差异

干旱河谷地形类型复杂多样,既有河流的上、中、下游,又有对应山体的上部、中部、下部之分以及同一山体的阳坡、阴坡之别,同一坡面也有起伏、高低、台地的不同。不仅如此,还有土壤类型、水分、养分的差别,特别是人群的集中程度和活动程度的差异。至今仍未建立起这种差异相对应微生境标准数据信息库,盲目造林的现象屡屡发生。

#### 4.4 缺乏对土壤的深入研究和长期定位观测

植被恢复在物理空间上是与特定的土壤相匹配的。六十余年来,在文献记录上对干旱河谷的土壤研究是不完善的,仅限于几次调查和临时性的取样得到的数据来分析和描述干旱河谷的土壤特征,没

有长期系统的定位数据来全面解释和指导植被恢复的土壤需求,客观上造就了立地土壤与种植材料的配位不科学,形成植被恢复的实际难点。

## 5 对策和展望

### 5.1 对策

#### 5.1.1 加强四川干旱河谷自然过程和人为过程的细分研究

在原有研究数据的基础上,加强干旱河谷自然过程和认为过程的细分研究,找准干旱河谷的自然演替过程和人为干扰过程,细分演替和干扰过程的主要因子,建立理性治理链,反复论证,最终找到遏止干旱河谷的退化机制和干旱河谷植被恢复的演替途径,为植被恢复提供理论基础。

#### 5.1.2 加快乡土植被材料的研究,特别是本地草、灌类种植材料的研究

在种植材料上,应加快乡土植被材料的研究,特别是本地草、灌类种植材料的研究,尤以耐旱的菊科、禾本科等观赏植物为主,开展科技攻关,选择抗性为植被恢复提供种植材料。

#### 5.1.3 重视小生境的差异,加强微生境标准数据信息库的建立

干旱河谷微生境的差异对植被恢复有现实而直接的影响。虽然四川干旱河谷处于同一植被地带和西南高山峡谷自然保护及水源涵养功能区<sup>[31]</sup>,其所反映的生态条件或小环境差异却很大。因此,必须按照不同的微生境分别栽植不同的草灌乔种类,营造不同的水源涵养林、自然保护林、生态旅游林等类型。要达到这一目的,需重视小生境的差异,加强微生境标准数据信息库的建立,以确保操作层面的顺利开展。

#### 5.1.4 系统开展干旱河谷土壤研究和长期定位观测

系统开展各子流域土壤研究和定位观测,为植被恢复提供科学的土壤匹配和土壤养护技术措施。

### 5.2 展望

随着四川省加快建设长江上游生态屏障的脚步,建设美丽富裕和谐中国梦四川篇章的开起,四川干旱河谷植被恢复的研究必将迎来大发展的机遇。我们认为今后的研究重点有以下两个方面:一是加强乡土种植材料中的草、灌、藤物种的适应性研究;

## 二是加强微观尺度的干扰因素细分研究。

### 参考文献:

- [1] 蔡凡隆,张军,胡开波,等.四川干旱河谷的分布与面积调查[J].四川林业科技,2009,30(4):82~85.
- [2] 钟祥浩.干热河谷区生态系统退化及恢复与重建途径[J].长江流域资源与环境,2000,9(3):376~383.
- [3] 赵琳,郎南军,郑科,等.云南干热河谷生态环境特性研究[J].林业调查规划,2006,31(3):14~117.
- [4] 张荣祖.青藏高原横断山区科学考察丛书——横断山区干旱河谷[M].北京:科学出版社,1992.
- [5] 孙辉,唐亚,黄雪菊,等.横断山区干旱河谷研究现状和发展方向[J].世界科技研究与发展,2005,6:53~60.
- [6] 张金盈,徐云,苏春江,等.金沙江干热河谷植被恢复研究进展[J].水土保持研究,2005,22(6):101~104.
- [7] 何与容.岷江上游干旱河谷造林(试验)立地类型划分报告[J].第四次全国森林土壤学术讨论会,1986.
- [8] 费世民,王鹏,等.论干热河谷植被恢复过程中的适度造林技术[J].四川林业科技,2003,24(3):10~16.
- [9] 郭星,李永忠,丁光武,等.白龙江干热河谷地带造林技术[J].林业科技开发,2008,22(5):109~110.
- [10] 谢学强.甘孜州干旱河谷野生药用观赏草本植物资源研究[J].广东农业科学,2012,10.
- [11] 郭晓鸣.四川干旱河谷地区生态建设的主要问题与对策建议[J].社会科学研究,2001,5:33~36.
- [12] 纪中华,潘志贤,沙毓沧,等.金沙江干热河谷生态恢复的典型模式[J].农业环境科学学报,2006,25(增刊):716~720.
- [13] 钟祥浩.干热河谷区生态系统退化及恢复与重建途径[J].长江流域资源与环境,2000,9(3):376~383.
- [14] 陈利顶,王军,傅伯杰.我国西南干热河谷脆弱生态区可持续发展战略[J].中国软科学,2001,6:95~99.
- [15] 骆宗诗,王志明,陈永林,等.汶川地震区崩塌山体微生境植被恢复技术[J].四川林业科技,2013,34(4):37~41.
- [16] 陈安全,黄斌,张小平,等.汶川干堡关植被恢复与景观建设技术[J].四川林业科技,2011,6(6):121~124.
- [17] 黎燕琼.岷江上游干旱河谷区几种木本植物的抗旱性研究[D].四川农业大学,2006.
- [18] 李芳兰.三种豆科灌木对干旱胁迫的响应与适应[D].中国科学院成都生物研究所,2007.
- [19] 袁远亮,孙辉.金沙江干热河谷区黑荆树引种研究[J].中国生态农业学报,2002,10(4):99~100.
- [20] 樊荣.印楝在攀枝花的繁殖及推广技术[J].攀枝花科技与信息,2002,27(4):28~30.
- [21] 李芳兰,包维楷,庞学勇.岷江干旱河谷5种乡土植物的出苗、存活和生长生态学[J].生态学报,2009,29(5).
- [22] 夏先玖.川西干旱河谷林草植被建设科学考察报告[J].四川草原,2001,2:5~8.
- [23] 石承苍,雍国玮.长江上游干热干旱河谷生态环境现状及生态环境重建的对策[J].西南农业学报,2001,14(4):114~118.
- [24] 申学圣,关灵,宫渊波.不同保墒处理对岷江柏生长的影响[J].林业实用技术,2011,4(12).
- [25] 王春明,孙辉,陈建中.保水剂在干旱河谷造林中的应用[J].应用与环境生物学报,2001,7(3):197~200.
- [26] 吴宗兴,徐蕙,梁颇.岷江上游干旱河谷岷江柏木幼林地绿肥种植研究[J].四川林业科技,2012,33(5):53~57.
- [27] 何璐,段日汤,沙毓沧,等.金沙江干热河谷区生态经济林复合种植模式的生态经济效益研究[J].2006,20(5):16~19.
- [28] 方海东,纪中华,杨艳鲜,等.金沙江干热河谷植被生态恢复区生态经济价值评估——以元谋县为例[J].国土与自然资源研究,2005,3:58~59.
- [29] 纪中华,刘光华,段日汤.金沙江干热河谷脆弱生态系统植被恢复及可持续生态农业模式[J].水土保持学报,2003,17(5):19~22.
- [30] 房世波.“3S”技术在川西干旱河谷退耕还林(草)监测与生态还林决策中的应用——以甘孜州九龙县为例[D].成都理工大学,2004.
- [31] 刘兴良,杨冬生,刘世荣,等.长江上游绿色生态屏障建设的基本途径及其生态对策[J].四川林业科技,2005,26(1):1~7.