

云南南涧干热退化山地植被恢复重建及其效益初析

刘文耀, 盛才余, 刘伦辉

(中国科学院西双版纳热带植物园, 云南昆明 650223)

摘要: 从 1989~1997 年, 通过对云南南涧干热河谷退化山地生物生态工程治理试验示范研究, 筛选出以台湾相思、马占相思、大叶桉、马鹿花、山毛豆、香根草、大翼豆等为主的 20 余种适应干热生境和退化山地植被恢复的乔、灌、草植物; 并根据不同立地条件营建了多种由这些筛选的物种组合的植物群落, 采用内倾式水平带状整地与调控水系统建设相结合的生物治理措施, 森林覆盖率从原来的 5% 增加到 65%, 项目投产比为 1:2 以上, 取得了良好的社会、生态和经济效益。

关键词: 云南南涧; 退化山地; 植被恢复

中图分类号: Q948.154 **文献标识码:** A

Vegetation restoration of degraded mountainous area of dry-hot river valley in Nanjian county and its benefits analysis

LIU Wen-yao, SHENG Cai-yu, LIU Lun-hui

(Xishuangbanna Tropical botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China)

Abstract: The bio-ecological engineering for prevention and control of debris flow in degraded mountainous areas of Nanjian county in Yunnan was conducted from 1989 to 1997. *Acacia richii*, *A. Margium*, *Eucalyptus robusta*, *Pueraria wallichii*, *Tephrosia caudata*, *Vetiveria zizanioides* and *Maerotylama axillare* etc. were selected from 65 local and introduced species as silvicultural trees, shrubs and herbs of adaptation to dry-hot environment and degraded mountainous soil. The level belt terracing together with water storage system construction is a suitable land preparation mode to plant growth and soil erosion control in the area. The different functional communities with optimized combination of tree, shrub and herb were made according to the conditions of different section. The ratio of forest cover in the area had increased from 5% to 65% before rehabilitation, and the ratio of investment and product had exceeded 1:2. The practice proved that these measures were much effective to restore vegetation and to control soil erosion in dry-hot degenerative

收稿日期: 1998-11-16

作者简介: 刘文耀 (1959-), 男, 研究员, 现在澳大利亚 Curtin 理工大学攻读博士, 主要从事植物生态和环境生态学等研究。

基金项目: 云南省计委特别支持项目 (90254), 并得到中国科学院资环局的资助。

mountainous area.

Key words: Nanjian in Yunnan province; degraded mountainous area; vegetation restoration

退化生态系统的恢复重建是目前国际上蓬勃发展的前沿性研究工作之一^[1-4]。泥石流发生与危害是退化生态系统中退化程度最为严重的类型之一,高温、干旱缺水、土地承载力低,山地灾害严重是云南干热河谷地区主要的环境背景特征^[5]。多少年来,干热河谷退化山地植被恢复重建一直被作为重要的研究课题,其中选择适宜物种,优化群落组合和改善土壤水肥条件是影响植被恢复能否成功的关键问题。从1989年起,在云南省计委和中科院资环局的大力支持下,结合云南南涧泥石流生物生态工程治理的实施,我们对上述方面的问题进行了8a多试验研究,取得了较好的效果。现将近年的试验研究结果报道如下。

1 治理试验区自然概况

位于云南省中南部的南涧彝族自治县,地理位置为 $24^{\circ}39' \sim 25^{\circ}10' \text{N}$ 、 $100^{\circ}06' \sim 100^{\circ}41' \text{E}$ 之间。全县土地面积 1731.6 km^2 ,人口20万,县城座落于魏山河与南涧河的交汇处,月牙山坡脚下,海拔1350 m。近几十年来,由于人口剧增和人为干扰破坏,县城后山及周围植被稀少,水土流失和泥石流严重。特别是县城后山森林覆盖率只有5%,地面破碎,冲沟发育,平均切割密度达 $10 \text{ km} / \text{km}^2$,流域内具有崩塌、错落体、土林等不良地质现象存在,而且还有严重的沟蚀、片蚀和溅蚀类型分布。

本区属亚热带半干热河谷气候,干湿季非常分明,年平均气温 19°C ,年平均降水量 729.2 mm ,最大年降水量 1024.1 mm ,最少年为 509.9 mm ,降水集中于每年的6~10月,占年总降水量的78%,11月至翌年5月期间的降水量仅占22%,年蒸发量 3274.6 mm ,年平均相对湿度62%。流域内土壤以砂砾土为主,有机质含量1.19%,全氮含量0.33%,粒径 $>1 \text{ mm}$ 石砾含量高达50%以上;剖面无层次变化,但有随土层厚度增加石砾含量增加,肥力下降,保水能力减弱的趋势。现存植被以次生的灌丛黄茅草地为主,云南松疏幼林、栎类萌生灌丛呈零星分布。

2 材料与方法

2.1 物种筛选与群落组合

在物种筛选中,除乡土树种外,凡引自外地的种类都遵循“环境类似”的原则,针对不同源地的立地条件,主要区分为坡面上的水源调节林与薪炭林;冲沟、破箐上的护岸林、沟底林与谷坊树种;生物篱布置在破箐边沿、交通要道与完整坡面上作分块截流之用。同时,为组建高功能的植物群落,实现多层多种结构,筛选的物种分为乔木、灌木、草本3大类分别作出比较分析。

2.2 整地方式与种植技术

根据干热地区的生境特点,围绕着既能减少水土流失,又能够增加土壤水分,促进植物生长的问题,采用了水平带状、小撩壕状、穴状和短平台状等4种整地方式,每类整地方式均建立各自的径流观测场,并配合调蓄水系统建设,统一选用台湾相思、新叶合欢、赤桉、大叶桉为试验材料,从中选择出适宜与南涧干热条件下的整地与种植技术。

2.3 群落生物量与保水效益的测定

植物群落生物量的测定: 采用“样方法”和“样木法”测定^[6], 植物持水量的测定用喷水称重法, 枯枝落叶持水量用浸水称重法测得^[7]。

3 结果与分析

3.1 物种筛选

依据试验点的环境特点, 拟定筛选物种的标准应具有速生、耐旱、根深、叶茂和具有一定的经济用途与较好生态功能等要求。据此, 几年来我们在南涧前后共筛选了 65 种乡土的和外来引种的植物,

在同一立地条件下作相似的环境栽培试验和重复组合试验, 应用植物平均高度、年增长率, 苗木渡过干旱期后的保存率与当前种籽供给量等指标。统一的作出初步评价, 试验结果表明, 在南涧干热的气候条件下, 属澳大利亚区系类型的桉树类(如赤桉、大叶桉等)和相思类(如马占相思、肯氏相思等)生长最好, 这与我

3.2 整地方式与调蓄水措施

在南涧后山降雨少而集中, 土壤板结, 雨水渗透力小的条件下, 如何最大程度地把有限的天然降水蓄积起来, 供植物生长利用, 减少地表径流汇水量和泥砂冲刷, 是该地区退化山地生态系统恢复重建中一项重要的内容。为此, 我们进行了不同整地方式和调蓄水措施对比试验, 其中除了常用的整地方式外, 专门进行了整地与调蓄水措施相结合的工程, 我们称之为调蓄水系统建设, 它是以内倾式水平带状整地, 水平截流沟, 蓄水坑, 水窖, 生物篱, 生物谷坊及各种植物共同构成调蓄水系统。从试验结果(表 2)可看出, 本区自然荒草坡地(对试样地)的水土流失量较大, 地表径流系数高达 17%。通

表 1 南涧干热河谷退化山地生物治理筛选出的植物种类¹⁾
Table 1 Selected species for biological measure of degraded mountainous area of dry-hot valley in Nanjian

类型 Types	植物名称 Species names	种植方式 Planting modes	生物学特性及用途 Biological characteristics	种源 Sources	
乔木 类	台湾相思(<i>Acacia richii</i>)	袋苗	耐旱, 耐贫瘠; 用作干旱坡地造林	云南景东	
	马占相思(<i>A. mangium</i>)	袋苗	根深叶茂; 用于坡下部、阴坡造林	广州	
	肯氏相思(<i>A. cunninghamii</i>)	袋苗	根深耐旱, 用于干旱坡地造林	广州	
	大叶桉(<i>Eucalyptus robusta</i>)	袋苗	干直, 生长快, 用于沟底与阴坡造林	当地	
	赤桉(<i>E. Camaldulensis</i>)	袋苗	耐旱, 生长快, 用于干旱坡地造林	昆明	
	黑荆树(<i>Acacia mearnsii</i>)	袋苗	耐旱, 速生, 用于干旱坡地造林	昆明	
	新银合欢(<i>Leucaena glauca</i>)	直播	耐旱, 萌生力强; 用于干旱坡地造林	东川	
	云南松(<i>Pinus yunnanensis</i>)	直播	速生, 较耐旱; 用于山坡上部造林	当地	
	思茅松(<i>P. kesiya</i> var. <i>langbianensis</i>)	直播	速生, 较耐旱, 用于阴坡造林	当地	
	圆柏(<i>Cupressus duclouxiana</i>)	袋苗	根深耐旱, 用于干旱坡地造林	昆明	
灌木 种类	侧柏(<i>Platycladus orientalis</i>)	袋苗	根深耐旱, 用于干旱坡地造林	昆明	
	甜竹(<i>Sinocalamus latiflorus</i>)	根植	速生, 根深叶茂, 用于沟底堤岸造林	云南景东	
	马兜铃(<i>Pueraria wallichii</i>)	袋苗	根深发枝强, 用于坡谷与沟底造林	云南景东	
	山毛豆(<i>Tephrosia caudata</i>)	直播	速生, 具根瘤; 用于干旱坡地造林	湛江	
	明油子(<i>Dodonaea angustifolia</i>)	直播	耐旱速生, 用于干旱坡地造林	当地	
	夹竹桃(<i>Nerium indicum</i>)	扦插	速生发枝强, 用于沟底与堤岸造林	当地	
	苦刺(<i>Sophora davidii</i>)	直播	耐旱速生, 用于坡面与沟边造林	当地	
	草本 与藤 本类	香根草(<i>Vetiveria zizanioides</i>)	分根	耐旱分蘖强; 用于沟边和生物篱种植	昆明
		类芦(<i>Neyraudia reynaudiana</i>)	袋苗	分蘖力强, 用于护岸与沟底种植	当地
		龙须草(<i>Eulaliaopsis binata</i>)	直播	耐旱分蘖强; 用于沟边和生物篱种植	当地
金光菊(<i>Rudbachia laciniata</i>)		直播	耐旱速生; 用于沟边和生物篱种植	云南景东	
臂行草(<i>Brachiaria branthae</i>)		直播	多年生饲料植物, 作为坡地混交物种	云南思茅	
大翼豆(<i>Maerottysana axillare</i>)		直播	速生具根瘤; 作为陡坡破管绿化植物	云南思茅	
	雀舌豆(<i>Dumosia forrestii</i>)	直播	根深叶茂, 作为陡坡破管绿化植物	当地	

1) 表中数据为 1991~1995 年雨季观测的平均值

表 2 不同整地方式对坡面水土流失量影响的比较²⁾
Table 2 Comparison of soil erosion of different land preparation modes

整地方式 Land preparation modes	降雨量 Rainfall (mm)	泥砂冲刷量 Soil erosion (t/hm ²)	地表径流 Surface runoff (mm)	地表径流系数(%) Coefficient of surface runoff(%)
调蓄水措施建设	578.4	1.15	19.1	3.3
水平带垦样地	578.4	2.58	40.3	6.9
小撩壕样地	578.4	2.12	31.8	5.5
穴垦样地	578.4	0.85	22.6	3.6
对试样地	578.4	2.10	98.9	17.1

2) 表中数据为 1991~1995 年雨季观测的平均值

过一定的整地措施, 地表水土流失量都有不同程度的降低, 其中地表径流系数在调蓄水措施建设整地中下降的程度最为明显, 只有 3.3%, 水平带垦整地, 小撩壕整地和穴垦整地中分别下降到 3.6%、5.5% 和 6.9%; 泥沙冲刷量除水平带垦整地略高于对照样地外, 其它几种整地均比对照的小。

关于不同整地措施植物生长情况, 根据对几种主要植物的调查结果 (表 3), 在调蓄水措施整地上的植物高生长和保存率都要比其它几种整地方式的高。从几年应用的效果和实用的角度出发, 我们认为在南涧这样的干热条件下, 采用内倾式水平带状整地与调蓄水措施相结合的方式适合于生物治理, 它具有经济、实用、有效性强; 防止土壤侵蚀效果显著; 改善山地土壤水分条件, 促进植物生长; 而且, 创造了局部生境的多样性, 为全面恢复退化山地环境提供了有利的条件。

3.3 植物群落组合

植物种类之间合理的组合与搭配, 形成多种复合的复合群落, 这种群落结构不仅有利于林木生长, 而且能有效地发挥群体效应, 对保土改土和截留雨水更为有利。经过几年的栽种试验, 摸索出几类适合干热、半干热地区生长的乔、灌、草搭配的群落组合。其中主要的群落类型有: 大叶桉、马鹿花群落, 适宜于在河床或沟底边上种植; 台湾相思、坡柳群落, 多在光秃的山脊上发展; 松树、坡柳、龙须草群落; 主要在山坡上部种植; 柏树、黑荆树、坡柳、龙须草群落多在山坡下部营造; 马占相思、苦刺、坡柳群落, 一般在坡脚和冲击扇上发展较好。山毛豆生长速度快, 2~3 a 就能基本覆盖山地, 生物生长量也比原有植被增加 5~10 倍, 枯枝落叶量也很高, 加之它具有固氮肥土作用, 对于改善退化山地的水肥条件有明显的的作用, 因此, 它不仅成可以成片发展, 也能与桉树与相思类树种, 新叶合欢、松树等进行行间种植或块状混交, 组成相应的混交群落。此外, 在土肥条件较好的地段, 还种植了花椒、核桃、石榴、芒果等当地适生的经济林木。

3.4 各类群落生物产力的比较

治理前南涧县城后山区域区内主要是以坡柳、黄茅草灌草丛为主体, 约占面积的 70% 以上, 其次是郁闭度在 0.1~0.3 的云南松疏幼林, 约占 20%、分布在海拔 1600 m 以上的上半山和阴坡, 多呈团块状分布, 全区森林总覆被率在 5~6%、无任何植物覆盖的光秃裸地分布在冲沟、滑坡陡壁、破箐与山脊, 约占总面

表 3 不同整地方式下植物生长比较¹⁾

Table 3 Comparison of plant growth of different modes of land preparation

整地方式 Land preparation modes	种类 Species	植苗高度 Seedling height (cm)	株高 Plant height (cm)	保存率 Retention ratio (%)
调蓄水措施建设样地	台湾相思	7.0	268	93
	大叶桉	11.8	380	95
	赤桉	12.9	255	94
	新叶合欢	15.0	165	72
水平带垦样地	台湾相思	7.0	223	90
	大叶桉	11.8	344	91
	赤桉	12.9	187	88
小撩壕样地	新叶合欢	15.0	153	86
	台湾相思	7.0	202	89
	大叶桉	11.8	156	82
	赤桉	12.9	152	84
穴垦样地	新叶合欢	15.0	123	80
	台湾相思	7.0	167	46
	大叶桉	11.8	258	73
	赤桉	12.9	149	75
	新叶合欢	15.0	110	53

1) 苗木于 1991 年 7 月栽种, 1994 年 10 月调查生长情况

表 4 治理区各类植物群落地上部分生物量与年平均生产力

Table 4 Comparison of biomass and productivity of different communities in rehabilitated area

群落类型 Communities	年龄 Ages	种植密度 Density	生物量 Biomass				群落生产力 Productivity (t/hm ²)
			优势种 Dominant (t/hm ²)	灌草层 Unders- tories (t/hm ²)	凋落物 Litter (t/hm ²)	合计 Total (t/hm ²)	
山毛豆群落	4	纯林 1m × 2m	26.124	2.63	4.68	32.493	8.110
台湾相思群落	3	纯林 1m × 2m	8.125	0.89	2.40	11.415	3.805
大叶桉群落	3	纯林 1m × 2m	12.224	3.51	3.36	19.097	6.366
马鹿花群落	3	纯林 1m × 2m	17.676	1.56	4.00	23.231	7.744
云南松群落	16	天然更新林	40.251	0.73	14.88	55.857	3.491
台湾相思坡柳群落	3	隔行 1m × 2m	6.298	1.07	2.52	9.888	3.296
大叶桉山毛豆群落	3	隔行 1m × 2m	30.543	0.33	2.52	33.393	8.348
黑荆树坡柳群落	3	隔行 1m × 2m	7.741	2.08	3.04	12.861	4.287
野油子黄茅草群落	5	原有植被	1.919	0.295	1.20	8.164	1.633

积的 10%。其它还有少量的赤桉树林和小石积灌丛等, 显示出人为活动频繁, 森林植被覆盖率极差的特点。如今经过几年的治理改造, 现有植物种类与群落类型大大增加, 物种多样性与生物生产量大幅度提高。

根据 1996 年取样调查结果 (表 4) 表明, 所有人工群落和云南松林的总生物量, 均较原有自然的坡柳、黄茅草群落要高, 云南松林与大叶桉、山毛豆群落高出了 4~7 倍, 其中优势植物层的生物量所占比例达到了群落总生物量的 60% 以上, 最好的大叶桉, 山毛豆混交群落达 91%。按各群落地上部分总生物量的大小顺序为: 云南松群落 > 大叶桉, 山毛豆群落 > 山毛豆群落 > 马鹿花群落 > 大叶桉群落 > 黑荆树, 坡柳群落 > 台湾相思群落 > 台湾相思, 坡柳群落 > 坡柳, 黄茅草群落。

在植物群落净生产力方面, 所有人工群落都高于原有坡柳, 黄茅草群落 2~5 倍, 若按优势木本植物生物量计算, 其差值多在 10 倍以上, 大叶桉, 山毛豆群落则高出 20 倍。按各群落净第一性生产力的排序为: 大叶桉, 山毛豆群落 > 山毛豆群落 > 马鹿花群落 > 大叶桉群落 > 黑荆树, 坡柳群落 > 台湾相思群落 > 云南松群落 > 台湾相思, 坡柳群落 > 坡柳, 黄茅草群落。其结果与上述排列顺序基本一致。可见改造原有天然植被对增加地表生物产量与覆盖是十分显著的。

3.5 各类植物群落持水效益的比较

随着植物群落生物生产力的提高, 它们的持水效应也有不同程度的增强。根据测定结果 (表 5) 表明, 在现有的群落中, 云南松群落、山毛豆群落、马鹿花群落, 黑荆树坡柳群落的总持水量较高, 分别是坡柳, 黄茅草群落的 5.9 倍、3.0 倍、2.2 倍、1.9 倍。林冠层的持水量以云南松, 大叶桉, 山毛豆等群落较高, 其它群落的持水量较低。枯枝落叶的持水能力也因物种和群落类型的不同而有所不同, 其中以山毛豆、马鹿花、黑荆树等叶质较薄树种的凋落物持水能力最强, 持水量可达自身干重的 3 倍左右; 而大叶桉, 台湾相思等种类的凋落物, 因叶质坚实而厚, 干物质持水率多在 2 倍左右。此外, 不同分解程度枯枝落叶凋落物的吸水力更不相同。如云南松凋落物的上层主要是当年凋落的针叶, 持水率仅为干重的 1~1.5 倍, 而处于半分解状态的枯枝落叶, 吸持的水量能达自身干重的 3 倍。总之, 一个群落的总持水量与其凋落物现存量及凋落物层持水量紧密相关。经计算, 各群落凋落物现存量仅占总生物量的 8%~27%, 而吸持水量却占群落总持水量的 70% 以上, 云南松群落则高达 95%。

表 5 治理区各类植物群落持水量的比较
Table 5 Comparison of water retaining capacity of different communities in rehabilitated area

群落类型 Communities	林木枝叶 Branches and leaves		草本层 Herb		凋落物 Litter		合计 Total
	持水量 Retained water (t/hm ²)	持水率 Retained ratio (%)	持水量 Retained water (t/hm ²)	持水率 Retained ratio (%)	持水量 Retained water (t/hm ²)	持水率 Retained ratio (%)	
山毛豆群落	1.04	35.0	3.73	239.0	14.88	318.0	19.65
台湾相思群落	0.34	19.0	0.50	55.9	4.18	174.5	5.02
大叶桉群落	0.72	25.3	1.67	90.0	5.54	165.2	7.93
马鹿花群落	0.68	33.2	0.53	55.9	12.72	318.0	13.93
云南松群落	1.56	26.3	0.01	55.9	30.50	305.7	32.07
台湾相思坡柳群落	0.53	30.7	0.62	57.6	4.69	185.9	5.84
大叶桉山毛豆群落	1.51	24.8	0.28	85.7	6.07	240.8	7.86
黑荆树坡柳群落	0.67	43.3	2.85	137.0	8.69	286.2	12.21

这说明凋落物在蓄水保水方面的作用巨大, 生态效益最显著。因此, 因地制宜地采用多树种混交, 保持林下枯落物层的完整, 对提高林地蓄水保水能力作用巨大。

3.6 不同植物对土壤改良效益的初步分析

植物生长过程中, 通过每年凋落枯枝落叶, 增加土壤有机质, 提高土壤肥力; 同时植物根系穿透土壤, 并分泌出某些化学物质, 改善土壤结构。不过, 因每种植物凋落物所含营养元素的不同, 对改良土壤的性能也不一样, 如山毛豆是多年生的豆科绿肥植物, 又具根瘤, 其茎叶可作为水稻或其它作物的压青材料。其鲜嫩茎叶中 N、P、K 的含量分别为 0.82%、0.09%、0.47%, 每年落叶量在 2.0~

2.5 t/hm², 分解较快, 养分循环强度高, 对改善土壤理化性能具有显著作用; 黑荆树的树叶也是很好的绿肥, 鲜嫩叶中 N、P、K 分别为 0.89%、0.14%、0.38%, 同时树根的根瘤也很发达, 对改土作用也巨大。云南松的凋落物中 N、P、K 的含量分别为 0.45%、0.03%、0.18%, 较上述豆科植物稍低, 且分解较慢, 改土性能明显下降, 但现存凋落物量大, 涵养水分和防止土壤侵蚀作用较显著, 大叶桉的凋落物较少, 也不易分解, 但生长迅速, 树冠浓密, 砍伐后萌发力强, 根系深, 是另一类较好的防护树种。

坡柳、黄茅草群落是南涧后山原有广泛分布的植物群落, 该群落因为生物量小, 生产力极低, 不仅缺乏浓密林冠对降水的截留, 而且枯落物也很少, 对涵养水源、改良土壤的作用不大, 所以在加强管理的前提下, 应尽快将其改造成为以多种阔叶树为主的森林植被, 对恢复退化山地, 防止泥石流发生是一种不可缺少的生物措施。

4 生物生态工程治理效益的初步评价

通过 8 年多生物措施与土建工程相结合的治理, 南涧后山区域的森林植被覆盖率从原来的 5% 增加到目前的 65%, 土壤侵蚀模数由原来的 15 000 m³/km² 下降到 1 290 m³/km², 土地生产力比治理前提高近 10 倍, 南涧县城后山坡面水侵问题和沟床固体松散物质的活动得到控制, 泥石流下泄问题也得到有效的遏制, 后山生态环境出现根本性的好转, 治理费用与保护主要基础设施价值相比, 其投保比为 1:191 (0.52%)。通过生物治理工程的实施, 区内新增森林 (各类防护林、经济林等) 近 300 hm², 按蓄积量 55 m³/hm² (每亩 3.7 m³/m²) 和木材价格 280 元/m³ 计算, 有直接的经济收益 400 多万元, 加上经济林的收益, 该项目的投产比为 1:2 以上。

随着森林植被的恢复, 小气候条件逐步向半湿转变; 许多植物已能天然更新, 动、植物种类增加, 原来已在后山消失的动物 (如多种鸟类、蛇类、兽类等) 又重新出现, 植物种类也比治理前增加, 逐渐恢复了鸟语花香的生态环境。本项生物生态工程治理泥石流试验示范研究的成功, 不仅直接保障南涧县城人民生产、生活和国家财产的安全, 积极推动了城市建设与经济发展, 而且在本项目的影和带动下, 整治山河、培育绿色产业、改善生存和发展的生存环境, 已成为全县人民的自觉行动, 从而积极促进了全县经济的健康发展。目前, 即将启动的南涧面山泥石流治理项目, 将按照生物生态工程治理泥石流的方法和技术措施进行治理; 此外, 本项试验示范工作所创建的泥石流生物生态治理工程的基本内容与操纵技术要点, 对各地均有普遍的适用价值, 一些其它地区的泥石流治理和退化地整治工作的有关单位与人员前来借鉴, 并参考制定了整治规划。

参考文献:

- (1) Bradshaw A D. Restoration Ecology as a science [J]. *Restoration Ecology*. 1993, 1: 71~73
- (2) Higgs S S. What is good ecology restoration [J]. *Conservation Biology*. 1997, 11 (2): 338~348
- (3) Jordan W R, M E Gilin, J D Aber. *Restoration Ecology* [M]. Cambridge University Press, Cambridge, England. 1987.
- (4) 马世骏. 展望90年代的生态学 [A]. 见: 马世骏主编, 现代生态学透视. 北京: 科学出版社, 1990 1~4.
- (5) 吴征镒主编. 云南植被 [M]. 北京: 科学出版社, 1987. 74~76.
- (6) 木村允著, 姜恕译. 陆地植物群落的生产力测定法 [M]. 北京: 科学出版社, 1981. 58~118.
- (7) 刘文耀, 郑征. 云南松林的枯枝落叶持水效应初探 [J]. 植物生态学与地植物学学报, 1990, 14 (2): 191~196
- (8) 吴坤明, 吴菊英, 徐建民. 海南岛西部地区桉树树种/种源 [A]. 见: 洪菊生主编, 澳大利亚阔叶树研究. 北京: 中国林业出版社, 1993. 58~63.
- (9) 韦增健. 相思类树种引种初报 [J]. 广西林业科技, 1984, (4): 16~18.
- (10) 郑永奇, 王豁然, 史密斯等23中桉树引种试验研究 [A]. 见: 洪菊生主编, 澳大利亚阔叶树研究. 北京: 中国林业出版社, 1993. 100~109.