

# 珠江源头区不同地类人工恢复植被树种 选择及生态效益研究

李贵祥, 孟广涛, 方向京, 柴勇, 和丽萍, 张正海

(云南省林业科学院, 云南 昆明 650204)

**摘要:** 选择珠江源头区主要的 6 个造林树种, 通过设置固定观测样地和观测设施, 对不同地类人工恢复植被树种和其生态效益进行了 4 a 对比分析。(1) 树高生长以云南松为最慢, 旱冬瓜最快, 旱冬瓜、圆柏、藏柏、柳杉、川滇桧木树高分别是云南松的 4.9、2.8、2.5、2.3、1.7 倍。胸径生长依次为旱冬瓜>圆柏>藏柏>柳杉>川滇桧木>云南松。从长势来看, 旱冬瓜、圆柏、藏柏、柳杉、云南松为珠江源头区适宜的造林树种。(2) 从 6 个树种的香浓—威纳指数来看, 依次为阴坡退耕地>荒草地>退化林地>阳坡耕地。均匀度指数则依次为阴坡退耕地>阳坡耕地>荒草地>退化林地。(3) 各地类的容重均减小, 土壤毛管孔隙度比造林恢复前明显提高, 表明土壤的结构得到了明显改善, 耕地的板结状况也得到显著改善。(4) 试验区的平均土壤侵蚀模数降为 1 087 t/(km<sup>2</sup>·a), 土壤侵蚀减少了 38.48%, 水土流失面积由 188.27 hm<sup>2</sup> 减少到 104.83 hm<sup>2</sup>, 水土流失面积减少 44.32%。

**关键词:** 珠江源头区; 不同地类; 树种选择; 生态效益

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)04-0126-05

中图分类号: X171.4

## Species Selection and Ecological Benefits of Revegetation on Different Types of Land in the Headstream Area of Pearl River

LI Gui-xiang, MENG Guang-tao, FANG Xiang-jing, CHAI Yong, HE Li-ping, ZHANG Zheng-hai  
(Yunnan Academy of Forestry, Kunming, Yunnan 650204, China)

**Abstract:** In order to conduct species comparison and eco-benefit analysis in revegetation, some fixed plots with different treatments of revegetation were set up on different types of land in the headstream area of Pearl River. The result of four-year study showed as follows (1) Among the six species studied, the tree height growth of *Pinus yunnanensis* was the lowest, and that of the *Alnus nepalensis* was the fastest. The tree height growths of *Sabina chinensis*, *Cupressus torulosa*, *Cryptomeria japonica*, *Alnus ferdinandi-coburgii* were 2.8, 2.5, 2.3 and 1.7 times of that of *Pinus yunnanensis*, respectively. The tested species, in terms of DBH, ranked in the descent order of *Alnus nepalensis*, *Sabina chinensis*, *Cupressus torulosa*, *Cryptomeria japonica*, *Alnus ferdinandi-coburgii* and *Pinus yunnanensis*. (2) Land types ranked in the descent Shannon Wiener index were in turn rehabilitated land at shady slope, grass land and bare land, and degraded forest land; land types ranked in the descent evenness index were in turn rehabilitated land at shady slope, arable land at sunny slope, grass land and bare land, and degraded forest land. (3) Soil bulk densities of all the land types decreased, and capillary porosities obviously increased compared with those in 2001, which implied that soil physical structure was significantly increased, and the condition of soil compaction was improved greatly. (4) The average soil erosion modulus for the experimental region decreased to 1 087 t/(km<sup>2</sup>·a), and it decreased by 38.48%. The area of soil and water loss decreased from 188.27 hm<sup>2</sup> to 104.83 hm<sup>2</sup>, decreasing by 44.32%.

**Keywords:** headstream area of Pearl River; different land types; species selection; ecological benefit

收稿日期: 2007-02-18 修回日期: 2007-06-20

资助项目: 国家西部大开发科技专项第三子专题“珠江流域源头区生态恢复重建模式研究”(2000-K01-04-05-03); 国家“十一五”科技攻关天然林保育恢复与可持续经营技术研究(2006BAD03A04); “西南山区退化天然林恢复与经营技术试验示范”(2006BAD03A10)

作者简介: 李贵祥(1975-), 男(汉族), 云南省禄丰县人, 助理研究员, 主要从事生态及水土保持方面的研究工作。E-mail: liguixiang 7558 @ 126.com

珠江流域面积  $4.4 \times 10^5 \text{ km}^2$ , 长 2 000 km, 年径流量为  $3.00 \times 10^{11} \text{ m}^3$ , 占全国河川径流量的 12.3%, 仅次于长江, 是黄河年径流量的 5.7 倍<sup>[1-2]</sup>, 是一条对我国乃至东南亚都具有重要影响的河流。云南境内珠江源头区位于云南高原中部和东部的曲靖市, 然而由于该区域农林业开发历史早, 自 20 世纪 70—80 年代以来, 该区承受了越来越多的人为干扰, 尤其是大规模的采伐森林资源和毁林开荒, 超过了该区脆弱山地系统的承载力和抵抗能力, 使该区域的生态环境已受到严重破坏<sup>3]</sup>。

流域内水土流失面积高达区域面积的 40%。水土流失主要分布在山区大面积的坡耕地, 其次是荒草地和退化疏林地。本研究主要是围绕这 3 个地类开展树种选择及效益分析。

## 1 试验区概况

研究区位于云南省富源县占马地小流域, 总面积  $303 \text{ hm}^2$ , 地处西门小河源头, 为季风型山地气候。年均气温  $13.8 \text{ }^\circ\text{C}$ , 年降雨  $1\ 100 \sim 1\ 300 \text{ mm}$ , 雨季多集中在 5—10 月, 干湿比较明显, 相对湿度 75%, 日照  $1820 \sim 1900 \text{ h}$ ,  $\geq 10 \text{ }^\circ\text{C}$  活动积温  $4\ 024 \text{ }^\circ\text{C}$ ; 区域内最高海拔 2 213 m, 最低海拔 1 920 m, 山高坡陡沟深, 耕地垦殖率高, 林地退化严重, 水土流失较为严重, 面积达  $188 \text{ hm}^2$ , 占示范区总面积的 62%。试验区内土地利用状况为农地  $144.9 \text{ hm}^2$ , 占总面积的 41.98%; 林业用地  $175.8 \text{ hm}^2$ , 占总面积的 58.02%。

试验区土壤主要为石灰岩和玄武岩发育而来的黄红壤, 属红—黄壤的过渡性地带, 土壤中性偏酸, 土层稍厚, 肥力中等。原生植被早已破坏殆尽, 现有森林多以退化的云南松 (*Pinus yunnanensis*) 次生林和青冈 (*Cyclobalanopsis* spp.)、栎类 (*Quercus* spp.) 灌木为主, 明显表现出林分稀疏, 树干弯扭的退化特征; 不少林地多演化为灌木林和草地, 但还具有常绿阔叶林保存下的有机质和小气候特征。主要树种有云南松、滇青冈 (*Cyclobalanopsis glaucooides*)、华山松 (*Pinus armandii*) 等。

## 2 研究方法

### 2.1 试验布局及林分调查

试验采取随机区组设计, 选择了旱冬瓜 (*Alnus nepalensis*)、圆柏 (*Sabina chinensis*)、柳杉 (*Cryptomeria fortunei*)、藏柏 (*Cupressus torulosa*)、川滇桧木 (*Alnus ferdinandi-coburgii*) 和云南松等 6 个树种, 进行了 4 个重复的试验, 其中重复 I 为退化林地, 重复 II 为阴坡退耕地, 重复 III 为阳坡退耕地, 重复 IV

为荒草地。在各重复内的每个树种设置 3 个  $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$  的固定样地, 对样地内造林树种进行每木调查, 最后取各组平均数据, 进行树种对比分析。各树种造林时间为 2002 年 7 月, 测定时间为 2005 年 10 月。

### 2.2 生物多样性的测定

在样地中, 每  $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$  中再设置  $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ ,  $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$  的小样方各 5 块, 分别调查灌木及草本的生物多样性<sup>[4]</sup>。群落种类组成结构及群落植物多样性, 采用物种丰富度、Shannon—Wiener 指数 ( $H'$ )、Pielou 的均匀度指数 ( $J_{sw}$ ), 计算式为<sup>[5-7]</sup>:

$$H' = -\sum P_i \ln P_i; J_{sw} = -\sum P_i \ln P_i / \ln S.$$

式中:  $P_i$ ——种  $i$  的相对重要值;  $S$ ——种  $i$  所在样地的物种总数, 即丰富度指数。

### 2.3 水土流失监测

在试验区占马地小流域出口对泥沙流失量进行测定, 设置 1 个水文观测场 (巴歇尔槽结合三角堰), 用 40 型水位计记录径流水位过程, 并根据洪峰状况, 测定其出水口水流总量和泥沙含量。

## 3 结果分析

### 3.1 树种选择分析

3.1.1 不同地类上各造林树种树高生长状况 在不同的造林地上, 各树种的树高生长具有一定的差异 (见表 1)。

各造林树种在退化林地上树高依次为: 旱冬瓜 > 圆柏 > 柳杉 > 藏柏 > 川滇桧木 > 云南松; 在阴坡退耕地上依次为: 藏柏 > 柳杉 > 旱冬瓜 > 圆柏 > 川滇桧木 > 云南松, 旱冬瓜和柳杉高生长差异很小; 在阳坡退耕地上依次为: 旱冬瓜 > 藏柏 > 柳杉 > 圆柏 > 川滇桧木 > 云南松; 在荒草地上依次为: 旱冬瓜 > 川滇桧木 > 藏柏 > 柳杉 > 圆柏 > 云南松。各树种在不同地类上的平均值依次为: 旱冬瓜 > 藏柏 > 圆柏 > 柳杉 > 川滇桧木 > 云南松。

从上述排序来看, 旱冬瓜树高生长在各地类上表现均较好, 年平均高超过了  $1.08 \text{ m}$ , 云南松为较差, 但各树种除川滇桧木在造林第 1 a、2 a 受到一定的冻害外, 均表现出良好的生长势, 尤其是云南松造林后一般有 3 a 的蹲苗期, 而本研究采用了优良种源和菌根土育苗技术, 造林后云南松即进入了生长期。

3.1.2 不同地类上各造林树种地径生长状况 各树种在不同地类上的地径生长见表 2, 其生长状况在退化林地上依次为: 旱冬瓜 > 圆柏 > 柳杉 > 川滇桧木 > 云南松 > 藏柏; 在阴坡退耕地上依次为: 圆柏 > 藏柏 > 柳杉 > 旱冬瓜 > 云南松 > 川滇桧木; 阳坡退耕地上依次为: 旱冬瓜 > 藏柏 > 柳杉 > 圆柏 > 云南松 > 川滇

桫欏木; 荒草地上依次为: 旱冬瓜> 川滇桫欏木> 云南松 > 圆柏、藏柏> 柳杉。6 个树种在不同地类上的平均地径依次为: 旱冬瓜> 圆柏> 柳杉> 藏柏> 川滇桫欏木> 云南松。

表 1 各造林树种在不同地类上的树高生长状况

cm

树种	退化林地	阴坡退耕地	阳坡退耕地	荒草地	平均
旱冬瓜	447.50	326.00	515.50	527.00	454.00
圆柏	295.50	298.50	336.00	120.36	262.59
藏柏	138.15	403.50	403.00	190.00	283.66
柳杉	242.20	327.00	341.00	122.50	258.18
川滇桫欏木	109.00	97.39	176.80	240.50	155.92
云南松	49.25	83.25	128.00	111.25	92.94

表 2 各造林树种在不同地类上的地径生长状况

cm

树种	退化林地	阴坡退耕地	阳坡退耕地	荒草地	平均
旱冬瓜	7.11	5.77	7.98	7.23	7.02
圆柏	5.28	7.83	5.79	3.25	5.54
藏柏	2.52	6.81	7.04	3.25	4.91
柳杉	4.67	6.22	6.54	2.85	5.07
川滇桫欏木	4.10	3.15	4.93	5.69	4.47
云南松	3.09	4.28	5.11	4.88	4.34

3.1.3 树高多重比较分析 为了比较各树种间的树高生长状况,对 6 个树种的树高进行多重比较分析,从表 3 可以看出,在树高生长量上旱冬瓜和其它 5 个树种的差异显著,而圆柏、藏柏、柳杉、川滇桫欏木与云南松有显著差异。圆柏、藏柏、柳杉、川滇桫欏木 4 个树种间则无明显差异。通过比较可知,旱冬瓜生长最好,其平均树高为 454 cm,远远高于其它树种。在 6 个树种中,云南松树高最小,树高平均为 92.94 cm,仅为旱冬瓜的 20.47%;排列第 2 的圆柏,树高平均值为 262.59 cm,为云南松的 2.8 倍;排列第 3 的藏柏,树高平均值为 238.83 cm,为云南松的 2.5 倍;排

列第 4 的柳杉,树高平均值为 215.42 cm,为云南松的 2.3 倍;排列第 5 的川滇桫欏木,树高平均值为 155.91 cm,为云南松的 1.7 倍。

3.1.4 胸径多重比较分析 从表 4 中可以看出,旱冬瓜的地径生长量明显优于其它树种。旱冬瓜的地径平均值为 7.02 cm,分别为云南松的 1.6 倍,川滇桫欏木的 1.5 倍,柳杉的 1.4 倍,藏柏的 1.3 倍,圆柏的 1.2 倍。而圆柏、川滇桫欏木、柳杉、藏柏间则无明显的差异。从胸径多重比较分析结果来看,各树种胸径大小依次为:旱冬瓜> 圆柏> 藏柏> 柳杉> 川滇桫欏木> 云南松。

表 3 几个树种树高的多重比较

树种名称	$X-X_6$	$X-X_5$	$X-X_4$	$X-X_3$	$X-X_2$	q 值
旱冬瓜 $X_1$	361.06	298.09	238.58	215.17	191.41	80.79
圆柏 $X_2$	169.65	106.68	47.17	23.76		
藏柏 $X_3$	145.89	82.89	23.41			
柳杉 $X_4$	122.48	59.51				
川滇桫欏木 $X_5$	62.97					
云南松 $X_6$						

表4 几个树种树种的地径生长多重比较

树种名称	$X-X_6$	$X-X_5$	$X-X_4$	$X-X_3$	$X-X_2$	$q$ 值
旱冬瓜 $X_1$	2.68	2.56	1.98	1.48	1.36	0.64
圆柏 $X_2$	1.32	1.20	0.62	0.12		
藏柏 $X_3$	1.20	1.08	0.50			
柳杉 $X_4$	0.70	0.58				
川滇栎木 $X_5$	0.12					
云南松 $X_6$						

### 3.2 不同地类植被恢复效益

3.2.1 不同地类上生物多样性分析 物种的多样性与群落演替动态密切相关, 不同物种组成的植物群落在结构和功能上都存在很大的差异, 这种差异主要受制于组成物种不同的生态生物学特性。从表5数据来看, 物种丰富度依次为重复IV>重复I>重复II>重复III。这个排序可能与重复IV及重复I未受耕作

铲除灌草有关, 而重复II和重复III由于是耕地, 在退耕前一直在耕作有关; 种群个体数则依次为重复IV>重复II>重复III>重复I, 可以看出重复I明显处于种群个体较低状态, 重复II和重复III则迅速增加; 由于群落尚处于营建初期, 未达到稳定的时期, 因此, 在短期内一定程度上对其物种丰富度和种群个体数将会产生影响。

表5 不同重复的物种多样性

类别	重复1	重复2	重复3	重复4
物种丰富度	13	12	10	16
小样方个体数	98	126	113	130
Shannon-Wiener 指数 ( $H'$ )	0.871	1.011	0.865	0.905
Pielou 的均匀度指数 ( $J_{sw}$ )	0.782	0.937	0.865	0.752

从香浓-威纳指数来看, 依次为重复II阴坡退耕地>重复IV荒草地>重复I退化林地>重复III阳坡耕地。均匀度指数则表现为耕地较高, 依次为重复II阴坡退耕地>重复III阳坡耕地>重复IV荒草地>重复I退化林地。

3.2.2 土壤改良状况分析 容重数值本身可以作为土壤的肥力指标之一。土壤容重愈小, 表明土壤结构愈好, 反之容重愈大, 则结构性愈差。从表6可看出, 经过了4年的造林, 各个土地利用类型的容重都有所

降低, 荒草地下降了11.6%, 退化疏林地下降了11.7%, 而耕地则下降了10%。表明土壤的结构得到了明显改善。

毛管孔隙度为反映土壤通透性能的指标, 是土壤松紧程度、水分和空气是否充足、协调的重要指标。从表6中可看出, 各个土地利用类型的土壤毛管孔隙度比2001年明显增高, 荒草地、退化疏林地和耕地分别提高了14%, 18%和15%, 这也表明该区土壤的结构得到了明显改善。

表6 不同土地利用类型的土壤物理性状

土地利用类型	容重/( $g \cdot cm^{-3}$ )	容重/( $g \cdot cm^{-3}$ )	土壤毛管孔隙度/%	土壤毛管孔隙度/%
	(2001年)	(2005年)	(2001年)	(2005年)
荒草地	1.21	1.07	41.01	47.64
退化疏林地	1.11	0.98	44.87	54.88
耕地	1.29	1.16	42.91	50.46

3.2.3 水土流失状况分析 由于植被恢复, 降落到森林上部的降水, 受到树枝和树叶对降雨的截留作用, 降雨到达地面的数量减少, 速度减弱, 时间滞后, 降雨对地面的打击作用也相应减弱, 从而使地表径流数量减少和速度减慢, 携带泥沙的能力下降<sup>[8]</sup>。对退化林地采取恢复措施后水土流失现状调查资料的计算, 结果显示, 该区域治理前的平均土壤侵蚀模数为  $1\ 767\ \text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ , 经过近 5 a 的治理, 试验区的平均土壤侵蚀模数降为  $1\ 087\ \text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ , 土壤侵蚀减少 38.48%; 而退化荒草地土壤侵蚀减少了 33%, 退化疏林地减少了 38%, 退耕地则减少了 65%。水土流失面积由  $188.27\ \text{hm}^2$  下降到  $104.83\ \text{hm}^2$ , 水土流失面积减少 44.32%。

## 4 结论

(1) 通过对珠江源头区主要造林树种进行比较分析得出, 该区主要运用的 6 个造林树种在退化林地、阴坡耕地、阳坡耕地上的生长具有一定的差异。树高在退化林地上依次为: 旱冬瓜> 圆柏> 柳杉> 藏柏> 川滇桫木> 云南松; 在阴坡退耕地上依次为: 藏柏> 柳杉> 旱冬瓜> 圆柏> 川滇桫木> 云南松; 在阳坡退耕地上依次为: 旱冬瓜> 藏柏> 柳杉> 圆柏> 川滇桫木> 云南松; 在荒草地上依次为: 旱冬瓜> 川滇桫木> 藏柏> 柳杉> 圆柏> 云南松。地径在退化林地上依次为: 旱冬瓜> 圆柏> 柳杉> 川滇桫木> 云南松> 藏柏; 在阴坡退耕地上依次为: 圆柏> 藏柏> 柳杉> 旱冬瓜> 云南松> 川滇桫木; 阳坡退耕地上依次为: 旱冬瓜> 藏柏> 柳杉> 圆柏> 云南松> 川滇桫木; 荒草地上依次为: 旱冬瓜> 川滇桫木> 云南松> 圆柏、藏柏> 柳杉。

(2) 从树种对比分析和 6 个树种的长势来看, 所选择的树种除川滇桫木在造林初期(第 1, 2 a)受到一定的冻害外, 其余树种表现出了很好的适应性, 而且造林初期生长都很快。树高生长总体上以云南松为最慢, 旱冬瓜最快, 旱冬瓜、圆柏、藏柏、柳杉、川滇桫木树高分别是云南松的 4.9, 2.8, 2.5, 2.3, 1.7 倍。胸径生长依次为: 旱冬瓜> 圆柏> 藏柏> 柳杉> 川滇

桫木> 云南松。因此, 旱冬瓜、圆柏、藏柏、柳杉、云南松为珠江源头区植被恢复的适宜树种, 但造林时应根据不同的地类选择相应的树种, 恢复效果会更好。

(3) 经过近 4 a 多的治理恢复, 不同地类土壤养分得到改良, 容重降低了 10% 以上, 各地类的土壤毛管孔隙度比 2001 年提高了 14% 以上, 表明土壤结构得到了明显改善。试验区的平均土壤侵蚀模数降为  $1\ 087\ \text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ , 土壤侵蚀减少 38.48%; 退化荒草地土壤侵蚀减少了 33%, 退化疏林地减少了 38%, 退耕地则减少了 65%。水土流失面积由  $188.27\ \text{hm}^2$  下降到  $104.83\ \text{hm}^2$ , 水土流失面积减少 44.32%。物种多样性从香浓—威纳指数来看, 依次为阴坡退耕地> 荒草地> 退化林地> 阳坡耕地, 均匀度指数则依次为阴坡退耕地> 阳坡耕地> 荒草地> 退化林地。但由于植被恢复时间较短, 群落尚处于营建初期, 未达到稳定期, 因此, 在一定程度上对物种丰富度、种群个体数、香浓—威纳指数和均匀度指数将会产生影响。

### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 苏彩燕, 周勤. 珠江流域城市河道的综合整治建议与可持续发展[J]. 水利规划与设计, 2006, 3: 19—21.
- [ 2 ] 薛建枫. 贯彻新的治水思路加快珠江治理与发展[J]. 人民珠江, 2002(2): 1—3.
- [ 3 ] 龙明礼. 以法制手段加强对珠江源生态环境的治理保护[J]. 曲靖师范学院学报, 2003, 22(1): 18—20.
- [ 4 ] 柴勇, 孟广涛, 方向京, 等. 云南金沙江流域退化林地群落特征研究[J]. 西北林学院学报, 2004, 19(2): 146—151.
- [ 5 ] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 II 丰富度、均匀度、和物种多样性指数[J]. 生态学报, 1995, 15(3): 268—277.
- [ 6 ] 马克平. 生物群落多样性的测度方法[M]. 见: 钱迎倩、马克平. 生物多样性研究的原理和方法. 北京: 中国科学技术出版社, 1994. 141—146.
- [ 7 ] 宋永昌. 植被生态学[M]. 江苏: 华东师范大学出版社, 2001.
- [ 8 ] 孟广涛, 方向京, 郎南军, 等. 云南金沙江流域山地圣诞树人工林水土保持效益[J]. 水土保持学报, 2000, 14(4): 60—63.