

喀斯特山区火灾迹地自然与人工恢复效益

曾 馥 平, 王 克 林, 宋 同 清

(中国科学院亚热带农业生态研究所, 湖南 长沙 410125)

摘 要: 针对桂西北喀斯特山区森林火灾频繁、火灾迹地面积大, 森林生态系统退化严重, 选择该地区 5 种主要造林林种及造林方式和自然抛荒恢复模式, 分析和评价了各种模式的生态系统结构和效益。结果表明, 随着经营年限的增加, 6 种经营模式土壤肥力、生物生产力都明显提高; 水土保持最好的是自然抛荒恢复, 其次是人工竹林和人工油菜, 较差的是人工马尾松和人工桉树; 投资效益除自然抛荒模式外, 最高的是人工油菜和人工木荷, 其次为人工桉树和人工马尾松, 较差的是人工竹林。

关键词: 森林火灾; 迹地; 自然恢复; 人工造林; 效益

中图分类号: S725.7; S718.56

文献标识码: A

在过去的 50 a, 人类活动使得亚热带喀斯特山区生态系统发生了重大变化。在桂西北地区, 由于历史与民族习惯, 人口政策等原因, 该地区的人口密度大大高于其他地区^[1], 为了生存, 人类在不停地改造着生态系统, 其结果是, 单一功能的人工生态系统被扩展, 而为人类提供多重生态系统效益的自然生态系统在减少^[2]。土壤侵蚀是土地退化的根本原因, 也是导致生态恶化的重要原因^[3]。

在桂西北地区, 由于人口的增长, 对土地资源掠夺式的利用越来越加剧, 人们往往采取原始粗放的炼山开垦, 其后果是带来大量森林火灾。据统计, 仅在环江毛南族自治县每年森林火灾 20~80 次, 而在每年的 4 月和 7 月, 是当地传统的清明节和鬼节, 因人们要扫墓祭祖(殡葬为土葬)、烧纸、放爆, 造成的森林火灾占当地森林火灾的 63.7%, 过火面积 80~3 000 hm²。因此, 针对该地区的森林火灾造成大片迹地荒芜的现状, 探讨森林火灾迹地的快速恢复模式及其恢复效益, 对该地区的生态环境建设与增

加农民收入是非常必要的。我们于 1996 年在肯福示范区进行了森林火灾迹地的自然恢复与 5 种人工造林模式的研究, 探讨其生态结构与效益, 本文是这次研究的部分结果。

1 试验材料与方法

环江毛南族自治县位于广西西北部, 107°51′~108°43′E, 24°44′~25°33′N, 人口 40 万, 其中农业人口 27.7 万, 有毛南、壮、瑶、苗、仡佬族等少数民族 30.2 万人, 其中毛南族 5.4 万, 是我国唯一的毛南族自治县^[4]。全县土地面积 4 572 km², 山地、丘陵、平地、水面分别占土地总面积的 51.2%、42.1%、6.0%、0.75%。试验设在肯福示范区, 面积 247 hm², 海拔 250~350m, 为丘陵, 开发前为荒坡或飞播马尾松稀疏幼林。土壤以红壤、黄壤、石灰土为主, 土层 60~150 cm, 自然植被为灌丛和蕨类。示范区属中亚热带南缘季风气候, 年均气温 16.5~

收稿日期(Received date): 2004-01-10; 改回日期(Accepted): 2004-04-11。

基金项目(Foundation item): 国家十五科技攻关项目(2001BA-08)、中国科学院创新项目(KZCX3-426)及中国科学院十五重大项目(NK-十五-H-1)和广西壮族自治区攻关项目(桂科攻 0133001)的部分内容。[The plan for Tackle Key Problem of Science and Technology of National of China(2001BA-08), and Creative Item in Knowledge of The Chinese Academy(KZCX3-426), and Important Item of The Chinese Academy(NK-十五-H-1), and The plan for Tackle Key Problem of Science and Technology of Guangxi in China(桂科攻 0133001).]

作者简介(Biography): 曾馥平(1964-), 男, 副研究员, 主要从事生态农业、资源利用与开发等方面的研究, 已发表论文和著作 40 余篇(部)。[Zeng Fuping(1964-), male, associate professor, primarily engaged in ecologic agriculture, resources exploitation, has already published 40 papers and books. Tel. 13907882730, 0788-8826546; E-mail fpzeng@163.com]

20.5℃, 年无霜期 240~330 d, $\geq 10^\circ\text{C}$ 年积温 5 500~6 539℃, 年太阳总辐射量 334.4~413.4 kJ/cm², 年均降雨 1 389 mm, 且多集中在 4—9 月, 占年降雨量的 77.7%^[5], 试验地是飞播马尾松林的火烧迹地, 坡度 20°~40°, 试验地肥力见表 1。试验于 1996 年开始, 分自然抛荒、人工马尾松 (*Pinus massoniana* and *lamb*)、人工桉树 (*Eucalyptus grandis*)、人工竹林 (*Phyllostachys pubescens*)、人工木荷 (*Schima superba*)、人工油茶 (*Camellia oleifera* Abel) 6 个处理, 各处理面积在 0.1~0.3 hm² 之间, 设 3 个重复, 采取每 2 a 取样调查 (时间 12 月), 分析处理各模式的土壤理化性质 (有机质的测定采用重铬酸钾氧化法; 全氮用硒粉—硫酸铜—硫酸消化法测定; 全磷用高氯酸—浓硫酸—钼锑抗比色法测定; 全钾用 HF—HClO₄—火焰光度法测定), 生物结构、生物量及生产力的变化 (按小样方直接收获法测定), 监测各水土流失状态 (长期定位观测), 记载收集试验区的气象资料。

2 结果与分析

2.1 土壤理化性质变化

迹地经过垦复、种植, 环境因子和生产力与自然抛荒相比得到了较大的改善和提高, 随着经营年限的增加, 地表蒸发量减少, 土壤的含水量逐年增加, 加之对树木的施肥以及植物的根系活动, 土壤有机质逐年增加, 不同经营模式存在显著差异 ($P < 0.1\%$), 土壤肥力随之提高 (表 1), 6 种模式中, 人工竹林、人工木荷林、人工油茶林优于其他 3 种模式, 含水量年平均增加 3.57%、2.89% 和 3.55%, pH 值年平均增加 0.94%、0.73% 和 1.38%, 有机质年平均增加 3.56%、2.50% 和 2.73%, 与自然抛荒相比, 平均提高 3.41%、3.98% 和 1.06%; 全氮年平均增加 43.64%、36.63% 和 34.91%, 全磷年平均增加 16.92%、15.89% 和 16.48%, 全钾年平均增加 39.55%、40.38% 和 44.33%。6 种模式中最差的是人工桉树林, 含水量年平均增加 3.86%, pH 值年平均下降 1.06%, 有机质年平均下降 0.66%, 全氮年平均增加 11.80%, 平均下降 10.58%; 全磷年平均下降 2.34%, 平均下降 34.36%; 全钾年平均增加

17.78%, 可见桉树林地土壤退化是非常明显的。

2.2 生物群落结构与生物生产力的关系

由表 2 可以看出, 随着经营年限的增加, 6 种种植模式中, 生物种类和数量逐年增加, 生物量和生物生产力都大大地提高。其中生物量最高的是人工油茶, 达到 87 791 kg/hm², 年平均增加 201.62%, 其次是人工桉树, 为 70 799 kg/hm², 年平均增加 186.98%, 较差的是人工竹林, 平均生物量为 37 640 kg/hm², 年平均增加 69.00%, 而生产力最高的是人工木荷, 平均为 24 643 kg/hm², 年平均增加 54.00%, 其次为人工油茶林, 平均为 21 831 kg/hm², 年平均增加 5.94%, 与自然抛荒相比提高 605.36%。最差的是人工竹林, 平均为 1 244 kg/hm², 年平均增加 36.11%。

2.3 不同经营模式的经济效益

6 种经营模式的产值及经济效益见表 3。就单位面积产值, 纯收入而言, 人工油茶最高, 其次为人工木荷和人工桉树; 最低的是自然抛荒与人工马尾松; 投资效益中, 自然抛荒在没有成本投入的情况下, 能得到 1 856.80 元/hm² 的纯收入, 是最高的, 其次为人工油茶和人工木荷, 最差的是人工竹林。在喀斯特地区, 充分合理地利用光热土水资源, 在投入少的情况下, 使火灾迹地快速恢复, 植被覆盖率和森林覆盖率在较短的时间内快速提高, 这几种经营模式都是可行的。

2.4 不同经营模式对水土流失的影响

森林火烧迹地经过挖穴、种植、垦复, 水土流失加大, 与自然抛荒相比, 土壤侵蚀与地表径流量都显著增加 ($P < 0.1\%$), 但随着经营年限的增加而逐渐减少。由表 4 可以看出, 自然抛荒的水土流失量最少, 第一年分别达到 372.7 t/km² 和 207.8 m³/hm², 而 6 a 后仅为 172.7 t/km² 和 60.7 m³/hm²。在 5 种人工林中, 水土保持最好的是人工竹林和人工油茶林, 其次为人工木荷、人工马尾松和人工桉树, 其土壤侵蚀量和地表径流量年平均降低 10.88%、8.13%、8.07%、6.68%、4.12%、13.83% 和 12.56%、12.38%、12.34%、9.44%, 与自然抛荒地相比分别增加 3.73%、9.61%、16.98%、25.96%、39.81% 和 14.28%、20.95%、19.66%、10.83%、31.28%。

表 1 土壤理化性质变化

Table 1 The physical properties of soil

利用模式 Pattern	年 Years	土层厚度 Soil layer (cm)	含水量 Watercontents (%)	平均 Average (%)	年平均增加 Average incre- ment in year (%·a ⁻¹)	pH	平均 Average (%)	有机质 Organicma- ter(%)	平均 Average (%)	年平均增加 Average incre- ment in year (%·a ⁻¹)	全氮 Total N (%)	平均 Average (%)	年平均增加 Average incre- ment in year (%·a ⁻¹)	全磷 Total P (%)	平均 Average (%)	年平均增加 Average incre- ment in year (%·a ⁻¹)	全钾 Total K (%)	平均 Average (%)	年平均增加 Average incre- ment in year (%·a ⁻¹)
自然 抛荒	1996	0~10	16.73	22.89	3.63	4.23	4.26	1.901	2.083	3.55	0.057	0.104	27.78	0.011 2	0.016 3	14.73	0.27	0.46	24.69
	1998	10~20	23.56			4.26		2.023			0.092			0.014 3			0.36		
	2000	0~10	21.41																
	2002	10~20	24.52			4.25		2.102			0.114			0.018 4			0.52		
人工 马尾松林	1996	0~10	25.67			4.28		2.306			0.152			0.021 1			0.67		
	1998	10~20	22.76																
	2000	0~10	26.31																
	2002	10~20	16.84	23.14	3.81	4.30	4.30	1.898	2.114	4.09	0.059	0.135	33.62	0.011 0	0.016 5	20.00	0.28	0.66	40.48
人工 桉树林	1996	0~10	23.81			4.30		2.065			0.096			0.010 8			0.51		
	1998	10~20	21.66																
	2000	0~10	24.89			4.32		2.127			0.114			0.0198			0.89		
	2002	10~20	22.22			4.33		2.364			0.178			0.0242			0.96		
人工 竹林	1996	0~10	25.74																
	1998	10~20	23.27																
	2000	0~10	26.68	21.57	3.86	4.24	4.07	2.001	2.012	-0.66	0.062	0.098	11.80	0.011 4	0.010 7	-2.34	0.30	0.49	17.78
	2002	10~20	16.62																
人工 竹林	1996	0~10	20.98			4.06		2.108			0.092			0.011 6			0.48		
	1998	10~20	20.92																
	2000	0~10	22.64			4.01		2.011			0.112			0.010 1			0.57		
	2002	10~20	21.78			3.97		1.927			0.106			0.009 8			0.62		
人工 木荷林	1996	0~10	23.34																
	1998	10~20	22.03																
	2000	0~10	24.28	23.46	3.57	4.05	4.21	1.963	2.154	3.56	0.056	0.128	43.64	0.011 2	0.016 8	16.92	0.29	0.67	39.55
	2002	10~20	16.84			4.24		2.078			0.092			0.014 9			0.60		
人工 油茶林	1996	0~10	22.06																
	1998	10~20	25.82			4.27		2.192			0.161			0.0186			0.74		
	2000	0~10	26.26			4.28		2.384			0.203			0.0226			0.98		
	2002	10~20	22.98																
人工 油茶林	1996	0~10	26.78	23.30	2.89	4.12	4.22	1.992	2.166	2.50	0.059	0.126	36.63	0.011 3	0.016 9	15.89	0.28	0.65	40.38
	1998	10~20	17.04																
	2000	0~10	24.42			4.21		2.178			0.097			0.015 6			0.63		
	2002	10~20	22.52			4.26		2.201			0.157			0.018 7			0.74		
人工 油茶林	1996	0~10	25.03			4.30		2.291			0.189			0.022			0.96		
	1998	10~20	22.82																
	2000	0~10	25.90																
	2002	10~20	22.24																
人工 油茶林	1996	0~10	26.42	23.29	3.55	3.98	4.17	1.906	2.105	2.73	0.060	0.113	34.91	0.010 9	0.016 3	16.48	0.27	0.66	44.33
	1998	10~20	17.20			4.10		2.102			0.099			0.013 5			0.60		
	2000	0~10	23.74			4.27		2.194			0.108			0.019 1			0.76		
	2002	10~20	22.82			4.31		2.218			0.186			0.021 7			0.99		

表 2 生物结构及生物量与生产力变化

Table 2 Changes of the biology structure and biomass and population production								
利用模式 (kg·hm ⁻²) pattern	年 Years	生物结构特征 Biological Structure	生物量 Biamass (kg·hm ⁻²)	平均 (kg·hm [°] a ⁻¹) Average	年平均增加 (%°a ⁻¹) Average incre- ment in year	生产力 (kg·hm [°] a ⁻¹) Productivity	平均 Average	年平均增加 (%°a ⁻¹) Average incre- ment in year
自然抛荒	1996	荒地	6 817	12 947	28. 73	6 817	3 095	— 6. 30
	1998	以蕨类、芦苇、杂草为主	12 075			5 258		
	2000	以蕨类、芦苇、杂草为主、少量灌木	14 328			2 253		
	2002	蕨类、芦苇、杂草、灌木、少量乔木	18 568			4 240		
人工马尾松林	1996	马尾松	9 372	58 651	197. 00	9 372	20 025	32. 30
	1998	马尾松、蕨类、芦苇、杂草	12 465			3 093		
	2000	马尾松、蕨类、芦苇、杂草、少量灌木	92 617			80 152		
	2002	马尾松、蕨类、芦苇、杂草、灌木、少量乔木	120 151			27 534		
人工桉树林	1996	桉树	9 873	70 799	181. 98	9 873	19 612	24. 57
	1998	桉树、蕨类、芦苇、杂草	67 406			57 533		
	2000	桉树、蕨类、芦苇、杂草	88 245			20 839		
	2002	桉树、蕨类、芦苇、杂草、少量灌木	117 673			24 428		
人工竹林	1996	竹	14 059	37 640	69. 00	10 059	12 044	36. 49
	1998	竹、蕨类、芦苇、杂草	24 059			14 000		
	2000	竹、蕨类、芦苇、杂草、少量灌木	40 178			16 119		
	2002	竹、蕨类、芦苇、杂草、灌木、少量乔木	72 263			32 085		
人工木荷林	1996	木荷	8 982	87 282	257. 69	8 982	24 643	54. 92
	1998	木荷、蕨类、芦苇、杂草	83 006			74 024		
	2000	木荷、蕨类、芦苇、杂草、少量灌木	109 280			26 274		
	2002	木荷、蕨类、芦苇、杂草、灌木、少量乔木	147 858			38 578		
人工油茶林	1996	油茶	10 001	87 791	201. 62	10 001	21 831	5. 94
	1998	油茶、蕨类、芦苇、杂草	92 758			82 757		
	2000	油茶、蕨类、芦苇、杂草、少量灌木	117 420			24 662		
	2002	油茶、蕨类、芦苇、杂草、灌木、少量乔木	130 984			13 564		

表 3 不同经营模式对经济效益分析¹⁾

Table 3 The benefit analysis of various planting patterns				
利用模式 Pattern	产值 (元/ hm ²)	成本 (元/ hm ²)	纯收入 (元/ hm ²)	投资效益成本 (产值/ 成本)
自然抛荒	1 856. 80		1 856. 80	
人工马尾松林	24 030. 20	4 500. 00	19 530. 20	5. 34
人工桉树林	29 418. 25	5 400. 00	24 018. 25	5. 45
人工竹林	25 292. 05	4 711. 00	33 732. 08	4. 27
人工木荷林	38 443. 08	5 925. 00	19 367. 05	8. 16
人工油茶林	39 295. 20	4 771. 00	34 524. 20	8. 24

1) 藤草 0. 01 元/ kg; 马尾松 0. 20 元/ kg; 桉树 0. 25 元/ kg; 竹 0. 35 元/ kg; 木荷 0. 26 元/ kg; 油茶木 0. 30 元/ kg。成本包括苗木费, 肥料, 劳动力等费用。

3 小结

在桂西北喀斯特地区, 由于传统的民俗风气和人口增长以及对自然资源掠夺式的利用, 造成森林火灾日趋加剧、大片迹地荒芜的现状。我们根据该区水热光等自然资源丰富和主要造林方式, 选择适合本地区生长的 5 个先锋树种和自然抛荒, 作为迹地快速恢复的方式, 结果表明, 5 种造林方式中, 生

表 4 不同处理模式对水土流失的影响

Table 4 Effects of different patterns on soil erosion and runoff					
利用模式 pattern	年 Years	侵蚀量 Erosion module (t km ⁻²)	平均 Average (t. m ⁻²)	地表径流量 Runoff amount (m ³ . hm ⁻²)	平均 Average (m ³ . hm ⁻²)
自然抛荒	1996	321. 5	236. 1	207. 8	139. 4
	1998	248. 2		183. 4	
	2000	201. 9		105. 6	
	2002	172. 7		60. 7	
人工马尾松林	1996	367. 8	297. 4	224. 6	154. 5
	1998	321. 2		193. 5	
	2000	280. 5		142. 0	
	2002	220. 1		57. 8	
人工桉树林	1996	378. 4	330. 1	236. 2	183. 0
	1998	356. 2		290. 0	
	2000	301. 1		183. 6	
	2002	284. 6		102. 1	
人工竹林	1996	352. 3	244. 9	240. 3	159. 3
	1998	301. 2		200. 6	
	2000	204. 3		156. 1	
	2002	121. 8		40. 3	
人工木荷林	1996	362. 3	276. 2	236. 3	166. 8
	1998	318. 9		201. 8	
	2000	237. 4		168. 9	
	2002	186. 3		60. 3	
人工油茶林	1996	348. 9	258. 8	238. 2	168. 6
	1998	299. 2		207. 6	
	2000	208. 7		170. 4	
	2002	178. 4		58. 3	

态效益最好的是人工竹林、人工木荷、人工油茶, 较差的是人工桉树, 而经济效益最好的是人工油茶林, 其次是人工木荷林。在投入少的情况下, 应该选择自然抛荒方式, 其水土保持、植被覆盖率和生物多样性优于其他 5 种方式。因此, 充分合理地利用光热土水资源, 使火灾迹地快速恢复, 植被覆盖率和森林覆盖率在较短时间内快速提高, 这 6 种经营模式都是可行的, 都可以获得较好的经济效益和生态效益。

参考文献(References):

- [1] Wang Kelin, LIU Xiping. A strategic study of industrialization of agriculture in resources-constrained poverty-stricken[J]. *Areas Resource Science*, 1997, 17(6): 140~144. [王克林, 刘新平. 生态环境脆弱区域资源产业化策略[J]. 资源科学, 1997, 17(6): 140~144.]
- [2] Guo Zhongwei, Li Dianmo. Ecosystem management of settlement

area in Xingshan County[J]. *Chin J Appl Ecol*, 2000, 11(6): 819~826. [郭中伟, 李点漠. 湖北省兴山县移民安置区内生态系统的管理[J]. 应用生态学报, 2000, 11(6): 819~826.]

- [3] Zhao Xiaoli, Zheng Zengxiang, Zhou Quanbin, et al.. Soil erosion actuality and its synthesis prevention countermeasures in China[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2002, 16(1): 40~46. [赵晓丽, 张增祥, 周全斌, 等. 中国土壤侵蚀现状及综合防治对策研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(1): 40~46.]
- [4] Guangxi Yearbook Agency. Guangxi Statistic Yearbook[M]. Nan-ning: Guangxi Yearbook Press. 1995, 507~508.
- [5] Zeng Fuping, Wang Kelin, Li Lin, et al. Natural resources utilization and intercomp patterns of the newly built orchard in the uncultivated sloping field-taking the experiment zone in Huang Jiang County, Guang Xi as an Example[J]. *Journal of mountain science*, 1999, 17(3): 265~269. [曾馥平, 王克林, 李玲, 等. 荒坡地新建果园几种模式及资源利用—以广西环江肯福异地扶贫示范区为例[J]. 山地学报, 1999, 17(3): 265~269.]

The Karst Ecovers Recovery with Artificial the Performance Research with the Mountain Area a Nature

ZENG Fuping, WANG Kelin, SONG Tongqing

(Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China)

Abstract: Aim at the northwest region in laurel forest fire multifarious a fire vestige ground accumulates big, choose an of artificial of the district's normal regulations afforest to throw the wasteland instauration mode with the nature, analyzing and evaluated the ecosystem system constriction of every kind of mode with the performance, the result expresses, along with increment that operate the time limit, the year that organic matter was average increased by 2.5%~4.08%, total N by 11.80%~43.64%, total P by 2.33%~19.95%, total K by 17.33%~44.33%; the amount of living creature tallest is an artificial oil tea, the average attains 87 791 kg/hm², Is an artificial eucalyptus the next in order, for 70 799 kg/hm²; but the productivity tallest is an artificial wood lotus, attain 24 643 kg/hm², is an artificial oil tea to a next in order attain 21 831 kg/hm². The water and soil conservation best is an artificial bamboo grove with artificial oil tea, behaves the next in order the work wood lotus, artificial horsetail is loose with the artificial eucalyptus its soil erodes the deal lowers with the year in discharge in path in earth's surface average 10.88%, 8.13%, 8.07%, 6.68%, 4.12% and 13.83%, 12.56%, 12.38%, 12.34%, 9.44%.

Key words: forest fire; vestige ground; nature instauration; artificial performance