

文章编号: 1000-5692(2001)04-0354-05

严重侵蚀红壤封禁管理后群落的 生物量及生产力变化

谢锦升¹, 黄荣珍¹, 陈银秀¹, 杨玉盛¹, 王维明²

(1. 福建农林大学 林学院, 福建 南平 353001; 2. 福建省水土保持试验站, 福建 福州 350003)

摘要: 研究了严重侵蚀红壤采取人工施肥、补植与封山育林相结合进行治理(称封禁管理)的马尾松群落的生物量和生产力。结果表明: 封禁管理的马尾松平均木生物量是对照的40.0倍, 乔木层和林下植被层生物量分别为 $61.117 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $1.598 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 是对照的128.4倍和4.4倍, 封禁管理群落的年净生长量是对照的28.7倍, 乔木层的净生长量是对照的105.2倍, 林下植被的是对照的3.0倍。治理后林地出现苔藓层, 生物量为 $0.883 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。因此, 严重侵蚀红壤封禁管理后植被生物量的恢复演替速度较快, 生产力较高。表4参12

关键词: 土壤侵蚀; 马尾松; 施肥; 封山育林; 人工促进更新; 生物量; 生产力

中图分类号: S755 **文献标识码:** A

福建长汀河田镇是我国南方花岗岩地区最典型的水土流失区之一。该地年平均气温 $19 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 7月极端最高气温 $39.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 地表极端最高温度达 $76.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (1983年7月23日), 年均降水量 1628.2 mm , 其中4~6月降水量占全年的52.2%, 且降雨强度大。土壤为粗晶花岗岩风化发育的山地丘陵红壤, 含砂量大 ($>1 \text{ mm}$ 石砾占45%左右), 风化层深厚。该镇水土流失面积占44.65%, 其中强度流失面积占流失总面积的58.93% (1983年调查)。严重的水土流失使母质裸露, 土壤肥力下降, 植被生长不良, 生态环境恶化, 形成大面积的退化生态系统, 严重阻碍了该地区的可持续发展和人民生活水平的提高。为了治理严重的水土流失, 重建功能良好的生态系统, 从20世纪80年代起各级主管部分相继采取许多治理措施, 使河田水土流失得到初步控制, 以小流域为单元的一些退化生态系统得到一定程度的恢复^[1]。笔者已对不同治理措施对严重退化土地的土壤抗蚀性、土壤物理性质、土壤肥力恢复及生物多样性等方面进行了探讨^[2~4]。本文从生物量和生产力角度对封禁管理措施的治理效益进行一些探讨, 这对类似地区开展水土保持和生态重建研究与实践有重要意义。

1 试验地概况

1.1 封禁管理

试验地原属河田水东坊流域近山地带的严重侵蚀地, 土壤为花岗岩发育的红壤, 原有部分生长不良的马尾松 *Pinus massoniana* 幼苗, 年高生长量仅为5~25 cm, 盖度5%~10%, 地表仅有十分稀少

收稿日期: 2001-05-28; 修回日期: 2001-08-29

作者简介: 谢锦升(1972-), 男, 福建上杭人, 讲师, 从事土壤侵蚀与水土保持等研究。

的野枯草 *Arundinella hirta* 和芒萁 *Dicranopteris dichotoma* 等, 与对照本底条件相似。1984 年进行治理, 在保留原有马尾松的基础上, 进行穴状整地 (60 cm×50 cm×40 cm) 加客土, 补植马尾松和豆科灌木胡枝子 *Lespedeza bicolor*, 施基肥 (尿素) 225~300 kg·hm⁻², 而后进行封禁, 消除人为干扰, 让其自然恢复 (简称封禁管理)。调查时林下植被总盖度 0.50, 多为胡枝子和芒萁, 而苔藓的盖度达到 0.30, 地表多石砾, 土层较薄。

1.2 对照

以当年未治理的严重侵蚀地为对照。对照地内土壤侵蚀严重, 浅沟发育, 地表植物仍以马尾松小老头树、少量芒萁和野枯草为主, 草本盖度 0.1, 无植被地方近于光板地。由于土壤侵蚀严重, 立地条件差, 部分马尾松根系裸露, 表层土壤 (0~20 cm) 有机质为 0.5~4.3 g·kg⁻¹, 全氮 0.04~0.16 g·kg⁻¹。标准地概况如表 1。

表 1 试验地基本情况及马尾松生长状况

Table 1 Description of study sites and growth of *Pinus massoniana*

措施	坡向	坡度/ (°)	树龄/a	密度/ (株·hm ⁻²)	郁闭度	平均胸径/ cm	平均树高/ m	单株材积/ m ³	林分蓄积/ (m ³ ·hm ⁻²)
封禁管理	NE30°	25	16	2 972	0.85	8.2	7.5	0.020 92	62.237
对照	NE35°	12	20	925	0.20	3.1*	0.8	3.949E-4	0.365 3

说明: 对照为地径

2 研究方法

于 2000 年 6 月分别在封禁管理群落和对照地内设置 20 m×20 m 标准地 3 块, 在每块标准地进行每木检尺。乔木层生物量采用平均木法, 每种措施选取平均木 3 株, 按分层切割法每 1 m 为一区段, 分干、皮、枝、叶测其鲜质量。地下生物量的测定采用全根挖掘法, 分别按根桩、粗根 (>2 cm)、大根 (1.0~2.0 cm)、中根 (0.5~1.0 cm)、小根 (0.2~0.5 cm) 和细根 (<0.2 cm) 分级, 实测各部分鲜质量。以上各组分都采集样品带回室内用来测定含水率、热值和养分含量^[5~7, 10]。

林下植被生物量采用样方收获法, 每种处理各设置 5 个面积为 1 m×1 m 样方。调查时灌木按枝、叶和根系, 草本按地上 (茎叶) 和地下 (根系) 部分分别称量, 取样测定含水率。枯枝落叶层调查方法亦采用样方收获法, 与林下植被层调查同步进行。苔藓测定地面生苔藓的生物量, 取 5 个面积为 20 cm×20 cm 的全部苔藓植物, 分别置于塑料袋内直接称量, 换算成每平方米鲜质量, 将样品放于通风室下干燥 1 周以上, 称量换算得干质量^[8]。乔木层平均木年净增长量按相对生长法推算。林下植被层中灌木叶按 2 a 计算得出 (群落总灌木叶干质量按 2 a 平均计算得出当年生物量增量, 下同), 枝和根按 8 a 计算, 草本叶和根及苔藓均按 2 a 计算^[6~8]。文中数据均为 3 个标准地数据的平均值。

3 结果与分析

3.1 封禁管理马尾松的生长状况

严重侵蚀地采取人工治理措施后, 改变了土壤的养分和水分条件, 马尾松成活率和保留率已有很大提高, 其密度比对照多 2 047 株·hm⁻², 同时大大促进了马尾松的生长。与此同时采取严格的封禁措施消除人为干扰, 使林分较快郁闭并形成森林生态小环境, 保证了生态系统正向演替的良性循环, 群落的结构和功能得到一定程度的改善。经过十几年的封禁, 马尾松平均胸径、平均高、平均木单株材积和林分蓄积量与对照相比均有很大程度提高。封禁管理后马尾松平均胸径 8.2 cm, 平均树高 7.5 m, 单株材积是对照的 53.0 倍, 林分蓄积是对照的 170.4 倍, 林分郁闭度达 0.85 (表 1), 基本控制了水土流失。因此封禁管理对于资金缺乏面积广大的水土流失地区是一种切实可行的治理措施。

3.2 封禁管理马尾松平均木生物量及组成

生态系统退化的一个重要特征是生态系统的生产力下降, 特别是对于土壤侵蚀严重的退化生态系

统, 系统的生物量大小至关重要。采取封禁管理措施后, 改变了退化生态系统的环境, 因而直接影响到群落中个体的生长, 从而造成林木生物量的差异。封禁管理的平均木生物量是对照的 40.0 倍。马尾松平均木各组分生物量的分配顺序为干>枝>根>叶>皮, 而对照为叶>干>枝>根>皮(表 2)。封禁管理后干皮和根系占生物量的比例分别由对照的 30.93%和 13.43%上升至 43.90%和 21.15%, 枝叶占生物量的比例由对照的 55.64%下降至 34.95%(表 2)。由于树干是主支持器官, 积累了较多生物量, 因而所占比重一般较高^[5,9]。对照马尾松的叶生物量所占比例较高是由于土壤极端贫瘠和干旱^[2-4], 马尾松需要消耗更多的能量来维持生存, 因而需要生产更多的叶片进行光合作用补充能量, 呈现出叶比例较高的适应性; 另外可能是对照的马尾松稀疏矮小, 未出现自然整枝的情况, 从而造成叶的比例较高。

表 2 马尾松平均木生物量及其分配比率

Table 2 Biomass and ratio of average tree of *Pinus massoniana*

措施	地上部分/ (kg·株 ⁻¹)					地下部分/ (kg·株 ⁻¹)							合计
	干	皮	枝	叶	小计	根桩	粗根	大根	中根	小根	细根	小计	
封禁管理	7.563 (36.78)	1.464 (7.12)	4.733 (23.01)	2.455 (11.94)	16.215 (78.85)	2.073	1.422	0.406	0.190	0.132	0.127	4.3506 (21.15)	20.565 (100)
对照	0.115 (22.37)	0.044 (8.56)	0.091 (17.70)	0.195 (37.94)	0.445 (86.57)	0.022	0.020	0.006	0.015	0.004	0.002	0.069 (13.43)	0.514 (100)

说明: 括号中数据为所占百分比

封禁管理马尾松根系生物量是对照的 63.0 倍, 占总生物量的 21.15%。贫瘠的土壤和恶劣的环境会刺激植物强化其吸收器官, 从而使根系所占比重较大^[5]; 但对照由于土壤旱瘠问题极为突出, 根系无法从土壤中吸取更多的养分和水分, 反而抑制了马尾松根系的生长, 因而对照马尾松的根系所占比重较小。根系生物量中, 封禁管理马尾松的根系各组分占根系生物量的比例顺序为, 根桩 (47.65%)>粗根 (32.69%)>大根 (9.33%)>中根 (4.37%)>小根 (3.03%) 和细根 (2.92%); 对照为根桩 (31.88%)>粗根 (28.99%)>中根 (21.74%)>大根 (8.70%)>小根 (5.80%)>细根 (2.90%)。根桩和粗根要支撑庞大的地上部分, 生物量所占比重最大; 而小根和细根所占比重较小, 但作为吸收根在养分循环中起着重要作用。

3.3 封禁管理马尾松群落生物量结构特征

群落生物量垂直结构由乔木层、林下植被层和苔藓层所组成。

群落生物量的高低, 一定程度上体现了群落固定太阳能的能力和生产力大小。封禁管理群落总的生物量 $63.598 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 而对照仅为 $0.840 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 前者是对照的 75.7 倍(表 3)。说明对照地固定太阳能的量很少, 生产力很低, 而经过封禁管理群落太阳能固定量有了大幅度的提高, 生产力大大高于对照, 植被的生物量有一个较快的恢复速度。因此, 只要通过适当措施对广大水土流失地进行治理, 使土壤肥力和水分恢复到一定水平, 群落的太阳能固定量和生产力将会有极大的提高。

乔木层是群落的主体, 在森林生态系统中占有重要地位。封禁管理马尾松生物量为 $61.117 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 占群落总生物量的 96.10%, 约为亚热带马尾松幼龄林 (0~20 a) 乔木层平均生物量 $84.64 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ^[10] 的 3/4, 说明乔木层的生物量恢复速度是相当快的; 对照马尾松生物量极低, 封禁管理的是对照的 128.4 倍(表 3)。林下植被是森林群落结构中一个重要组成部分, 在土壤侵蚀严重的地方, 林下植被的水土保持和地力维持与恢复的作用更为突出。封禁管理林下植被的生物量为 $1.598 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 是对照的 4.4 倍, 恢复速度较快; 但与湖南会同无明显水土流失的 20 年生马尾松林下植被生物量 ($3.91 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)^[11] 和福建南平发育良好的杉木人工林林下植被生物量 ($8.0 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$) 相比^[5], 还有较大差距, 说明封禁管理后林下植被数量还没有恢复到其潜在的生产力水平, 土壤还比较贫瘠是主要原因。对照草本生物量为 $0.364 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 占总生物量的 42.08%。对照群落此时已退化到演替的初期阶段, 任其自然恢复是不可能的, 只有采取人工治理措施, 才有可能扭转群落的退化趋势, 转向正常的生态演替。

表 3 群落生物量组成

Table 3 Biomass composition of community

措施	乔木层生物量/(t·hm ⁻²)												合计	下层/(t·hm ⁻²)		
	地上部分					地下部分								林下 植被	苔藓	总计
	干	皮	枝	叶	小计	根桩	粗根	大根	中根	小根	细根	小计				
封禁 管理	22.477	4.351	14.066	7.296	48.190	6.160	4.226	1.207	0.565	0.392	0.377	12.927	61.117	1.598	0.883	63.598
对照	0.106	0.041	0.084	0.180	0.411	0.020	0.019	0.006	0.014	0.004	0.002	0.065	0.476	0.364	0	0.840

藓类植物是植物界中从水生生活到陆生生活中间过渡的代表类型, 适宜于水湿的生活, 同时许多藓类植物又是先锋植物, 少数种属有极强的耐旱性, 依赖空中水湿生活。封禁管理后苔藓植物生物量已达到 0.883 t·hm⁻², 占群落总生物量的 1.35%, 而对照严重侵蚀地由于水湿条件极为恶劣, 未出现苔藓植物, 说明治理后群落的水分条件已经有了一定程度的改善。苔藓植物一般的吸水量都很大, 有的吸水量可达到本身质量的 80%~90%, 而且苔藓植物由于本身具有多种多样阻止水分丧失的结构, 具有较小的蒸发作用, 同时在空气中湿度较大条件下能不断地和大量地吸收空气中的水分, 使水分蓄积于藓丛中, 从而能改变林地的小环境, 有利于其他植物生存和群落演替^[12]。有苔藓植物生长的地方, 水土流失比较轻微。对苔藓的水土保持和促进土壤发育的作用还有待于进一步研究。

3.4 封禁管理群落的年净生长量

群落的生产力通常用单位面积单位时间内森林植物光合作用实际产生有机物质(除去呼吸消耗)的速度来表示, 即年净生长量作为生产力的标志。

封禁管理群落的年净生长量是对照的 28.7 倍, 乔木层是对照的 105.2 倍, 林下植被层是对照草本层的 3.0 倍(表 4)。在群落的年净生长量组成中, 封禁管理乔木层所占比例为 85.53%, 林下植被所占比例为 8.00%,

而对照分别为 23.37%和 76.63%, 苔藓植物在封禁管理 16 a 后年净生长量达到 441.50 kg·hm⁻², 占 6.47%。严重侵蚀地的群落净生产力极低, 通过封禁管理, 净生产力得到极大的改善。苔藓植物在封禁管理治理后已经成为群落的重要组成部分, 在水土保持和群落的演替方面具有重要意义。

4 小结

严重侵蚀红壤退化生态系统经过封禁管理, 群落的生物量和生产力均得到大幅度的提高。封禁管理的平均木生物量是对照的 40.0 倍, 各组分生物量的分配模式为干>根>枝>叶>皮, 对照为叶>干>枝>根>皮。封禁管理群落总生物量为 66.585 t·hm⁻², 是对照的 77.0 倍。其中乔木层生物量为 61.117 t·hm⁻², 是对照的 128.4 倍; 林下植被层为 1.598 t·hm⁻², 是对照的 4.4 倍; 苔藓层为 0.883 t·hm⁻²; 凋落物层为 2.987 t·hm⁻², 是对照的 119.5 倍。乔木层生物量恢复速度极快, 林下植被恢复速度稍慢。苔藓层出现后, 有利于水土保持和群落的演替。封禁管理群落的年净生长量是对照的 28.7 倍, 乔木层的净生长量是对照的 105.2 倍, 林下植被是对照的 3.0 倍。

侵蚀严重的红壤山地丘陵生态系统, 初期由于土壤极其旱瘠, 水土流失极为严重, 土壤及其环境条件无法满足生态演替的要求, 让其自然恢复已不可能, 甚至继续逆向演替。而在初期进行人工干预, 启动生态演替的进程, 而后进行封禁消除人为干扰让其自然恢复, 生态系统的生物量和生产力得到极大的提高, 同时大大减轻了水土流失, 值得类似地区推广与应用。

表 4 群落的年净生长量

Table 4 Annual net growth biomass of community kg·hm⁻²

措施	乔木层	林下植被	苔藓	群落净生长量
封禁管理	5 837.01	546.25	441.50	6 824.76
对照	55.51	182.00	0	237.51

参考文献:

- [1] 兰在田, 吴如三. 河田的水土流失与治理成效[J]. 福建水土保持, 1990, 2(3): 2-5.
- [2] 杨玉盛, 何宗明, 林光耀, 等. 不同治理模式对严重退化红壤抗蚀性影响的研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2(2): 32-37.
- [3] 杨玉盛, 何宗明, 邱仁辉, 等. 严重退化生态系统不同恢复和重建措施的植物多样性与地力差异研究[J]. 生态学报, 1999, 19(4): 490-494.
- [4] 杨玉盛, 何宗明, 林光耀, 等. 退化红壤不同治理模式对土壤肥力影响[J]. 土壤学报, 1998, 35(2): 276-282.
- [5] 杨玉盛. 杉木林可持续经营的研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 1998.
- [6] 林业部科技司. 中国森林生态定位研究[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1994.
- [7] 阮宏华, 孙多, 叶镜中, 等. 空青山次生栎林营养元素的生物循环[A]. 姜志林. 下蜀森林生态系统定位研究论文集[C]. 北京: 中国林业出版社, 1992.
- [8] 曹同, 高谦, 傅星, 等. 长白山森林生态系统中苔藓植物的生物量[J]. 生态学报, 1995, 15(增B): 68-73.
- [9] 余作岳, 彭少麟. 热带亚热带退化生态系统植被恢复生态学研究[M]. 广州: 广东科技出版社, 1996. 97-100.
- [10] 冯宗炜, 王效科, 吴刚. 中国森林生态系统的生物量和生产力[M]. 北京: 科学出版社, 1999. 164-171.
- [11] 冯宗炜, 陈楚莹, 张家武. 湖南会同地区马尾松生物量的测定[J]. 林业科学, 1982, 18(2): 127-134.
- [12] 陈邦杰, 万宗玲, 高谦等. 中国藓类植物属志(上册)[M]. 北京: 科学出版社, 1963. 1-72.

Change of biomass and productivity of *Pinus massoniana* community after closing of hillsides and management in serious eroded red soil

XIE Jin-sheng¹, HUANG Rong-zhen¹, CHEN Yin-xiu¹, YANG Yu-sheng¹, WANG Wei-ming²

(1. College of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Nanping 353001, Fujian, China;

2. Fujian Soil and Water Conservation Experimental Station, Fuzhou 350003, Fujian, China)

Abstract: The biomass and productivity of *Pinus massoniana* community by closing of hillsides and management to facilitate afforestation were studied in subtropical granite red soil seriously eroded area. The results showed that after closing of hillsides and management to facilitate afforestation, the biomass of *Pinus massoniana* average trees was 40.0 times as high as control, the order of biomass was trunk > branch > root > leaf > bark, but the control's biomass order was leaf > trunk > branch > root > bark. The biomass of tree stratum and undergrowth were 61.117 t·hm⁻² and 1.598 t·hm⁻², they were 128.4 times and 4.4 times as high as control; the bryophyte emerged in the forestry land and its biomass was 0.883 t·hm⁻². The mean annual net increment of *Pinus massoniana* community were 28.7 times as high as control, tree stratum were 105.2 times and undergrowth were 3.0 times. After closing of hillsides and management to facilitate afforestation the ratio of the biomass restoring and productivity were higher than control in the seriously eroded area, this measure was worth using and spreading.

Key words: soil erosion; *Pinus massoniana*; fertilizing; closed forests; artificial forcing regeneration; biomass; productivity