

封禁管理对严重退化群落养分循环与能量的影响

谢锦升¹, 杨玉盛¹, 陈光水¹, 黄荣珍¹, 郑本暖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: 福建省长汀县河田镇是我国南方红壤区典型的严重水土流失区之一, 自 20 世纪 80 年代以来采取了许多有效的治理措施。本文对封禁管理和对照(未治理)群落的生物量、生产力、养分循环和能量进行了研究, 结果表明: 封禁管理后群落的生产力得到极大的提高, 生物量是对照的 75.7 倍, N、P、K、Ca、Mg 的积累量分别是对照的 49.4、59.2、55.0、48.4 和 70.0 倍, 能量现存量是对照的 78.3 倍; 封禁管理后乔木层成为营养元素和能量积累的主体, 灌木层、草本层和苔藓层的养分与能量的积累量占群落总积累量比重不大, 但对该类型退化生态系统的恢复具有重要意义; 封禁管理后群落的养分循环已较为畅通, 太阳能转化率达到 0.81%, 而对照的仅为 0.023%; 因此封禁管理后群落的养分循环功能和能量生产能力已得到一定程度的恢复, 这种生态重建模式值得类似地区推广与应用。

关键词: 土壤侵蚀; 封禁管理; 马尾松群落; 养分循环; 热值; 能量

中图分类号: X176.4 文献标识码: A

土壤侵蚀问题已成为全球最严重的生态问题之一。我国南方花岗岩红壤山地丘陵地区地处热带亚热带, 地表植被遭人为严重破坏后, 在自然因素作用下, 土壤侵蚀极其严重, 从而导致山地土层母质裸露, 土壤肥力下降, 植被生长不良, 生态环境恶化, 形成大面积的严重退化生态系统, 严重阻碍了该地区的可持续发展和人民生活水平的提高。福建省长汀县河田镇是我国南方花岗岩地区最典型的水土流失区之一, 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 年代起福建省各级主管部分相继采取许多治理措施, 使河田的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]。本文研究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], 本文从封禁管理对严重退化马尾松群落的养分循环与能量的影响进行一些探讨, 这对类似地区开展水土保持和生态重建研究与实践具有一定意义。

1 试验地概况

该地年均气温 19℃, 7 月份极端最高气温 39.8℃, 地表极端最高温达 76.6℃(1983—07—23), 年均降雨量 1 628.2mm, 其中 4~6 月降雨量占全年的 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, 含沙量大 (> 1mm 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水土流失总面积的 58.93%(1983 年调查)。其它背景资料见表 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*

治理措施	坡向	坡度	树龄 (a)	密度 (ρ)	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)	净生长量 (kg/hm ² ·a ⁻¹)
封禁管理	NE30°	25°	16	2972	0.85	8.2	7.5	0.02092	62.237	6824.76
对照	NE35°	12°	20	925	0.20	3.1*	0.8	3.949E-4	0.3653	237.51

* 为地径

收稿日期: 2002—01—05。
作者简介: 谢锦升(1972—), 男, 讲师, 硕士研究生, 从事水土保持研究。

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, 原有部分生长不良的马尾松幼苗, 1984 年, 进行治理时, 亩施基肥 15kg ~ 20kg, 穴状整地补植部分马尾松, 并套种豆科灌木胡枝子, 而后进行封禁消除人为干扰让其自然恢复, 简称封禁管理处理; 调查时林下植被盖度 0.50, 多为胡枝子和芒萁, 苔藓盖度 0.30, 地表多石砾, 土层较薄。

对照 以邻近严重侵蚀地为对照。对照地内土壤侵蚀严重, 浅沟发育, 地表植物以马尾松小老头树和少量芒萁和野古草为主, 盖度仅 0.1 左右, 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, 表层土壤有机质 0.5g/kg ~ 4.3g/kg, 全 N 0.04g/kg ~ 0.16g/kg。

2 研究方法

采用“时空代换法”, 以对照为本底, 研究封禁管理对严重侵蚀红壤地的退化群落的养分循环与能量利用的影响。于 1999 ~ 2000 年分别在封禁管理群落和对照地内设置 20m × 20m 标准地 3 块, 在每块标准地进行每木检尺。乔木层生物量测定采用平均木法, 封禁管理和对照各选取平均木 3 株, 按分层切割法每 1 m 为一区分段, 分干、皮、枝、叶测其鲜重。地下生物量的测定采用全根挖掘法, 分别按根桩、粗根(> 2cm)、大根(1cm ~ 2cm)、中根(0.5cm ~ 1cm)、小根(0.2cm ~ 0.5cm)和细根(< 0.2cm)分级, 实测各部分鲜重。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^[5,6]。

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 1m × 1m 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^[5,6]。苔藓测定地面生苔藓的生物量, 取 5 个面积为 20cm × 20cm 的全部苔藓植物, 分别置于塑料袋内直接称重, 换算的每 m² 鲜重, 将样品放于通风室温下干燥 1 周以上, 称重换算得干重^[7]。

乔木层平均木年净增长量按相对生长法推算。林下植被生物量净生长量的测定采用灌木和草本层的生物量现存量分别除以其平均年龄而得, 本文中灌叶、草茎叶、草根、苔藓的平均年龄按 2a 计, 灌枝、灌根的平均年龄按 8a 计^[5,6]。凋落物测定通过设置框架定期收集。植株样品在 80℃ 烘干至恒重, 磨碎, 用 HWR-15 恒温式微机量热计测定干重热值,

23 次重复。植株养分测定的待测液制备采用硫酸—高氯酸消煮法, 植株养分测定: N——凯氏定 N 蒸馏法, P——钼锑抗比色法, K——火焰光度计法, Ca、Mg——原子吸收分光光度计法^[8]。

3 结果与分析

3.1 封禁管理群落的养分循环

3.1.1 封禁管理群落的营养元素积累量

封禁管理后群落的营养元素(N、P、K、Ca、Mg)总积累分别是对照的 49.4、59.2、55.0、48.4 和 70.0 倍(表 2), 表明封禁管理群落的养分积累能力比未治理(对照)的高的多。各种营养元素的积累量, N > K > Ca > Mg > P, N 占营养元素积累总量的 46.25%。封禁管理群落乔木层营养元素(N、P、K、Ca、Mg)的积累量分别占群落总积累量的 88.0%、91.8%、91.6%、93.9% 和 90.6%, 远高于对照的 37.6%、64.7%、52.1%、67.4% 和 47.5%, 这是由于严重侵蚀地采用封禁管理群落治理后乔木层马尾松生长量大为提高, 马尾松平均胸径 8.2cm, 平均树高 7.5m, 而马尾松的生物量是对照的 128.4 倍, 都远高于对照的, 因而乔木层具有强大的营养元素的积累能力。

封禁管理群落中灌木层和草本层各营养元素积累量虽然占群落总积累量的比例较低, 仅在 2.43% ~ 4.36% 和 1.64% ~ 3.40% 之间, 但对严重侵蚀地而言, 灌木和草本在增加林地覆盖, 吸收和保持养分及加速生态系统养分循环等方面起到极为重要作用, 特别是胡枝子, 根系发达(地下部分生物量高于地上部分, 营养元素积累的更多), 具有根瘤菌, 对 N 素极其缺乏的侵蚀退化土地的 N 素恢复具有相当重要的意义。而对照的由于立地条件极差, 仅有少量以野古草、芒萁等耐旱、耐瘠为主的草本植物, 其各营养元素积累量亦仅为封禁管理群落草本层植物的 25% ~ 42% 之间, 但由于对照的乔木层的养分累积量极低, 草本层的 N、P 养分累积量分别占群落总量的 62.4% 和 35.3%, N 累积量甚至高于乔木层的。苔藓层各营养元素积累量占封禁管理群落元素积累总量的 1.39% ~ 3.35% 之间, 但其积累量已与草本层的积累量相当(表 2)。

3.1.2 封禁管理群落营养元素的年存留量、归还量与吸收量

群落各组成部分生物量年净增量和其元素含量的乘积即为该元素年存留量^[9]。封禁管理群落和对照都是 N 素的年存留量最大, K 次之, P 最小。封禁

管理后群落的 N、P、K、Ca、Mg 的年存留量分别是对照的 15.2、35.2、21.7、20.7 和 25.0 倍(表 3), 乔木层各元素的年存留量分别为对照的 89.8、149.1、81.5、55.0 和 105.8 倍, 表明封禁管理群落乔木层每年通过根系吸收大量的养分贮存于生物体内, 其养分的流通量远大于对照的。乔木层中各元素年存留量所占比重, 封禁管理群落为 61.0%、76.5%、69.6%、81.3% 和 68.6%, 对照为 10.3%、15.9%、

18.5%、30.5% 和 16.2%, 封禁管理后乔木层成为养分存留量的主体, 而对照的马尾松生长量极小, 对养分存留量的贡献很小, 相反, 草本层生物量净增量较大, 其养分存留量在群落中占较大的比重。封禁管理群落中苔藓层的 N、P 养分年存留量占群落总年存留量的 14.7% 和 9.8%, 高于灌木层、草本层或与其相当, 表明苔藓层在群落 N 和 P 贮量中居重要位置。

表 2 群落营养元素的累积与分布(kg/hm²)
Table 2 Accumulation and distribution of nutrition element in community

层次	器官	封禁管理						对照					
		生物量 (t/hm ²)	N	P	K	Ca	Mg	生物量 (t/hm ²)	N	P	K	Ca	Mg
乔木层	干	22.477	25.916	0.854	31.895	9.440	3.574	0.106	0.092	0.001	0.161	0.091	0.018
	皮	4.351	9.494	0.087	12.283	6.270	2.641	0.041	0.081	0.009	0.108	0.087	0.020
	枝	14.066	27.035	0.141	25.502	20.143	5.429	0.084	0.139	0.001	0.209	0.142	0.033
	叶	7.296	42.061	0.358	31.818	9.780	5.822	0.180	0.874	0.008	0.714	0.400	0.069
	小计	48.190	104.506	1.440	101.498	45.633	17.466	0.411	1.186	0.019	1.192	0.720	0.140
	根	12.927	24.578	0.246	28.864	7.410	3.781	0.065	0.083	0.001	0.155	0.067	0.019
	合计	61.117	146.567	1.686	130.362	53.043	21.247	0.476	1.269	0.020	1.347	0.787	0.159
灌木层		0.775	6.551	0.080	3.543	1.721	0.945						
草本层		0.823	5.241	0.028	4.830	0.928	0.571	0.364	2.104	0.011	1.240	0.381	0.176
苔藓层		0.883	5.247	0.042	3.528	0.786	0.676						
群落总计		63.598	166.606	1.836	142.263	56.478	23.439	0.840	3.373	0.031	2.587	1.168	0.335

表 3 封禁管理群落营养元素年存留量(kg/hm²)
Table 3 Annual retention of nutrition element in community

层次	器官	封禁管理					对照				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
乔木层	地上小计	8.719	0.143	8.963	3.973	1.468	0.112	0.001	0.123	0.076	0.015
	根系小计	2.147	0.021	2.522	0.647	0.330	0.009	0.0001	0.018	0.008	0.002
	合计	10.866	0.164	11.485	4.620	1.798	0.121	0.0011	0.141	0.084	0.017
灌木层	合计	1.686	0.016	0.831	0.343	0.199					
草本层	合计	2.624	0.014	2.415	0.329	0.285	1.052	0.005	0.620	0.191	0.088
苔藓层	合计	2.623	0.021	1.764	0.393	0.338					
群落	总计	17.799	0.215	16.495	5.685	2.620	1.173	0.0061	0.761	0.275	0.105

群落中的养分归还包括凋落物、细根枯死物、降水淋溶等, 本文中仅计算凋落物的养分归还。封禁管理后群落 N、P、K、Ca、Mg 的年归还量分别是对照的 14.5、16.0、17.8、28.5 和 18.1 倍(表 4); 乔木层的归还量最大, N、P、K、Ca、Mg 年归还量分别占总归还量的 54.0%、37.5%、41.0%、82.5% 和 49.1%, 表明乔木层虽然是群落中养分归还的主体, 但除 Ca 外, N、P、K、Mg 的归还比例还较低, 灌木、草本和苔

藓层的营养元素归还还在群落中占有很大比重, 同时由于它们周转较快, 所以在养分归还中的作用相当重要。封禁管理后群落养分年吸收量比对照的高得多, 分别是对照的 14.9、27.9、20.3、23.6 和 22.2 倍, 其吸收量大小均为乔木层> 苔藓层> 草本层> 灌木层, 而对照的则为草本层> 乔木层(表 4)。封禁管理群落的养分存留量、吸收量和归还量流通量均比对照的有大幅度提高, 表明封禁管理群落的养

表 4 群落营养元素年归还量及吸收量
Table 4 Annual return and uptake of nutrition element in community

模式	层次	归还量(kg/ hm ²)					吸收量(kg/ hm ²)					循环系数				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
封禁 管理	乔木层	6.788	0.024	2.923	3.884	0.650	17.654	0.188	14.408	8.504	2.448	0.384	0.128	0.203	0.457	0.266
	灌木层	1.101	0.009	0.523	0.173	0.109	2.787	0.025	1.354	0.516	0.308	0.395	0.36	0.386	0.335	0.354
	草本层	2.965	0.010	1.915	0.256	0.226	4.689	0.024	4.330	0.585	0.511	0.440	0.417	0.442	0.438	0.442
	苔藓层	2.623	0.021	1.764	0.393	0.338	5.246	0.042	3.528	0.786	0.676	0.50	0.50	0.50		
	合计	12.577	0.064	7.125	4.706	1.323	30.376	0.279	23.63	10.391	3.943	0.414	0.229	0.302	0.453	0.336
对照	乔木层	0.069	0.001	0.034	0.035	0.004	0.190	0.002	0.175	0.119	0.021	0.363	0.500	0.194	0.294	0.190
	草本层	0.797	0.004	0.366	0.130	0.069	1.849	0.009	0.986	0.321	0.157	0.431	0.444	0.371	0.405	0.439
	合计	0.866	0.004	0.400	0.165	0.073	2.039	0.010	1.161	0.440	0.178	0.425	0.400	0.345	0.375	0.410

分循环功能已得到一定程度的恢复,这对严重退化地土壤的肥力恢复有重要促进作用。

循环速率是指单位时间单位面积内某元素的归还量与吸收量之比。封禁管理群落营养元素(N、P、K、Ca、Mg)的循环速率分别为0.414、0.229、0.302、0.453和0.336,低于同气候带正常条件下的马尾松的循环速率,而与华山松、油松、红松纯林的循环速率接近^[10]。封禁管理马尾松的循环速率比对照小,但循环通量远比对照的大,在地力恢复和保持中作用仍比对照的大,而对照的营养元素的循环通量极小,因而其对地力的保持作用十分有限。除Ca外,封禁管理群落各层次营养元素的循环系数均依乔木层、灌木层、草本层和苔藓层而增大,而对照草本层的亦大于乔木层的,说明在严重侵蚀退化系统的生态重建过程中,灌木、草本和苔藓对地力恢复将起到重要作用。

3.2 封禁管理群落的能量

封禁管理群落能量现存量达129 829.9 kJ/m²,是对照的(1 658.8 kJ/m²)78.3倍(表5),这是由于封禁管理群落干物质生物量比对照群落大得多(生物量是对照的75.7倍)。封禁管理后群落乔木层积

累的能量现存量占总量的97.07%,而对照乔木层能量现存量仅占其总量的58.89%,封禁管理是对照的129.0倍,封禁管理后群落乔木层已成为能量积累的主体。封禁管理后灌木层、草本层和苔藓层的能量现存量仅占总量的1.14%和1.21%和0.58%,但它们一方面可减少太阳光直接照射林地,从而大大缓和林内土壤温度的剧烈变化,改善局部小生境,另一方面可多层次地截留光能和降水,增加有机质的合成,构建其生物量,从而有效的防止土壤侵蚀,逐渐恢复土壤生态系统的功能。而对照的群落层次单调,虽然草本层能量现存量在群落能量中所占比例较高(达41.11%),但其绝对数值亦仅为封禁群落草本层的43.48%,光能利用率低,大部分太阳辐射为地表土壤所吸收,使得白天地表温度过高(最高时可高达76.6℃),表层土壤水分蒸发强烈,植物难以生长,土壤侵蚀强烈,生态系统处于严重退化过程中。因此,从能量角度而言,降低太阳光向地表土壤输入过多的无效能,成为中亚热带严重退化地生态重建的关键之一;而增加地表的覆盖,特别是构建多层次结构的群落,提高群落的光能利用率和生物量,不但可使群落对能量环境的调节能力

表 5 群落能量现存量和年存留量
Table 5 Annual energy retention of community

组分	封禁管理		对 照	
	能量现存量 kJ/m ²	能量年留存量 kJ/m ² ·a ⁻¹	能量现存量 kJ/m ²	能量年留存量 kJ/m ² ·a ⁻¹
乔木层	126020.6	12111.12	976.9	113.62
灌木层	1482.4	257.78		
草本层	1568.4	784.32	681.9	340.94
苔藓	758.5	379.25		
群落合计	129829.9	13532.47	1658.8	454.56

不断增强, 为退化系统的生态重建提供一个较为适宜和稳定的热辐射环境, 而且可增加光合有机质的积累和对土壤亚生态系统的有机物(有效能)的输入, 从而达到减少土壤侵蚀, 促进退化生态系统恢复的目的。

群落的能量年存留量是群落中各组分的生物量年净增量与相应干重热值乘积的总和^[11]。封禁管理的群落年能量存留量是对照群落的 29.8 倍(表 5)其中乔木、灌木、草本、苔藓分别占群落总能量存留量的 89.95%、1.90%、5.80% 和 2.80%, 而对照的乔木和草本则分别占 25.00% 和 75.00%。

群落的能量年归还量是指群落年凋落物量与其平均干重热值乘积^[11]。封禁管理群落的能量年归还量为 $3661.51 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{a}^{-1}$, 是对照 ($45.26 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{a}^{-1}$) 的 80.9 倍, 封禁管理的群落每年以凋落物等含能有机物形式大量归还给土壤。

群落能量净固定量是指单位时间、单位面积的某一群落通过光合作用所固定的总能量扣除群落因自身呼吸所消耗能量后所剩余的能量^[11]。因而本文中群落的能量净固定量包括群落年能量存留量和年能量归还量。封禁管理群落的年能量净固定量达 $17\,193.98 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{a}^{-1}$, 是对照 ($499.82 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{a}^{-1}$) 的 34.4 倍。在封禁群落的年能量净固定量中, 用于群落自身增长的能量(能量年存留量)占 78.70%, 而释放到其它子系统的能量(能量年归还量)则占 21.30%。与其它一些陆生群落相比, 封禁管理群落的年能量净固定量低于甜槠林 ($26\,856.2 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{a}^{-1}$)、雨绿林 ($26\,334 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{a}^{-1}$)、落叶松人工林 ($26\,435.2 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{a}^{-1}$)、热带雨林 ($34\,276 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{a}^{-1}$)、中亚热带的杉观混交林 ($35\,996 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{a}^{-1}$, 未刊资料)、中亚热带的杉木纯林 ($32\,429 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{a}^{-1}$, 未刊资料)、夏绿林 ($19\,228 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{a}^{-1}$) 和暖温带混交林 ($19\,646 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{a}^{-1}$)^[11~17], 也低于另一治理模式乔灌混交林 ($32\,917.04 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{a}^{-1}$, 待发表), 表明在该地区封禁管理的群落能量生产力还较低。

一般用群落每年净固定能量(NEP)占当年太阳光合有效辐射能(PhAR)来推算群落太阳能转化效率(ECE), 即 $\text{ECE} \% = \text{NEP} / \text{PhAR} \times 100 \%$ ^[11]。该地的多年太阳辐射量(SRE)为 $4\,531\,000 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{a}^{-1}$, 则太阳的光合有效辐射 ($\text{PhAR} = \text{SRE} \times 0.47$) 为 $2\,129\,570 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{a}^{-1}$ 。经计算, 封禁管理群落的太阳能转化率为 0.81%, 高于栎林(0.73%)^[17], 但低于

红树林 ($2.01 \sim 3.01 \%$)^[13]、落叶松人工林 (2.30%)^[14]、热带人工林 ($2.35 \% \sim 5.07 \%$)^[16]、中亚热带的甜槠林 (1.30%)^[11]、松林 ($1.0 \% \sim 1.3 \%$)^[13]、中亚热带杉观混交林 (1.60%) 和杉木纯林 (1.44%), 表明虽然封禁管理的群落能量生产能力得到一定程度恢复, 但群落太阳能转化率较低, 还有进一步提高光能利用率的空间。而对照的生态系统极度退化, 群落的太阳能转化率极低 (0.023%), 进行综合治理, 充分利用光能, 提高群落的能量生产能力, 是治理该地区的严重侵蚀地的重要途径。

4 结论

1. 封禁管理后群落的生产力得到极大的提高, 生物量是对照的 75.7 倍, N、P、K、Ca、Mg 的积累量分别是对照的 49.4、59.2、55.0、48.4 和 70.0 倍, 能量现存量是对照的 78.3 倍;

2. 封禁管理后群落乔木层成为营养元素和能量积累的主体, N、P、K、Ca、Mg 的积累量分别占群落总积累量的 88.0%、91.8%、91.6%、93.9% 和 90.6%, 而对照仅为 37.6%、64.7%、52.1%、67.4% 和 47.5%, 乔木层能量现存量占群落的 97.07%, 对照为 58.9%;

3. 封禁管理后群落灌木层、草本层和苔藓层的养分积累量、能量现存量分别占群落总量的比重不大, 但对土壤肥力的恢复、提高群落的光能利用率和生物量、降低无效能的输入、提供较为适宜和稳定的热辐射环境和减少土壤侵蚀等方面具有重要意义; 而对照群落层次较少, 植被盖度极小, 群落内昼夜温差大, 土壤旱瘠矛盾突出, 土壤侵蚀严重, 生态系统处于严重退化过程中。

4. 封禁管理后群落的养分循环功能及能量生产能力均得到一定程度的恢复, 养分循环流通量远高于对照的, 而群落的太阳能转化率为 0.81%, 对照仅为 0.023%。这对于退化生态系统的恢复具有重要意义。

由于侵蚀严重红壤极其旱瘠, 植被很难生存, 水土流失极为严重, 生态系统不断逆向演替; 采用人工干预, 启动生态演替的进程, 并进行封禁消除人为干扰让其自然恢复, 群落的生物量 and 生产力得到极大的提高, 营养元素循环较为畅通, 能量的利用效率大为提高, 生态系统的功能得到一定程度的恢复, 因而这种生态重建模式值得类似地区推广与应用。

参考文献:

- [1] 福建省水土保持委员会. 福建水土保持(河田专号)[J]. 1990, (3): 1~58.
- [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] 冯宗炜, 王效科, 吴刚著. 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.
- [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] 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.
- [8] 中华人民共和国林业部科技司. 林业标准汇编(三)[S]. 北京: 中国林业出版社. 1991.
- [9] 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.
- [10] 严昌荣, 陈灵芝, 黄建辉, 等. 中国东部主要松林营养元素循环的比较研究[J]. 植物生态学报. 1999, 23(4): 351~360.
- [11] 林益明, 林鹏, 李振基, 等. 福建武夷山甜槠群落能量的研究[J]. 植物学报. 1996, 38(12): 989~994.
- [12] Howard-Williams C. Nutritional quality and caloric value of Amazonian forest litter[J]. *Amazoniana*. 1974, 1: 67~75.
- [13] Ovington, J. D. The accumulation of energy in forest plantation in Berlin[J]. *J. Ecol.* 1960, 48: 639~646.
- [14] 刘世荣, 王文章, 王明启. 落叶松人工林生态系统净初级生产力形成过程中的能量特征[J]. 植物生态学与地植物学学报. 1992, 16(3): 209~219.
- [15] 林光辉, 林鹏, 海莲. 秋茄两种红树群落能量的研究[J]. 植物生态学与地植物学学报. 1988, 12(1): 31~39.
- [16] 邓瑞文, 陈天杏, 冯咏梅. 热带人工林的光能利用与生产量的研究[J]. 生态学报. 1985, 5(3): 231~240.
- [17] Berners, W. A., Structure and energetics of three Minnesota forests[J]. *Ecol. Monogr.* 1971, 42: 71~94.

Studies on the Nutrient Circulation and Energy of the Serious Degraded Community after Closing of Hillsides and Management to Facilitate Afforestation

XIE Jin-sheng¹, YANG Yu-sheng¹, CHEN Guang-shui¹, HUANG Rong-zhen¹ and ZHENG Bei-nuan²

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

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

Abstract: Hetian town, Changting county, Fujian province was one of serious soil erosion area of the southern red soil area of our country, and has adopted many effective measures governing since in the 80's 20 centuries, one of measure that the closing of hillsides and management to facilitate afforestation. In this paper the biomass, productive forces, nutrient circulation and the energy of the governing and contrast (the not governing) community have been studied, and the results showed that: the productivity of the community after governing had got the very big raise, and the biomass was 75.7 times that contrasts, and the accumulation of N, P, K, Ca and Mg was respectively 49.4 and 59.2 and 55.0 and 48.4 and 70.0 times that contrasts, the standing crop of energy was 78.3 times that contrasts; After governed the arbor layer became the main body of the accumulation of nutrient and energy, and the accumulation of nutrient and energy of bush layer, herbaceous layer and bryophyte layer occupied total accumulation of community small proportion, but possessed important significance to the restoration of this type degraded ecosystem; The nutrient circulation that the governed community was comparatively unimpeded, and the solar energy conversing efficiency was up to 0.81%, but who contrasts only was 0.023%; So the nutrient circulation function and energy production capacity of the community has got the recovering of certain level after governed, this kind of restoration model of ecology was worth the similar district popularizing and applied.

Key words: soil erosion; closing of hillsides and management to facilitate afforestation; *P. massoniana* community; nutrient cycle; caloric value; energy