

不同治理措施对侵蚀红壤区生物量及生产力的影响

蒋芳市^{1,2}, 黄炎和², 钟炳林³, 岳辉³

(1. 漳州天福茶职业技术学院, 福建 漳州 363202; 2. 福建农林大学 资源与环境学院, 福建 福州 350002; 3. 福建省长汀县水土保持局, 福建 长汀 366300)

摘要:以长汀县花岗岩强度侵蚀区采用的全坡面播草和多树种混交两种治理措施为研究对象,以未采取恢复措施的严重侵蚀地(对照 1)及当地植被保留较好的风水林(对照 2)为对照,探讨了这两种措施对群落植被的生物量和生产力的恢复效果。结果表明,全坡面播草和多树种混交群落的马尾松平均木生物量分别为 23.03 和 23.13 kg,均显著高于对照 1(6.02 kg),均显著低于对照 2(582.87 kg)。全坡面播草群落的生产力较低,为 5.30 t/(hm²·a),恢复度为 0.40,群落生物量为 26.20 t/hm²,恢复度为 0.10。多树种混交群落生产力较高,为 9.19 t/(hm²·a),恢复度为 0.78,群落生物量为 36.98 t/hm²,恢复度为 0.16。二者的生物量和生产力的恢复程度差异较大,体现了不同措施的恢复效果。

关键词: 土壤侵蚀; 生态恢复; 生物量; 生产力

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)05-0012-05

中图分类号: S157.1, S153.6

Effects of Different Measures on Biomass and Productivity in Eroded Red-soil Region

JIANG Fang-shi^{1,2}, HUANG Yan-he², ZHONG Bing-lin³, YUE Hui³

(1. Zhangzhou Tenfu Tea College, Zhangzhou, Fujian 363202, China; 2. College of Resources and Environment, FAU, Fuzhou, Fujian 350002, China; 3. Bureau of Soil and Water Conservation of Changting, Changting, Fujian 366300, China)

Abstract: The research was carried out in the severely eroded granite area located in Changting County, Fujian Province. There were two kinds of management measures: whole hillside coverage with Bahiagrass (WHCB) and the mixed forests of multi-tree species (MFMTS). The research also set two check measures: severely eroded region without restoration measures (CK₁) and geomantic forest (CK₂). The effects of ecological restoration were discussed in the aspects of biomass and productivity. Results showed that the averaged biomasses of WHCB and MFMTS were 23.03 and 23.13 kg, respectively, which were significantly higher than those of CK₁ (6.02 kg) and significantly lower than those of CK₂ (582.87 kg). The productivity [5.30 t/(hm²·a)] and restoration degree (RD) of productivity (0.40) of WHCB were low, so its biomass was also low (28.26 t/hm²) and RD of biomass was 0.11. The productivity [9.19 t/(hm²·a)] and RD of productivity (0.78) of MFMTS were higher. Its biomass was (39.88 t/hm²) and RD of biomass was 0.17. The difference in RD showed the different effects of WHCB and MFMTS.

Keywords: soil erosion; ecology restoration; biomass; productivity

长汀县位于福建省西部,属亚热带季风气候,降雨量丰沛,土壤抗蚀力弱,加上人为对地表植被的破坏,土壤侵蚀严重,生态恶化,成为我国丘陵红壤地带典型的强度土壤侵蚀区^[1-2]。各级主管部门从 20 世纪 80 年代起相继采取了许多治理措施,特别是从 2000 年起,省委、省政府把长汀水土流失治理列入为民办实事项目,使该区的生态得到初步恢复,长汀在水土流失治理方面已成为地区水土流失治理的典

范^[3],并在实践中探索出了多种治理措施,如全坡面播草,多树种混交,封禁,“低效老头松”改造等。然而生态恢复是一个非常复杂的过程,探讨不同措施下的恢复效果,阐明不同措施下群落的恢复机理,这对治理措施得到有效的推广以及退化生态系统恢复工作顺利进行是非常重要的。生物量和生产力是评价森林生态系统能量利用率和养分循环的基础^[4],是森林生态系统结构和功能最基本的特征之一^[5],是退化生

收稿日期:2009-02-09

修回日期:2009-04-23

资助项目:福建省生态学重点学科资助(0608537);福建省政府为民办实事项目资助(2000—2009)

作者简介:蒋芳市(1979—),男(汉族),福建省大田县人,硕士,从事土壤侵蚀与治理研究。E-mail:jiang.fangshi@yahoo.com.cn。

通信作者:黄炎和(1962—),男(汉族),广东省饶平县人,博士,教授,博导,主要从事土壤侵蚀与侵蚀退化生态恢复途径研究。E-mail:yanhe-huang@hotmail.com。

态系统恢复成功的非常重要的评价指标^[6]。目前,关于侵蚀退化生态系统生物量及生产力研究已有相关报道^[7-9],但针对长汀县特殊背景下治理措施对群落生物量及生产力的影响的研究报道还不多。本文选择具有代表性的全坡面种草、多树种混交两种治理措施作为研究对象,探讨这两种措施对群落植被的生物量和生产力的恢复效果,为这些措施的推广及侵蚀区的生态恢复重建提供依据。

1 材料与方法

1.1 实验地概况

实验地位于长汀县河田镇(25°33′—25°48′N, 116°18′—116°31′E),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年7月23日)。年均降水量1628.2mm,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,含砂量大(>1mm石砾占45%左右),风化层深厚^[2]。

1.2 生态恢复措施介绍及对照区概况

1.2.1 生态恢复措施介绍 本研究时间为2006年,选取全坡面播草和多树种混交两个措施群落为试验点,在每一试验点上设置标准地,标准地面积20m×20m,每一处理重复3次(试验点的基本情况见表1)。

(1) 全坡面播草。百喜草(*Paspalum notatum* Flugge)为葡伏型草种,生长发枝快,根据其特点从2000年开始在游坊小学(坝子背)采用隔行种植百喜草,其方法是隔行等高水平松土整地30cm宽,作为草苗的种植带,隔30cm为不整地,保留原地貌,以减少动土的面积。由于百喜草生长速度快,30cm的空地也很快就可覆盖。2006年调查时,百喜草生长良好,铁芒萁(*Dicranopteris linearis* (Burm.) Underw.)已大面积侵入,约占草本层面积的50%,形成乔草结构生态系统。

(2) 多树种混交。实验地设在修坊牛角坑尾,2000年开始选用耐瘠耐旱、速生快长的常绿阔叶树与马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)混交,山顶种植

胡枝子(*Lespedeza bicolor* Turcz.)和杨梅(*Myrica rubra* Siebold et Zuccarini),山腰以胡枝子、枫香(*Liquidambar formosana* Hance)和木荷(*Schima superba* Gardn. et Champ.)为主,坡底以闽粤栲(*Castanopsis fargesii* Franch.)和枫香为主,做到适地适树,以株间混交,梅花形种植,胡枝子挖穴规格30cm,其它树种挖穴规格80cm,回填园土,每穴下基肥0.25kg,每1hm²种植总株数为2025株;其中胡枝子1500株,闽粤栲150株,枫香150株,木荷150株,杨梅75株。2006年调查时,马尾松生长迅速,林下植被主要为草本(芒萁为主)。

1.2.2 对照区概况 选取土壤类型、地貌、母质相近,与治理区治理前植被基本情况相似的强度侵蚀地块作为对照1,设20m×20m标准地3个。选取长期封禁的风水林作为对照2(对照地的基本情况见表1),设20m×20m标准地2个。

(1) 对照1:严重侵蚀地。以未采取生态恢复措施的严重侵蚀地为对照1,地表植物以马尾松小老头树和少量铁芒萁及野古草(*Arundinella anomala* Stend.)为主,无灌木植被,几近于光板地。土壤侵蚀严重,土壤B层露出,立地条件差,部分马尾松根系裸露。马尾松密度为833株/hm²,平均树高和胸径仅为2.8m和2.3cm。

(2) 对照2:风水林。以当地村边保留较好的以马尾松和木荷为主要树种的风水林为对照2(表1),森林群落为针阔混交林,林内有较多的枯枝落叶,树龄约为65a,土壤A层达20cm以上。马尾松密度为163株/hm²,平均树高和胸径为21.5m和0.41m,木荷密度为175株/hm²,平均树高和胸径为19.5m和0.29m。林下植被丰富,以灌木为主,有赤楠(*Acmena buxifolium* Hook. et Arn.)、毛冬青(*Amomiptanthus pubescens* Hook. et Arn.)、小蜡(*Ligustrum sinense* Lour.)、油茶(*Camellia oleifera* Abel.)、黄栀子(*Gardenia sootepensis hutchins.*)、石斑木(*Raphiolepis ndica* var. *indica*)、楝(*Aphanamixis azedarach* Linn.)等,草本主要为铁芒萁。

表1 不同生态恢复群落标准样地基本情况

措施及对照	坡度/ (°)	覆盖度/%		郁闭度		表层土壤有机质含量/(g·kg ⁻¹)		侵蚀程度	
		治理前	现状	治理前	现状	治理前	现状	治理前	现状
全坡面播草	13	10~20	90	0.10	0.65	3.48	7.64	极强度	轻度
多树种混交	13	10~20	90	0.10	0.75	3.43	5.86	极强度	轻度
对照1	12	10~15	15	0.10	0.10	3.55	3.95	极强度	极强度
对照2	12	100	100	0.80	0.80	—	25.25	无明显	无明显

1.3 研究方法

1.3.1 生物量调查及植株样品的采集 乔木层生物量及生产力测算根据文献[10-12]进行。灌木、草本层和苔藓层生物量根据文献[10]进行,采用小样方收获法。灌木生物量年增长量推算叶寿命按 2 a 计,枝和根按 8 a 计,草本茎、叶和根寿命按 2 a 计。苔藓层生物量年增长量推算按其寿命 2 a 计。枯枝落叶层现存量调查采用小样方法,与灌木和草本层的调查同步进行^[10]。

1.3.2 恢复度计算 为了表明不同措施生态系统的恢复程度,引进恢复度(R_D)概念,其定义为退化生态系统通过恢复在组成、结构、功能上与顶级生态系统阶段最佳生态系统的相似程度^[13]。因为风水林(对照 2)是研究区植被保留较好的生态系统,本研究设其为研究区最佳生态系统,以其各指标为最佳值,恢复度为 1.00。并以严重侵蚀区(对照 1)各指标为最差值,恢复度为 0。全坡面播草和多树种混交两个生态系统各指标恢复度按照下面的公式计算。

$$R_D = (X_{ij} - X_{\text{对照1}}) / (X_{\text{对照2}} - X_{\text{对照1}})$$

式中: R_D ——表示回复度; X_{ij} ——表示措施区的指标值; $X_{\text{对照1}}$ ——表示对照 1 的指标值; $X_{\text{对照2}}$ ——表示对照 2 的指标值。

2 结果与分析

2.1 乔木层平均木生物量及组成

不同的恢复措施改变退化生态系统生境的程度不同,直接影响到群落中个体的生长,从而造成不同恢复群落平均木生物量的差异。表 2 为乔木层各恢复措施平均木生物量及其分配比例,从表 2 中可知,全坡面播草和多树种混交的马尾松平均木生物量分别为 23.03 和 23.13 kg,均高于对照 1(6.02 kg),分别为对照 1 的 3.83 和 3.84 倍;均小于对照 2(582.87 kg),分别为对照 2 的 3.95 %和 3.97 %。各措施的地上部生物量都大于根的生物量。

全坡面播草群落马尾松平均木各组分生物量的分配顺序为枝>干>根>叶>皮,多树种混交的为干>枝>根>叶>皮,对照 1 为干>根>叶>枝>皮,对照 2 为干>皮>根>枝>叶,有不同表现。对照 1 标准马尾松根生物量所占比例很高,达到了 30 %以上,这与对照 1 土壤极端贫瘠和干旱,马尾松需要消耗更多的能量来维持根系的生长,以便根系吸收养分有关。生态恢复后,植被的地上部分的光合作用增强,生物量累积量增加,因此乔木根和冠的比例减小,是植被恢复改善的一种体现。

表 2 乔木层平均木生物量及其分配比例

措施	地上部分										根		总计 kg	
	叶		枝		皮		干		小计		kg	%		
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%				
对照 1	0.76	12.62	0.75	12.46	0.32	5.32	2.11	35.05	3.94	65.45	2.08	34.55	6.02	
全坡面播草	3.70	16.07	7.51	32.61	1.15	4.99	6.47	28.09	18.83	81.76	4.20	18.24	23.03	
多树种混交	3.69	15.95	5.83	25.21	1.48	6.40	8.32	35.97	19.32	83.53	3.81	16.47	23.13	
对照 2	马尾松	9.73	1.67	44.51	7.64	73.47	12.60	408.39	70.07	536.10	91.98	46.77	8.02	582.87
	木荷	14.60	3.10	67.95	14.44	41.94	8.91	211.84	45.01	336.33	71.46	134.31	28.54	470.64

2.2 群落生产力分析

群落植被的生产力主要由乔木层、灌木层和草本层年净生长量组成,包括地上部分和地下部分。由表 3 可见,全坡面播草、多树种混交的群落生产力分别为 5.30 和 9.19,是对照 1 的 4.86 和 8.43 倍,但均显著低于对照 2;多树种混交群落的生产力显著高于对照 2 和全坡面播草群落;多树种混交群落的生产力显著高于全坡面播草群落,说明多树种混交措施对群落生产力的恢复上优于全坡面播草措施。

从各措施各层单独分析,乔木层生物量年净增量占群落年生产力的比例均最大,全坡面播草、多树种混交、对照 1 和对照 2 分别是 59.05 %,82.81 %,77.98 %和 64.79 %。多树种混交群落乔木层生产力

略高于对照 2,但差异不显著,显著高于全坡面播草和对照 1 群落,也高于亚热带鹤山马尾松林 6.52 t/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)^[14],说明该措施已显示出其对乔木生物量恢复的突出效果。多树种混交和全坡面播草的林下植被的生产力主要体现在草本层,分别占林下植被生产力的 100 %和 98.10 %,灌木层对群落生产力的贡献还不明显;全坡面播草草本层的生产力占群落生产力的比例达到 40.94 %,均显著高于其它措施,是该措施群落生产力的主体;多树种混交、对照 1 和对照 2 群落草本层的生产力分别只占群落的 16.87 %,21.30 %和 14.30 %。

以上分析表明全坡面播草措施对群落草本层生产力的恢复效果优于多树种混交。由恢复度分析可

知(表 3),全坡面播草群落的草本层生产力恢复度为 1.37,乔木的为 0.34,其群落生产力的恢复度为 0.40;多树种混交群落的灌木层生产力为 0.02,而乔

木表现出很高的生产力,与对照 2 相当,恢复度达到 1.02,草本层的恢复度为 0.93,其群落生产力的恢复度较高,为 0.78。

表 3 群落生产力

层次	器官	对照 1	全坡面播草	多树种混交	对照 2	恢复度	
						全坡面播草	多树种混交
乔木层	叶	0.10(0.01)d	0.52(0.03)b	1.21(0.05)a	0.20(0.01)c	4.20	11.10
	枝	0.10(0.01)c	1.06(0.07)b	1.92(0.09)a	0.91(0.04)b	1.19	2.25
	皮	0.09(0.01)c	0.16(0.01)c	0.49(0.02)b	0.76(0.04)a	0.10	0.60
	干	0.28(0.01)d	0.92(0.06)c	2.73(0.11)b	3.98(0.19)a	0.17	0.66
	根	0.28(0.01)c	0.47(0.09)c	1.26(0.06)b	1.63(0.08)a	0.14	0.73
	小计	0.85(0.02)c	3.13(0.08)b	7.61(0.32)a	7.48(0.36)a	0.34	1.02
灌木层	小计	0.00(0.00)c	0.00(0.00)c	0.03(0.001)bc	1.76(0.09)a	0.00	0.02
草本层	小计	0.23(0.03)c	2.17(0.08)a	1.55(0.08)b	1.65(0.08)b	1.37	0.93
苔藓层		0.00(0.00)b	0.00(0.00)b	0.00(0.00)b	0.65(0.02)a	0.00	0.00
群落总合		1.08(0.08)d	5.30(0.20)c	9.19(0.30)b	11.54(0.18)a	0.40	0.78

注:括号中数值为标准误差;同一行具有相同字母者表示差异不显著($P > 0.05$)。

2.3 群落生物量结构特征

生物量可以在一定程度上体现群落固定太阳能的能力和生产力大小^[8]。由表 4 可知,措施及对照群落总的生物量变化于 5.73 和 201.13 t/hm² 之间,全坡面播草、多树种混交 2 个群落的生物量分别是对照 1 的 4.57 和 6.45 倍,且差异都达到了显著水平,是对照 2 的 13.02% 和 18.39%,且差异达到显著水平。从措施间比较,多树种混交群落的生物量是全坡面播草群落的 1.41 倍,但差异不显著。与南亚热带鼎湖山针阔混交林(377.52 t/hm²)^[14] 和鹤山马尾松林(108.77 t/hm²)^[14] 进行比较,全坡面播草和多树种混交群落的生物量(26.20 和 36.98 t/hm²) 均低于这两个群落的生物量。

表 3 表明,各措施群落乔木层生物量均占群落总生物量的 80% 以上,全坡面播草和多树种混交两个群落乔木层生物量分别是对照 1 的 4.15 和 6.42 倍。乔木层是群落生物量和生产力的主体,两个措施群落乔木的材积生长仍未达到其数量成熟龄,随着植被的恢复,乔木层的生产力将会进一步增大,这对于植被覆盖度和郁闭度的增加,枯枝落叶量的增加,群落养分循环的加快,以及群落环境的改善等方面将有重要影响。林下植被是森林群落结构中一个重要组成部分,有重要的群落学作用和生态功能,对控制水土流失和地力维持与恢复具有重要的作用^[15]。不同恢复措施林下植被的生物量均显著高于对照 1,但显著低于对照 2。对照 1 的林下植被为草本,数量所占比重为 7.78%;全坡面播草群落的林下植被生物量所占比重为 16.56%,植被几乎为草本,灌木极少,未发现

有苔藓发育;多树种混交群落的林下植被生物量所占比重为 8.70%,且主要为草本,占林下植被生物量的 95.96%,未发现有苔藓发育;对照 2 的林下植被生物量所占比重为 7.40%,主要为灌木,占林下植被总生物量的 75.73%。全坡面播草群落林下植被生物量所占比重最大,达到 10.00% 以上,主要是因为该区进行全坡面种草,草被迅速增长,随着小气候的改善,铁芒萁生长极快。研究调查时,芒萁覆盖度约占草本层的 50%。

以上分析表明,侵蚀退化生态系统在恢复初期,群落以乔木和草本恢复为主,灌木的恢复较缓慢,由于植被的郁闭度还不高,林下的环境还不适合苔藓的侵入。

枯枝落叶层所占比重不大,但枯枝落叶层的存在可降低温度,提高湿度,显著减少径流量和泥沙流失量,并可提高土壤肥力^[16-17]。全坡面播草的枯枝落叶层生物量是对照 1 的 6.68 倍,是对照 2 的 40.04%,且与对照 1 和对照 2 均有显著差异;多树种混交的是对照 1 的 9.39 倍,是对照 2 的 56.29%,且与对照 1 和对照 2 均有显著差异;从措施间比较,二者的枯枝落叶层生物量差异不显著。以上分析说明,侵蚀地治理后,植被的凋落物量增加,枯枝落叶层生物量增大。

从恢复度分析可知(表 2),全坡面播草群落草本层生物量的恢复度超过 1.00,但乔木、灌木的生物量恢复度均小于 0.10,因此群落总生物量的恢复度也不高,为 0.10。多树种混交群落各层次生物量的恢复度均小于 1.00,最高的为草本(0.93),枯枝落叶的恢复度也较高,已达到 0.53。

表 4 不同群落生物量组成

t/hm²

层次	对照 1	全坡面播草	多树种混交	对照 2	恢复度	
					全坡面播草	多树种混交
乔木层	5.26(0.15) d	21.86(0.56) c	33.76(1.40) bc	186.25(8.87) a	0.09	0.16
灌木层	0.00(0.00) b	0.00(0.00) b	0.13(0.01) b	10.30(0.49) a	0.00	0.01
草本层	0.47(0.06) c	4.34(0.15) a	3.09(0.15) b	3.30(0.16) b	1.37	0.93
苔藓层	0.00(0.00) b	0.00(0.00) b	0.00(0.00) b	1.29(0.04) a	0.00	0.00
群落生物量	5.73(0.20) d	26.20(0.41) c	36.98(1.55) bc	201.14(9.48) a	0.10	0.16
枯枝落叶层	0.31(0.05) d	2.07(0.26) c	2.91(0.42) bc	5.17(0.25) a	0.36	0.53
总计	6.04(0.25) d	28.26(0.14) c	39.88(1.14) bc	206.30(9.73) a	0.11	0.17

注:括号中数值为标准误;同一行具有相同字母者表示差异不显著($P>0.05$)。

3 结论

侵蚀红壤退化生态系统经过全坡面播草和多树种混交治理后,马尾松标准木生物量增加,标准木的根冠比例降低,群落的生产力和生物量增加。多树种混交群落以乔木层的生产力为主体,群落的生产力较高,为 $9.19 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,恢复度为 0.78,群落生物量为 $36.98 \text{ t}/\text{hm}^2$,恢复度为 0.16。多树种混交措施在群落生产力恢复效果良好,系统自我恢复能力逐渐增强,阔叶乔木树种的配置,有助于加快群落演替,缩短群落恢复周期。全坡面播草群落的生产力以乔木和草本的生产力为主体,虽然草本层生产力大,但草本寿命短,加上乔木层生产力相对较小,因此群落的生产力较低,为 $5.30 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,恢复度为 0.40,群落生物量也相应的较低,为 $26.20 \text{ t}/\text{hm}^2$,恢复度为 0.10。但全坡面播草群落草本层的迅速恢复,有助于土壤肥力等方面的改善,为乔木等植物的生长提供了条件,对控制水土流失也具有重要的现实意义。二者的生物量和生产力的恢复程度差异较大,体现了不同措施的恢复效果。同时,二者离对照 2(风水林)还有较大差距,这说明措施群落还没有恢复到其潜在的生产力水平,随着植被的恢复,环境的改善,群落生产力和生物量将进一步提高。

综上所述,强度侵蚀红壤区经过全坡面播草和多树种混交人工干预后,群落固定太阳能的能力增强,生态系统的生产力和生物量得到极大的提高,同时大大减轻了水土流失。因此,这两个措施在侵蚀区是值得借鉴和推广的。

[参 考 文 献]

- 肥力的影响[J]. 土壤学报, 1998, 35(2): 276-282.
- [3] 赵其国. 我国南方当前水土流失与生态安全中值得重视的问题[J]. 水土保持通报, 2006, 26(2): 1-8.
- [4] 薛立, 杨鹏. 森林生物量研究综述[J]. 福建林学院学报, 2004, 24(3): 283-288.
- [5] 蔡锡安, 任海, 彭少麟, 等. 鹤山亚热带草坡生态系统的生物量和生产力研究[J]. 生态科学, 1996: 9-13.
- [6] 任海, 彭少麟. 恢复生态学导论[M]. 北京: 科学出版社, 2001, 19.
- [7] 徐雯佳, 刘琪璟, 马泽清, 等. 江西千烟洲不同恢复途径下白栎种群生物量[J]. 应用生态学报, 2008, 19(3): 459-466.
- [8] 谢锦升, 黄荣珍, 陈银秀, 等. 严重侵蚀红壤封禁管理后群落的生物量及生产力变化[J]. 浙江林学院学报[J], 2001, 18(4): 354-358.
- [9] 林开旺. 闽西严重侵蚀紫色土不同治理措施群落生物量及能量研究[J]. 水土保持通报, 2002, 22(3): 20-24.
- [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.
- [11] 福建省林业厅. 森林调查[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1986.
- [12] 木村允. 陆地植物群落的生物量测定方法[M]. 姜恕, 陈乃全译. 北京: 科学出版社, 1981.
- [13] 喻理飞, 朱守谦, 叶镜中, 等. 退化喀斯特森林自然恢复评价研究[J]. 林业科学, 2000, 36(6): 12-19.
- [14] 彭少麟, 任海. 亚热带森林生态系统的能量生态研究[M]. 北京: 气象出版社, 1998.
- [15] 刘苑秋, 罗良兴, 杨国平, 等. 退化红壤重建森林林下植被恢复及其环境影响分析[J]. 江西农业大学学报, 2004, 26(5): 695-699.
- [16] 任海, 彭少麟, 刘鸿先, 等. 小良热带人工混交林的凋落物及其生态效益研究[J]. 应用生态学报, 1998(5): 458-462.
- [17] 吴钦孝, 赵鸿雁, 刘向森, 等. 森林枯枝落叶层涵养水源保持水土的作用评价[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(2): 23-28.
- [1] 刘永泉, 李春林. 八十里河小流域多树种混交模式的研究[J]. 福建水土保持, 1990, 2(3): 18-26, 49.
- [2] 杨玉盛, 何宗明, 林光耀. 退化红壤不同治理模式对土壤