

滇中三种典型人工林群落结构与土壤侵蚀关系研究

王震洪¹, 张玲², 段昌群³, 肖林⁴, 王克勤¹, 梁国江⁵, 张世彪⁵, 起连春⁵

(1 西南林学院资源学院, 昆明 650224;

2 北京大学城市与环境学系, 北京 100871; 3 云南大学环境科学系, 昆明 650091;

4 成都军区联勤部建筑设计院昆明分院, 650091; 5 云南省牟定县水土保持委员会办公室, 675500)

摘要: 以云南松、直干桉、直干桉—黑荆三种人工林群落对象, 对不同植物群落结构与土壤侵蚀的关系进行了研究。结果表明: 在三种人工林群落中, 直干桉—黑荆混交林群落和云南松植物群落具有较强的控制径流和土壤侵蚀的能力, 直干桉人工林群落控制能力较差。在相同坡度和降雨条件下, 有机质含量、乔木层盖度、树冠截留量、建群种平均材积、枯落物凋落量、水稳性团粒百分比等因子数值大, 土壤侵蚀量小。乔木树种的生物学特征特性也有差异。

关键词: 人工林群落; 群落结构; 土壤侵蚀; 牟定县

中图分类号: S 157, S718.542

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2001)02-0074-06

Relationship Between Manmade Forest Community Structure and Soil Erosion in Muding County of Yunnan Province

WANG Zhen-hong¹, ZHANG Ling³, DUAN Chang-qun³, XIAO Lin⁴, WANG Ke-qin¹,

LIANG Guo-jiang⁵, ZHANG Shi-biao⁵, QI Lian-chun⁵

(1 Resources Academy, Southwest Forest College, Kunming, 650224, China;

2 Urban and Environmental Science Department, Peking University, Beijing, 100871, China;

3 Environment Science Department, Yunnan University, Kunming 650091, China;

4 Architecture Plan Academy of the United Supply Division of Chengdu Military Headquarter, Kunming, 650091, China;

5 Office of Soil and Water Conservation, Muding County, Yunnan Province 675500, China)

Abstract: *Pinus yunnanensis* community, *Eucalyptus maidensii* Acacian. *mearnsii* community, *Eucalyptus maidensii* community were used as the researching material of relationship between structure and soil erosion of different manmade forest communities based on the techniques of standard runoff plot and outdoor investigation. The results indicated that arbor layer dominance and soil organic matter content of the soil in different ecosystem were most tightly related to the control of soil erosion with correlation coefficient, 0.96, 0.97, and the sequence of other structural factors second to the two factors was: canopy interception, timber volume of edificator, litter, percentage of stable-water aggregate, ratio of Si/V, stemflow listed according to correlation coefficient from great to small value. *E. maidensii*-*A. meamsii* mixed community showed better capacities of soil erosion control for the superiority of the community structures to other three communities. *A. mearsii* and *P. yunnasensis* grew the best hydrological ecological effect respectively for interception rate and stemflow.

* 收稿日期: 2001-03-21

资助项目: 国家攀登计划特别支持项目(2000-026)、云南省自然科学基金重点项目(2001-02)、长江中上游水土保持委员会资助项目(1998-02)工作的一部分。

作者简介: 王震洪(1966-), 男(汉), 理学硕士, 工程师, 现在云南大学攻读博士学位。从事山地水文生态学和流域治理研究, 主持水利部长江中上游水土保持委员会课题2项, 发表论文多篇。

Key words: manmade forest community; community structure; soil erosion; Muding County

在水力侵蚀区,影响水土流失的因素是降雨、地形、土壤可蚀性、植被因子和水土保持措施等^[1,11]。在目前科技水平条件下,降雨、地形和土壤因子,人类是无法大规模改变以便对水土流失进行调控,而植被和水保措施因子基本上是可控制的,因此,通过这两个因子对降雨、土壤条件和地形进行调节就显得特别重要^[8,9]。而且,其它因子都不同程度地受植被因子系统的影响,如降雨在植物群落中的再分配调节、植物群落产生的有机质对土壤可蚀性的影响等^[2,3]。所以,在这些因子中,植被因子处于中心位置。植被因子是一复杂的系统,不同的植被其群落结构不同,受结构制约的水土保持功能也不同,因此研究不同植物群落结构与土壤侵蚀的关系具有重要的意义。近 50 年来,由于人类对土地资源的不合理利用使世界性的水土流失问题日显突出^[12],对研究不同植物群落结构与功能的关系在国内外已成为一个热点^[9,10,11,14]。本文以滇中三种人工林植物群落为对象,对群落结构与水土流失控制功能之间的关系作初步探讨。

1 人工林群落概况

人工林群落位于东经 101°28'18",北纬 25°24'09",海拔 1 998 m,坡度 10~12°,坡向为南 29°,属亚热带半湿润季风气候,年降雨量 800~1 000 mm,大于或等于 50 mm 的暴雨年均 0.8 次。降雨集中在 5~10 月,其降雨量占全年降雨量的 80%。试验地面积 3.33 hm²,有乔木层分别为云南松(*Pinus Yunnanensis*)、直干桉(*Eucalyptus maidensii*)、直干桉和黑荆(*Azacia mearnsii*)的三种人工林群落类型及造林时留下的无林地对照。人工林为 1990 年长江水利委员会水土保持局营造的水土保持实验林,乔木的密度、平均胸径和平均树高分别是云南松 0.5 株/m²、2.97 cm, 4.27 m;黑荆 0.33 株/m²、4.41 cm, 8.64 m;直干桉 0.33 株/m²、5.31 cm, 11.04 m。现已分别形成以营造的乔木为上层,其它种为下层的植物群落。云南松人工林群落有绒毛黄腺香青(*Anaphalid aureo-punctata*),拟金茅(*Eulaliopsis binat*)等 10 种植物。在直干桉人工林群落中有云南娃儿藤(*Tylophora yunnanensis*),小钩耳草(*Hedyotis uncinella*)等 8 种植物。在无林地对照中有白茅(*Imperata cylindrica*)等 11 种植物。林地由于地被层和枯落物的覆盖,原来整地时留下的种

沟痕迹已看不到。在造林前,试验地均为荒山坡,植被、土壤类型等立地条件一致。在所研究的生态系统周围有列年营造的成片云南松林、直干桉林和直干桉-黑荆混交林 10.2 km²。

2 研究方法

2.1 不同人工林群落降雨产流量及土壤侵蚀量的观测

在三种人工林群落和无林地对照内,选取海拔、坡度、坡向一致的有代表性地段,分别设置 20 m×5 m 标准径流小区和径流收集池,每次降雨产流后,量测径流池水位高并将径流池中径流充分搅拌,用分层取样器取样,用烘干法分析单位体积径流泥沙重,计算单位面积土壤侵蚀量^[1~3]。

2.2 人工林群落乔木层树冠穿透降雨量和树干流量的测定

在林外比较宽敞的空地中央设置一虹吸式自动降雨收集装置,通过记录资料获得有关降雨量数据。在各群落样地上选取代表性样地,每个树种选取 10 株作为研究材料。在每株树的 1.5 m 高处按螺旋状刻出一深约 2 cm 的小沟,将软塑料管头部剪开,用小钉将其钉在刻出的小沟里,并用乳胶将小沟的壁和软塑料管的壁粘牢,以便降雨时树干茎流能保证从塑料管中流入树干茎流收集箱中。在同一位置设置一乔木层穿透降雨收集池于乔木树冠下,底部设引流管将收集到的乔木层穿透降雨导入收集箱中。每次降雨过后,分别量取收集箱水位高,计算树干径流量和乔木层穿透降雨量。树冠截留降雨量按 $P_i = P - P_s - P_t$ 公式计算。林冠截留量和茎流按乔木层盖度换算。

2.3 不同人工林群落土壤理化性质的测定

测定土壤硅钒比、土壤水稳性团粒、土壤有机质含量、土壤容重、非毛管孔隙、毛管孔隙、总孔隙等指标。土壤硅钒比用比重计法测定并按式(1)计算;土壤水稳性团粒用比重计法直接测定;有机质用重铬酸钾法测定。每年每个季度选取晴天取样一次,每次每个小区按对角线设三个取样点,按 0~10 cm、10~25 cm、25~50 cm 三层取样,将同层三个样本混合成一个土样并取三层测定结果的均值。全年取四个季度的平均值。土壤容重、非毛管孔隙、毛管孔隙、总孔隙度的测定采用环刀法。一年内取样次数,每小区取样点和层次同上,测定后将每个样点各层测定

结果平均。全年取四次测定的均值。每一层次或每一土样的测定同时做三个平行样,取数值接近的两个测定结果的均值^[4,5]。

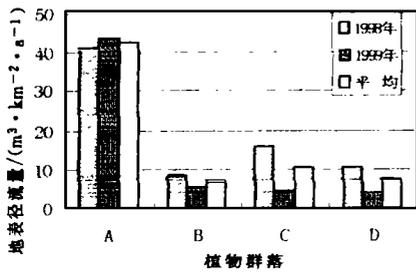
$$\text{硅砾比} = \frac{\text{沙}\% + \text{粉沙}\%}{\text{黏粒}\%} \quad (1)$$

2.4 不同人工林群落数量特征的调查

草本植物年生物量用收割法。于 1997 年 11 月在标准径流小区中按两对角线每隔 6 m 选择 1 m² 样方 5 个,将地上部分生物量割去,用木桩标记样方四角,1998 年和 1999 年 11 月在上年所选的样地上收割草本植物的地上部分,烘干称重取平均值,计算单位样地年生物量。群落枯落物年产量测定用收集法。在每小区中按两对角线每隔 4 m 摆放 1 m² 箩筐 8 只,满一周时收集称重,换算成单位面积年产量。草本植物盖度和乔木层盖度测定用样线法。在小区内按对角线测定,一年测定四次,取平均值。乔木材积用每木检测法。每年 11 月测定小区内每一株树高、胸径,查形数表计算每株材积并取平均值^[6,7]。

3 结果与分析

3.1 不同人工林群落地表径流及土壤侵蚀量



图中: A= 无林地对照; B= 云南松植物群落; C= 直干桉植物群落;
D= 直干桉- 黑荆混交林群落, 以下图、表代号相同

图 1 不同人工林植物群落地表径流量

不同人工林群落 1998 年、1999 年地表径流量和土壤侵蚀量及其平均值见图 1、图 2。从图中可以看出,不同群落地表产流量大小顺序是无林地> 直干桉人工林群落> 直干桉- 黑荆混交林群落> 云南松人工林群落($F_{A-B}^* = 5.4, p > 0.00001; F_{A-C} = 6.3, p > 0.00001; F_{A-D} = 11.88, p > 0.00001; F_{B-D} = 2.22, p > 0.00011; F_{C-D} = 1.87, p > 0.0022; F_{B-C} (= 1.02, p > 0.05$ 不显著)。土壤年蚀量大小顺序是: 无林地> 直干桉人工林群落> 云南松人工林群落> 直干桉- 黑荆混交林群落(ANOVA $F_{A-B} = 39.8, p > 0.00001; ; F_{A-C} = 8.9, p > 0.00001; F_{A-D} = 35.1, p > 0.00001; F_{B-C} = 4.5, p > 0.00011; F_{C-D} = 3.9, p > 0.00001; B$ 和 D 间不显著)。云南松人工林群落、直干桉人工林群落和直干桉- 黑荆混交林群落与无林地对照相比,地表径流量和土壤侵蚀量分别是无林地对照的 16.4%, 24.19%, 17.07%; 11.2%, 23.97%, 10.78%。在三种人工林群落中,直干桉- 黑荆混交林群落和云南松植物群落具有较强的控制径流和土壤侵蚀的能力,直干桉人工林群落控制能力较差。

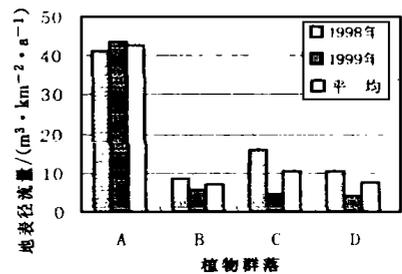


图 2 不同人工林群落地表土壤侵蚀量

3.2 降雨在不同人工林群落中再分配

1998 年和 1999 年三种人工林群落乔木树干径流量、树冠穿透降雨量和树冠截留量观测结果见表 1。树冠截留量: 直干桉- 黑荆混交林, 35.21%; 直干桉人工林群落, 30.10%; 云南松人工林群落, 27.8% (ANOVA $p > 0.001, F_{P-A} = 1.91, n = 95, p > 0.005, n = 95, F_{E-A} = 1.26, ; F_{P-E} = 1.1, n = 95, p > 0.05, \text{not significant}$)。树干茎流量: 云南松, 4.64%; 直干桉, 0.88%, ; 直干桉- 黑荆混交林, 0.65% (ANOVA $F_{P-A} = 4.5, n = 95, p > 0.00001; F_{E-A} = 1.5, n = 95, p > 0.001; F_{P-E} = 3.8, n = 95, p > 0.00001$)。树冠穿透降雨量: 直干桉人工林群落,

67.56%; 云南松人工林群落 69.25%; 直干桉- 黑荆混交林> 64.14% (ANOVA $F_{P-A} = 1.8, n = 95, p > 0.001; F_{E-A} = 1.5, n = 95, p > 0.001$)。树冠截留量从大到小的顺序是: 黑荆- 直干桉混交林> 直干桉人工林群落> , 云南松人工林群落; 树干茎流量是: 云南松人工林群落> 直干桉人工林群落> 黑荆- 直干桉混交林; 树冠穿透降雨量是: 云南松人工林群落> 直干桉人工林群落> 直干桉- 黑荆> 混交林。

* 下标 A: 无林地对照; B: 云南松植物群落; C: 直干桉人工林群落; D: 直干桉- 黑荆混交林群落。

表 1 不同人工林树冠截留量, 树冠下降雨量及树干茎流量

类型	降雨量/mm		树冠下降雨量/mm		树干茎流量		树冠截留量	
	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999
A			841.94	511.29	57.82	35.12	346.44	210.39
B	1246.2	756.8	859.61	522.34	10.97	6.66	375.622	227.80
C			799.31	485.41	8.10	4.92	438.79	266.47

草本植物生物量的大小顺序是无林地对照> 云南松人工林群落> 直干枝人工林群落> 直干枝-黑荆混交林群落。不同人工林群落间上述数量特征指标差异是显著的。这表明, 不同建群种形成的群落使

群落特征发生了明显的变化。

3.3 不同人工林群落数量特征

不同人工林数量特征测定结果见表 2。几种人工林群落乔木层盖度和乔木茎生物量大小顺序是直干枝-黑荆混交林> 云南松> 直干枝, 枯落物产量的大小的顺序是云南松人工林群落> 直干枝-黑荆混交林群落> 直干枝人工林群落> 无林地对照, 草本植物盖度的大小顺序是云南松人工林群落> 直干枝人工林。

表 2 不同人工林群落数量特征指标

(ANOVA, $n=12, p < 0.001, 0.005, 0.05$ 和 $p > 0.05$ 显著性用字母 E, S, G, H 表示, 表 3, 表 4 代号相同)

群落类型	乔木层盖度			草本层盖度			枯落物产量		
	1998	1999	2000	1998	1999	2000	1998	1999	2000
A	8(Ea-b, Ea-c, Ea-d) 9(Ea-b, Ea-c, Ea-d) 11(Ea-b, Ea-c, Ea-d)			83(Ga-b, Ha-c, Ga-d) 86(Fa-b, Ha-c, Ea-d) 85(Ea-b, Ha-Fa-d)			49(Ea-b, Fa-c, Fa-d) 40(Fa-b, Fa-c, Ga-d) 54(Ea-b, Ea-c, Ga-d)		
B	60(Hb-c, Gb-d)	60(Hb-c, Hb-d)	62(Hb-c, Gb-d)	70(Gb-c, Gb-d)	68(Fb-c, Hb-d)	64(Ea-b, Gb-d)	197(Fb-c, Fb-d)	142(Fb-c, Fb-d)	168(Ea-b, Fa-c)
C	60(Ec-d)	62(Gc-d)	60(Gc-d)	88(Gc-d)	89(Gc-d)	85(Fc-d)	87(Ec-d)	83(Fc-d)	95(Gc-d)
D	78	75	70	78	74	79	116	110	123

下标, a: 无林地对照; b: 云南松植物群落; c: 直干枝植物群落; d: 直干枝-黑荆混交林, 表 3, 4 同。

3.4 不同人工林群落土壤理化性质

不同人工林群落土壤理化性质见表 3、4。由表 3、4 可以看出, 不同人工林群落及无林地对照间土壤水稳性团粒百分比、硅矾比、土壤有机质含量、土

壤容重、非毛管孔隙度、毛管孔隙度、总孔隙度等指标差异显著。这表明从造林至现在人工林对土壤理化性质的改变有了一定程度的差异。

表 3 不同人工林群落土壤化学性质

群落类型	pH	有机质/%	全 P/(g · kg ⁻¹)		有效 N/(mg · kg ⁻¹)		全 K/(g · kg ⁻¹)		有效 K/(mg · kg ⁻¹)	
			有效 N/(mg · kg ⁻¹)	有效 K/(mg · kg ⁻¹)	有效 N/(mg · kg ⁻¹)	有效 K/(mg · kg ⁻¹)	有效 N/(mg · kg ⁻¹)	有效 K/(mg · kg ⁻¹)		
A	3.96(Ea-b, Ea-c, Ea-d)	0.57(Ea-b, Fa-c, Fa-d)	0.37(Ha-b, Ha-c, Ha-d)	9.26(Ha-b, Ha-c, Ha-d)	0.031(Ga-b, Fa-c, Fa-d)	61.7(Ga-b, Ha-c, Fa-d)	10.63(Ga-b, Ga-c, Fa-d)	39.00(Ea-b, Ga-c, Ea-c)		
B	4.25(Eb-c, Eb-d)	1.03(Eb-d, Gb-d)	0.32(Hb-c, Hb-d)	14.83(Hb-c, Hb-d)	0.047(Eb-d)	39.7(Hb-c, Hb-d)	7.30(Hb-c, Hb-d)	68.40(Gb-c, Hb-d)		
C	4.04(Gc-d)	1.08(Gc-d)	0.37(Hc-d)	13.86(Hc-d)	0.047(Ec-d)	78.23(Gc-d)	8.39(Hc-d)	45.80(Hc-d)		
D	3.98	0.96	0.37	13.76	0.065	83.17	9.35	64.20		

表 4 不同人工林群落土壤物理性质

群落类型	容重/(g · cm ⁻³)	毛管孔隙/%	非毛管孔隙/%	总孔隙/%	毛管持水量/%	最大持水量/%	最小持水量/%	水稳性团粒/%
B	1.42(Gb-c)	33.00(Gb-c)	24.70(Gb-c)	57.70(Gb-c)	23.30(Fb-c)	30.10(Gb-c)	12.50(Hb-c)	6.95(Ea-b, Gb-d)
C	1.40(Gc-d)	37.50(Fc-d)	28.70(Fc-d)	66.20(Gc-d)	26.90(Hc-d)	33.40(Hc-d)	12.70(Hc-d)	4.08(Gc-d)
D	1.46(Hb-d)	37.70(Gb-d)	28.30(Gb-d)	66.00(Gb-c)	26.20(Gb-d)	31.70(Hb-c)	12.00(Hb-d)	5.24

3.5 不同人工林群落结构与地表土壤侵蚀的相关性

我们假设, 植物群落不同在于群落的结构和功能差异, 而且, 一定的结构对应着一定的功能, 所

研究的四种植物群落在结构上呈梯度变化, 功能上也将呈梯度变化, 因此, 将上述不同人工林群落间具有差异($p < 0.05$)的群落结构因素: 降雨再分配因子、植物群落数量特征因子和土壤理化性质因子按

多个随机变量线性相关分析得各指标间的相关系数见表 5。由表 5 可以看出各指标与土壤侵蚀量之间的相关程度,其顺序是:(1)负相关系列:有机质含量 > 乔木层盖度 > 树冠截留量 > 建群种平均材积 > 枯落物凋落量 > 水稳性团粒百分比 > 硅钒比 > 树干茎流量 > 非毛管孔隙 > 总孔隙;(2)正相关系列:树冠

下降雨量 > 土壤容重。毛管孔隙度对土壤侵蚀影响很小。在表中也可看出影响土壤侵蚀量的各指标间的正相关和负相关关系。这从数量上反映了群落结构与土壤侵蚀量的关系。其中土壤有机质含量和乔木层盖度与土壤侵蚀量负相关关系最密切。

表 5 不同人工林群落结构与土壤侵蚀量间的相关性*
[相关系数 > 0.58(绝对值), $p < 0.05$ 显著; 相关系数 > 0.70, $p < 0.01$ 显著; $n = 12$]

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>n</i>
<i>a</i>	1.00													
<i>b</i>	0.86	1.00												
<i>c</i>	-0.51	-0.37	1.00											
<i>d</i>	-0.80	-0.56	0.40	1.00										
<i>e</i>	-0.96	-0.84	0.34	0.87	1.00									
<i>f</i>	-0.75	-0.51	0.90	0.68	0.64	1.00								
<i>g</i>	-0.70	-0.55	0.91	0.53	0.59	0.95	1.00							
<i>h</i>	-0.69	-0.48	0.71	0.60	0.66	0.85	0.92	1.00						
<i>i</i>	-0.97	-0.89	0.46	0.78	0.93	0.70	0.61	0.55	1.00					
<i>j</i>	0.85	0.78	-0.44	-0.56	-0.76	-0.54	-0.53	-0.39	-0.83	1.00				
<i>k</i>	-0.44	-0.40	0.91	0.17	0.27	0.79	0.91	0.74	0.37	-0.42	1.00			
<i>l</i>	0.01	0.20	-0.35	0.09	0.14	-0.09	-0.05	0.34	-0.15	0.34	-0.23	1.00		
<i>m</i>	-0.42	-0.26	0.66	0.21	0.35	0.71	0.85	0.90	0.27	-0.20	0.82	0.37	1.00	
<i>n</i>	-0.78	-0.71	-0.05	0.61	0.87	0.31	0.30	0.47	0.75	-0.60	0.03	0.40	0.26	1.00

表中各列 *a*: 土壤侵蚀量; *b*: 树冠下降雨量; *c*: 树干茎流量; *d*: 树冠截留量; *e*: 乔木层盖度; *f*: 枯落物年凋落量; *g*: 水稳性团粒百分比; *h*: 硅钒比; *i*: 土壤有机质含量; *j*: 土壤容重; *k*: 非毛管孔隙度; *l*: 毛管孔隙度; *m*: 总孔隙度; *n*: 建群种平均材积。

4 讨论

(1) 对于林地土壤侵蚀, 人工林植物群落与无林地比较, 一方面, 通过乔木树冠的截留降雨作用使溅蚀得到有效控制, 地表径流量减少, 另一方面, 一部分降雨由于树冠阻滞作用和树干茎流使形成地表径流时间延长, 促进了降雨入渗, 使土壤侵蚀量大大减少, 人工林群落侵蚀量仅是无林地对照的 1/4 强, 这一结果高于地带性顶级群落的土壤侵蚀量, 也高于周围逸等有林地土壤侵蚀是无林地对照 1/12 的研究结果^[9, 16]。人工林群落树冠截留量的观测结果, 在三种人工林中以云南松人工林群落最低, 但这一结果比刘文耀对原生的云南松森林的截留降雨量观测值要高^[13]。这可能是两种森林覆盖度差异使计算结果差异较大。从人工林群落数量特征来看, 仅经过 10 年抚育管护的人工林乔木和草本植物盖度一般高于地带性顶级群落, 但群落枯落物产量、乔木茎干生物量比地带性植物群落低^[14]。对于人工林土壤理化性质, 一般人工林土壤主要营养元素含量远远低

于地带性顶级群落^[15]。因此, 从生态恢复角度, 假设人工林是向着地带性顶级群落发展的, 那么, 未来群落向地带性顶级群落发展还有很长的距离。

(2) 人工林植物群落土壤侵蚀, 在相同坡度和降雨条件下, 有机质含量、乔木层盖度、树冠截留量、建群种平均材积、枯落物凋落量、水稳性团粒百分比、硅钒比、树干茎流量、非毛管孔隙、总孔隙等群落结构因子数值大, 将促进土壤侵蚀控制; 树冠下降雨量、土壤容重数值增大, 将增加土壤侵蚀量。因此, 在以水土保持为目的的生态林业工程建设中, 改善上述负相关因子, 抑制正相关因子, 将有效地控制水土流失。不同的人工林群落结构不同, 土壤侵蚀控制能力将发生变化, 居于此, 在选择防护林建群种时要趋向于使乔木层盖度、有机质含量、建群种材积、枯落物产量、树冠截留量、硅钒比、水稳性团粒百分比、树干径流量、非毛管孔隙、总孔隙等结构因子不断改善的植物种。

(3) 本研究所观测的几种人工林群落, 乔木树种的生物学特征特性差异, 使降雨量发生再分配对群

落土壤侵蚀调控具有明显的影响。一般来说,树冠大,分枝多,枝叶浓密,叶上有表皮毛,少蜡质和角质,枝叶平深,树干比较粗糙,有利于截留降雨,形成树干茎流,抑制地表径流,控制土壤侵蚀。相反,建群种树冠小,分枝少,枝叶稀疏,叶上无毛,表皮光滑,有角质和蜡质,枝叶和主干夹角小,树干光滑,不利于截留降雨,易形成地表径流,使土壤侵蚀不易控

制。

(4)对不同人工林群落,用通用水土流失方程预测林地水土流失显得太粗糙,可通过本文相关性大的群落结构因子的长期观测并引入地形因子,建立群落结构-土壤侵蚀模型,预测人工林地土壤侵蚀量。在这一点上,土壤可蚀性因子已划分为几个亚因子来进行研究了^[17]。

参考文献:

- [1] Morgan R P C. Soil Erosion and Conservation[M]. Group. U. K, 1996. 56~90.
- [2] Hudson N W. Soil Conservation[M]. Cornell University Press, 1981. 28~65.
- [3] Richard Lee. Forest Hydrology[M]. Columbia University Press, 1981. 235~237.
- [4] 张万儒. 森林土壤学实验[M]. 北京: 中国林业出版社, 1981. 25~65.
- [5] 南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978. 107~135.
- [6] 李博, 等. 植物生态学实验[M]. 北京: 高等教育出版社, 1984. 69~103.
- [7] D-米勒-唐布依斯, H-埃仑伯格. 植被生态学的目的和方法[M]. 鲍显诚等译. 北京: 科学出版社, 1986. 123~356.
- [8] 王礼先, 等. 山坡防护林水土保持水文生态效益及其信息系统[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997. 56~239.
- [9] 蒋有绪. 世界森林生态系统结构与功能研究简述[A]. 中国森林生态系统结构与功能规律研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 1996. 3~256.
- [10] Likens G E, Bormann F H. et al. Biogeochemistry of a Forested Ecosystem[M]. Springer-Verlag, New York, 1996. 45~69.
- [11] Bormann F H, Likens G E. Pattern and Process in a Forested Ecosystem[M]. Springer-Verlag, New York, 1979. 59~63.
- [12] Gretchen C. Daily. Restoring value to the world, s degraded lands[J]. Science, 1995, 269, 350~354.
- [13] Liu Wen-yao, Xu Shou-chan, Xu Ke-jin, et al. 1996. Litters amount of even green broad-leaved forest in Ailao mountain in China[A]. P: 233~239. In: Jiang you-xu, feng zong-wei, chen lin-zhi, et al. (eds). The structural and functional laws of the zonal ecosystem in China[M]. Beijing: Forestry Publish House.
- [14] Xu Jing-yu, Gan Jian-min. The soil physical and chemical nature under different vegetations in Xujiaba natural reserve [A]. 1996. 240~243. In: Jiang You xu, Feng Zong-wei, Chen Lin zhi, et al. (eds). The structural and functional laws of the zonal ecosystem in China[M]. Beijing: Forestry Publish House.
- [15] Gan Jianmin, Xu Jing yu. Conservation of soil water on the even green broad-leaved forest land[A]. 1996. 244~248. In: Jiang You-xu, Geng Zong-wei, Chen Lin-zhi, et al. (eds). The structural and functional laws of the zonal ecosystem in China[M]. Beijing: Forestry Publish House, 1996.
- [16] 周国逸, 余作岳, 彭少麟. 广东小良水保站三种生态系统地表侵蚀的研究[J]. 热带亚热带植物学报, 1995, 3(2): 70~76.
- [17] 高维森, 王佑民. 土壤抗蚀抗冲性研究综述[J]. 水土保持通报, 1992, 12(5): 59~63.