

# 滇西高原不同地类坡面产流产沙规律研究

陈奇伯<sup>1</sup>, 寸玉康<sup>2</sup>, 刘芝芹<sup>1</sup>, 王克勤<sup>1</sup>, 王利民<sup>1</sup>

(1. 西南林学院, 昆明 650224; 2. 云南省香格里拉县水保办, 云南 香格里拉 674400)

**摘要:** 根据径流小区观测, 对滇西高原主要典型地类的坡面产流产沙规律进行了研究。结果显示, 灌木林和天然次生林, 有较好的调节径流和减少土壤流失的作用, 二者的产流量分别比坡耕地减少 64.0% 和 63.7%, 产沙量分别减少 82.1% 和 74.5%; 荒草地的产流产沙量分别比坡耕地减少 19.9% 和 46.6%。产流量与产沙量均与降雨量和最大 10 min 时段降雨强度呈显著幂函数关系, 产沙量与产流量之间的线性关系显著。

**关键词:** 滇西高原; 土地类型; 坡面径流; 土壤侵蚀

中图分类号: S 157.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)02-0071-03

## Study on Runoff and Sediment Production on Slope Land of Western Plateau of Yunnan Province

CHEN Qi-bo<sup>1</sup>, CUN Yu-kang<sup>2</sup>, LIU Zhi-qin<sup>1</sup>, WANG Ke-qin<sup>1</sup>, WANG Li-min<sup>1</sup>

(1. Southwest Forestry College, Kunming 650224, China;

2. Office of Water and Soil Conservation of Xianggelila County, Xianggelila, Yunnan 674400, China)

**Abstract:** Runoff and sediment production on different types of slope land are researched according to runoff plots observation in western plateau of Yunnan Province. Results show that shrub and natural secondary forest are good at protecting soil from erosion. The two types of land can decrease runoff amounts separately by 64.0% and 63.7%, and soil loss amounts by 82.1% and 74.5% than slope farmland. Slope grass land can decrease runoff and soil loss amounts respectively by 19.9% and 46.6%. All of runoff and soil loss have power function relationship with rainfall amounts and maximum rainfall intensity of 10 min. And soil loss increase with the runoff amounts increase directly.

**Key words:** western plateau of Yunnan Province; land types; runoff from slope land; soil erosion

香格里拉是藏民族最理想的“如意宝地”, 是“一片人间少有的完美保留自然生态和民族传统文化的净土”, 是国家“三江并流”风景名胜区内的一颗明珠<sup>[1]</sup>。但是自 20 世纪 50~60 年代开始, 随着人口的不断增长, 用材及薪柴的需求不断增加, 开发建设项目日益增多, 不合理的采伐、采石、采砂、过度放牧和陡坡开荒等, 造成了大量的砍伐迹地, 自然植被面积逐渐缩小, 水土流失不断加剧, 自然环境逐步恶化, 高原湖泊的富营养化和进入金沙江河道的泥沙量有增无减。因此, 研究这一特殊类型区的土壤侵蚀规律, 以采取相应措施, 遏制生态退化的势头, 恢复“神秘香格里拉”的自然独特风貌, 实践意义深远。

### 1 研究区概况

香格里拉县地处金沙江上游滇西青藏高原东南缘横断山脉腹地, 研究区位于距县城西北方向 6 km 的纳帕海周边区域, 地处北纬 27°45′~28°25′, 东经 90°20′~99°45′ 之间。由于受孟加拉湾暖气流向西北推移的影响, 当地气候冬春季冰雪封冻, 夏季雨量充沛, 山体受江河深切, 立体气候和垂直地带性植被特点明显。

研究区平均海拔 3 250 m, 年平均气温 5.8℃, 最冷月平均气温 - 8.7℃, 最热月平均气温 19.7℃, 10 积温 1 529.8℃。年平均降水量 618.4 mm, 其中 6~9 月雨季降水量占全年的 80%~90%, 年蒸发潜量 1 643.6 mm, 日照时数 2 180.3 h, 霜期 244 d。

成土母岩主要有砂页岩、砂岩、玄武岩、第三纪砂岩层、河流冲积物、洪积物、残积物等。土壤类型主要为暗棕壤、棕壤、冲积土、黏土、粉砂土等。

植被类型属亚热带常绿阔叶林向青藏高原高寒植被区的过渡带。从高海拔到低海拔依次出现高山灌丛草甸、寒温性针叶林、温性针叶林、湿性常绿阔叶林、暖性针叶林、半湿性常绿阔叶林和河谷灌丛等垂直带性植被类型。主要树种有云杉、冷杉、高山松、华山松、云南松、矮刺松、杜鹃、箭竹、高山柳等。

### 2 坡面径流小区布设

根据地形条件和不同地类的典型性和代表性, 选择天然次生林、灌木林、荒草丛和坡耕地 4 种地类, 在研究区相对集中地设置了投影面积为 5 m × 10 m 的径流泥沙观测小区, 测

① 收稿日期: 2004-08-07

基金项目: 云南省教育基金项目(02ZY059); 长江水利委员会“长江流域水土保持生态修复试点”项目

作者简介: 陈奇伯(1965-), 男, 博士, 副教授, 主要从事土壤侵蚀与流域管理方向的教学与科研工作, 发表论文 30 余篇。

定每场降雨的产流产沙量。径流小区基本概况和土壤物理状况分别见表 1 和表 2。

径流量用体积法测定,泥沙含量用置换法测定<sup>[2]</sup>。降雨过程用自记雨量计测定。

表 1 坡面径流小区基本概况

地类	坡位	坡度 / °	坡向 / °	土壤类型及土层深	主要植物种	树(草) 盖度	
						龄/a	%
荒草地	坡中下部	11	230	棕壤, > 1	小羊茅、青蒿、紫草等	1	70
灌木林	坡中部	25	340	棕壤, > 1	川滇高山栎、高山柳等	5	95
天然次生林	坡中部	26	230	棕壤, 50	高山松、冷杉、华山松等	15	90
坡耕地	坡下部	11	230	棕壤, > 1 m	种植青稞, 调查时已收获	1	

表 2 径流小区土壤物理性状

地 类	土层深 / cm	土壤容重 / (g · cm <sup>-3</sup> )	总孔隙度 / %	同期土壤含	
				水量 / %	
坡耕地	0 ~ 30	1.28	56.21	22.40	
	30 ~ 50	1.47	47.07	19.06	
	50 ~ 100	1.77	27.01	9.19	
荒草地	0 ~ 30	1.18	53.70	17.97	
	30 ~ 50	1.71	40.65	11.49	
	50 ~ 100	1.85	35.40	11.05	
灌木林	0 ~ 30	1.17	55.28	22.85	
	30 ~ 50	1.47	48.66	18.71	
	50 ~ 100	1.62	44.85	15.21	
天然次生林	0 ~ 30	1.39	45.92	11.37	
	30 ~ 50	1.47	41.87	10.32	

### 3 研究结果分析

降雨和径流是水蚀区坡面产流产沙的动力条件,在雨滴动能和薄层水流作用下,通过坡面的溅蚀和面蚀,肥力状况

表 3 坡面径流小区降雨产流产沙特征值观测统计结果

序号	降雨日期	降雨量 / mm	10分雨强 / (mm · h <sup>-1</sup> )	径流深/mm				产沙量/(t · km <sup>-2</sup> )			
				荒草地	坡耕地	天然次生林	灌木林	荒草地	坡耕地	天然次生林	灌木林
1	2003-07-17	19.6	4.8	2.18	2.34	1.95	1.79	3.75	11	8.04	1.63
2	2003-07-23	18.2	6	2.81	1.95	2.5	1.4	4.64	4.18	2.05	1.26
3	2003-07-24	12.6	14.5	1.4	1.87	1.17	0.94	1.82	3.91	1.81	0.79
4	2003-07-28	15.8	3.6	1.64	1.48	1.17	0	2.3	2.51	1.68	0
5	2003-07-29	9.9	8.4	1.48	0.86	0.86	1.09	2.22	1.7	0.71	1.45
6	2003-08-16	24.7	8.5	3.43	3.51	2.34	2.88	2.75	4.42	1.99	2.24
7	2003-08-17	10.8	2.4	1.95	1.72	1.09	0.86	2.94	2.95	1.75	1.17
8	2003-08-18	20	3	3.74	3.51	2.73	0.94	3.18	4.7	2.28	1.07
9	2003-08-24	22.5	3.2	4.21	4.21	3.2	3.59	4.16	5.03	2.84	2.59
10	2003-08-27	9	11.5	1.17	0.7	0.39	0.55	1.44	0.85	0.38	0.45
11	2003-08-31	19.9	6	1.95	2.96	1.79	2.18	1.03	1.97	0.79	1.68
12	2003-09-02	10	4	3.12	2.96	0.94	2.34	2.75	3.58	0.66	2
13	2003-09-03	3.3	2.4	0.94	0.78	0.47	0	0.85	0.6	0.32	0
14	2003-09-04	2.75	3	0.78	0	0	0	0.31	0	0	0
15	2003-09-08	16.1	13.8	0	0	1.09	0	0	0	1.03	0
16	2003-09-09	28.2	7.2	3.35	1.95	1.01	2.42	2.36	2.25	0.56	1.59
17	2003-09-10	45.3	18	23.9	43.7	4.13	4.6	23	65	2.19	1.92
18	2003-09-22	9.3	4.2	1.95	0.39	0.39	1.4	1.91	0.35	0.23	0.74
合计		297.95		60.00	74.89	27.22	26.98	61.41	115.00	29.31	20.58

#### 3.2 降雨特性与不同地类坡面产流之间的关系

降雨量和时段降雨强度是与溅蚀和面蚀关系最密切的 2 个参数,通过 18 场产流降雨的特征值与产流量之间的统计关系计算,发现径流深( $W$ )与 10 min 时段最大雨强( $I_{10}$ )之间的关系比 $I_{15}$ 、 $I_{30}$ 关系最紧密,根据径流深与降雨量( $H$ )和

较好的表土层首先被剥离和搬运,因此,降雨、径流和泥沙相互之间的关系紧密<sup>[3,4]</sup>。

#### 3.1 不同地类坡面产流产沙量比较

试验区 4 个坡面径流小区 2003 年 6 月至 2003 年 10 月共 18 场产流降雨的特征值和产沙量统计结果见表 3。

根据表 3 的观测资料统计,从退化荒草地上通过人工封育恢复的灌木林和从退化天然林地上恢复的次生林地,都有较好的调节径流和减少土壤流失的作用,二者的产流量分别比在人工干扰下退化最严重的坡耕地减少 64.0% 和 63.7%,产沙量分别减少 82.1% 和 74.5%;荒草地的产流产沙量分别比坡耕地减少 19.9% 和 46.6%。

说明植被覆盖有保护土壤免遭侵蚀的良好作用。植被对地表径流的影响是由冠层、枯枝落叶层和土壤层的综合效能决定的。天然次生林与灌木林的植被盖度分别为 90% 和 95%,远大于荒草地和坡耕地的植被盖度,这两个小区的林冠、下层植被以及枯枝落叶层对雨水起到了明显的截留及缓冲作用,同时也能减少了地表径流量,它们不仅能吸持一定的水分,并且能增加土壤水分的下渗,故而这两个小区的径流量比较小。天然林小区与灌木林小区的产流量随降雨量的增加而增长的速率相似,而且产流总量也相差不大。当降雨量小于 23 mm 时,荒草地的产流量大于坡耕地的产流量;当降雨量大于 23 mm 时,随着降雨量的增加,坡耕地的产流量超过荒草地,而且其增长速率也远大于荒草地的产流增长速率。因为坡耕地土壤疏松,土层比较深厚,当降雨量较小时,其吸持水的能力比荒草地强,所以其径流量会较荒草地小;但随着降雨量的增加,由于坡耕地的保水能力差,坡耕地土壤很快达到饱和,此时的降雨全部产生径流,因而此时坡耕地的产流速率非常大。可见,天然林和灌木林地拦蓄径流的效果要比荒草地和坡耕地好,荒草地开垦后加大了坡面的水土流失。

$I_{10}$  之间的相关曲线比选,幂函数模型与之最适配,回归分析模型的数学表达式见表 4。

回归分析结果发现,在 4 种地类的径流小区,荒草地和天然次生林地的降雨量与产流量和 10 min 最大时段雨强之间的幂函数关系最密切,复相关系数在 0.8 以上,坡耕地和

灌木林次之,但均达到显著相关水平。

表4 径流深与降雨量和10 min时段雨强关系模型

地类	数学表达式	复相关系数	F值	Sigf值
荒草地	$W = 0.240H^{0.876}I_{10}^{-0.023}$	0.811	13.46**	0.001
坡耕地	$W = 0.060H^{1.287}I_{10}^{0.048}$	0.760	8.88**	0.004
天然次生林	$W = 0.109H^{1.096}I_{10}^{-0.283}$	0.839	16.69**	0.000
灌木林	$W = 0.139H^{0.950}I_{10}^{-0.001}$	0.746	6.90*	0.011

3.3 降雨特性与不同地类坡面产沙关系

降雨在导致坡面产流的同时,与地面形成的薄层水流一起,使表层土壤不断受到剥蚀和搬运,表5是产沙量(S)与降雨量和径流量之间的关系模型。

表5 产沙量与降雨量和10 min时段雨强之间的关系模型

地类	数学表达式	复相关系数	F值	Sigf值
荒草地	$S = 0.173H^{0.980}I_{10}^{0.032}$	0.805	12.89**	0.001
坡耕地	$S = 0.051H^{1.438}I_{10}^{0.113}$	0.759	8.85**	0.004
天然次生林	$S = 0.121H^{1.092}I_{10}^{-0.386}$	0.644	4.96*	0.024
灌木林	$S = 0.334H^{0.678}I_{10}^{-0.283}$	0.694	5.12*	0.027

4种地类中,荒草地和坡耕地产沙量与降雨量和径流量之间的幂函数关系最密切,复相关关系达到0.75以上,林地的产沙量与降雨和径流之间的关系比较复杂,但也存在幂函

数关系。坡耕地因土层疏松、深厚,水分入渗速率、总孔隙率和持水性都高,因此当降雨量和降雨强度小于某一临界值,且雨前土壤含水率很少时,坡耕地并不会产生大的土壤流失。如果雨前土壤含水率高,而且降雨量和降雨强度超过某一临界值时,坡耕地的土壤流失才会加剧。从表3的4种地类产沙量的对比来看,坡耕地的产沙量在降雨量超过12 mm以后,就变为最大,而且产沙量递增的速度也远较其它3个小区大。荒草地的产沙量次之,但比天然次生林地和灌木林地要大得多,这是因为林地因其植被覆盖率比较大,枯落物保存较好,枯枝落叶层能降低径流流速,使径流在坡面上的滞留时间变长,增加了下渗时间,更为重要的是保护和改良了土壤结构,从根本上增加了土壤抗冲和抗蚀的能力。另外,植物根系盘结,水土不易流失,因此产沙量较小。

3.4 坡面产流与产沙关系

根据表3的观测统计数据,各地类产沙量(S)与产流量(W)之间的线性关系显著,图1是不同地类坡面径流深与产沙量之间的关系曲线。

从图1可知,不同地类的坡面产沙量均随径流深的增加而增加,其中坡耕地与荒草地增加速度快,而天然林与灌木林增加速度明显放慢。说明森林的水土保持功能明显好于非林地。

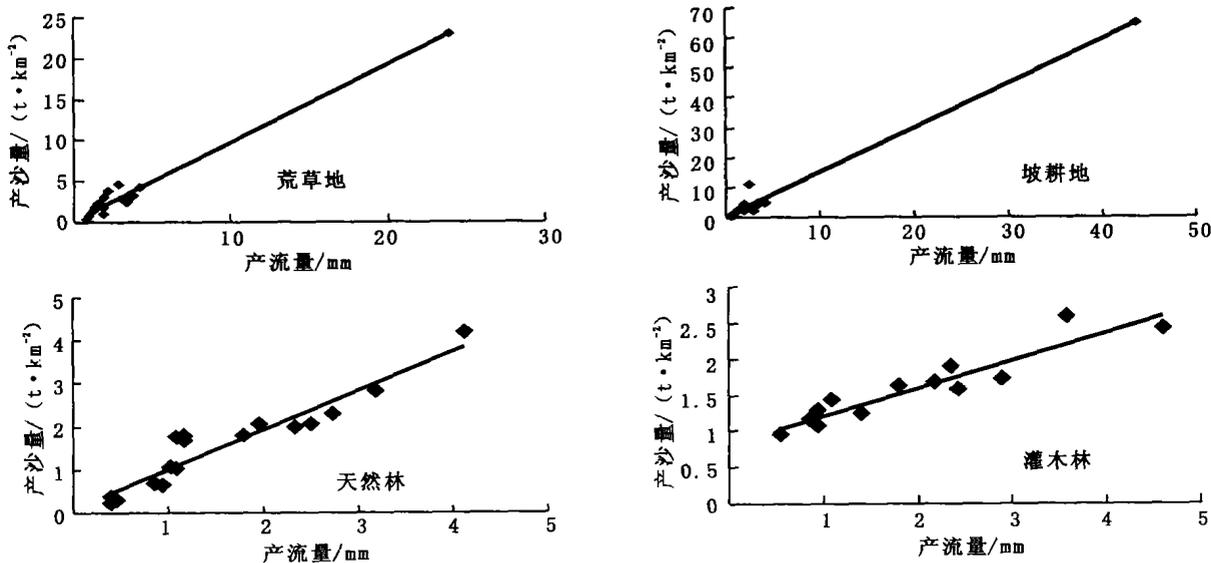


图1 不同地类坡面径流深与产沙量关系曲线

综上所述,不同的径流小区因土地利用方式、植被类型、盖度等因子的不同,使其蓄水保土、调节径流、抗侵蚀的能力有明显的差异,而其中以天然次生林地和灌木林地的水土保持功能最好。

4 结论

(1) 灌木林和天然次生林,有较好的调节径流和减少土壤流失的作用,二者的产流量分别比坡耕地减少64.0%和

63.7%,产沙量分别减少82.1%和74.5%;荒草地的产流产沙量分别比坡耕地减少19.9%和46.6%。

(2) 不同地类的坡面产流量与产沙量均与降雨量和10 min时段降雨强度呈显著幂函数关系。

(3) 不同地类的坡面产沙量均随径流深的增加呈线性显著增加,其中荒草地和坡耕地随产流量增加产沙量增加的幅度明显高于天然次生林和灌木林。

参考文献:

[1] 段志诚. 中甸县志[M]. 云南: 云南民族出版社, 1997.  
 [2] 向治安. 水文测验[M]. 北京: 水利电力出版社, 1985.  
 [3] M J柯克比, R P C 摩根. 土壤侵蚀[M]. 王礼先, 吴斌, 洪惜英译. 北京: 水利电力出版社, 1987.  
 [4] 陈奇伯. 花岗岩坡面降雨产流产沙相互关系的研究[J]. 水土保持科技情报, 1997, (4): 34-36.