

金沙江干热河谷封禁管护坡面的产流产沙特征

陈奇伯¹,王克勤¹,刘芝芹¹,李金洪²,田 波¹

(1. 西南林学院,昆明 650224;2. 云南省元谋县水保办,元谋 675000)

摘 要:运用坡面径流泥沙小区定位观测方法,2003 年雨季对金沙江元谋干热河谷水土流失封禁管护措施的坡面产流产沙特征进行了对比研究。结果显示,封禁管护措施有较好的调节径流和减少土壤流失的作用,其产流量比干扰荒草地减少 39.04%,产沙量减少 50.26%;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,复相关系数分别在 0.882 和 0.888 以上;产沙量与产流量之间的线性关系显著,相关系数在 0.929 以上。

关键词:金沙江;干热河谷;封禁管护;径流;泥沙

中图分类号:S157

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2006)04-0217-03

Characteristic of Runoff and Sediment Production on Slope Land of Enclosure for Recovering Vegetation in Dry-hot Valley of Jinsha River Basin

CHEN Qi-bo¹,WANG Ke-qin¹,LIU Zhi-qin¹,LI Jin-hong²,TIAN Bo¹

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

2. Office of Water and Soil Conservation of Yuanmou County, Yuanmou, Yunnan 675000, China)

Abstract:Characteristic of runoff and sediment production on slope land of enclosure for recovering vegetation is researched with the method of runoff plots observation in Yuanmou dry-hot valley of Jinsha River basin. The results show that enclosure for recovering vegetation is good at protecting water and soil from running off and erosion. The enclosure for recovering vegetation measure can decrease runoff amounts by 39.04%, and soil loss amounts by 50.26% than that on disturbed grassland. Runoff and soil loss have power function relationship with rainfall amounts and maximum rainfall intensity of 10 min and runoff has linear function relationship with soil loss amounts.

Key words: Jinsha River; dry-hot valley; enclosure for recovering vegetation; runoff; sediment

干热河谷是河流流域地形深陷封闭、气候炎热干燥生境条件下的特殊河谷盆地^[1]。金沙江干热河谷一般是指从四川省攀枝花市的金江街至云南省巧家县的对坪河谷段,云南省元谋盆地是金沙江干热河谷的典型区段。该区域热量丰富、光照充足,降雨少而且集中、蒸发量大,水热不平衡,植被恢复困难、生长量低、覆盖率低,生态功能和环境调控能力差。干热河谷大面积分布的干扰荒草地,是生态系统功能最差的脆弱退化生态系统类型,干扰荒草地的植被建设成功与否是该区生态环境全面改善的关键所在,而封禁管护是生态建设有效快捷的主要途径之一。因此,开展对金沙江干热河谷典型类型区封禁管护坡面的水土流失规律和治理效果研究,具有深远的理论指导和实践意义。

1 研究区概况

元谋县位于云南省楚雄州北部,北纬 25°23'~26°06',东经 101°35'~102°06'之间,幅员总面积 2 021.46 km²,地处金沙江及其一级支流龙川江河谷附近,属滇中高原的北部边缘。地势大致南高北低,龙川江自南向北而流纵贯全县汇入金沙江。境内最高海拔 2 835.9 m,最低海拔 898 m,相对高

差 1 937.9 m,东西两侧均向海拔 1 000 m 左右的元谋盆地下降,南面由南北顺龙川江呈阶梯状过渡到金沙江边,北部由高到低向金沙江倾斜,形成四周高、中间低的“筲箕凹”地形。

气候属低纬度亚热带至北热带半干旱高原季风气候,日照充足,光能资源丰富^[2]。年日照时数 2 670.4 h,太阳辐射年总量 6 420 MJ·m⁻²;热量充沛,积温高,夏季炎热,冬暖显著,年平均气温 21.9℃,10℃的年均积温 7 796.1℃;降水量少,蒸发量大,空气湿度低,气候干燥,多年平均降水量 613.9 mm,而且年际变化大,最多为 906.7 mm,最少为 287.4 mm,两者之比约 3.2 倍,蒸发潜量 3 847.8 mm,为降水量的 6 倍,6~10 月雨季受西南季风和东南季风的共同影响,降水量多达 542 mm,占全年的 92%,其中 6~8 月份降水最多,占全年的 62%。

由紫色砂页岩、砾岩及少量花岗岩、花岗片麻岩和石英岩风化形成的燥红土在河谷地带分布广泛,土层薄,石砾含量较高,保水性差,有效养分缺乏^[5]。

地带性植被类型为稀树灌木草丛,结构简单,种类单调。低草丛和灌草丛以扭黄茅(*Heteropogon contortus*)、旱茅

* 收稿日期:2005-08-17

基金项目:云南省自然科学基金重点项目(2001D00082Z);国家自然科学基金项目(30170779)

作者简介:陈奇伯(1965-),男,博士,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 40 余篇;通讯作者:王克勤(1964-),男,博士,教授。

(*Eremopogon delavayi*)、仙人掌(*Opuntia dillenii*)、龙舌兰(*Agave americana*)及散生的栎类(*Quercus spp.*)、余甘子(*Phyllanthus emblica*)、毛叶合欢(*Albizia mollis*)、马桑(*Coriaria sinica*)、小桐子(*J. curcas*)、滇刺枣(*Z. mauritiana*)为主。村寨道路等“四旁”则人工种植有散生的攀枝花(*Bombax malabaricum*)、罗望子(*Tamarindus indica*)、苦楝(*Melia azedarach*)、箭竹(*Sinarundinaria nitida*)等。20 世纪 70 年代以来引种了赤桉(*Eucalyptus camaldulensis*)和柠檬桉(*E. citriodora*)等树种^[3]。

全县森林覆盖率(不含灌木林)仅为 6.3%,而且分布不均,多集中在海拔较高的地区。宜林荒山面积多达 12 万 hm^2 ,河谷地带及海拔 1 500 m 以下的地区光山秃岭到处可见,水土流失严重,“土林”大面积发育,山崩、塌方、滑坡等灾害发生频繁,生态环境日趋恶化。

2 坡面径流小区布设

在元谋干热河谷典型地段,设置了三个水平投影面积为 5 m ×10 m 的径流小区,一个为干扰荒草地小区,两个为并排重复设置的封禁管护小区,干扰荒草地小区维持与自然状态下相似的经常性踩踏和割草,封禁管护小区禁止任何人为扰动,保持植被自然恢复。各坡面径流小区基本情况见表 1。在径流小区保护带 0~60 cm 厚土层内,每 20 cm 分层三次重复,测定土壤含水量、土壤容重、孔隙度等土壤物理性质指标,结果见表 2。

表 1 坡面径流小区基本概况

小区序号	小区类型	坡度/°	坡向/°	草被层郁闭度/%	草被层平均高/m
1号	干扰	7.8	NW20	28	0.15
2号	封禁	7.0	NW25	82	1.25
3号	封禁	7.0	NW25	75	1.18

表 2 径流小区土壤物理性质

小区类型	土层/cm	容重/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	毛管孔隙度/%	非毛管孔隙度/%	总孔隙度/%
干扰	0~20	1.73	35.40	5.12	40.52
	20~40	1.76	35.40	4.15	39.55
	40~60	1.77	34.45	4.20	38.65
封禁	0~20	1.32	40.80	12.07	52.87
	20~40	1.39	49.36	2.72	52.08
	40~60	1.40	46.81	2.62	49.43

3 研究结果分析

3.1 降水特征及变化

元谋干热河谷由于地势闭塞,海拔较低,东、西、南三面有高山,自东南和西南方向来的暖湿气流到此已是强弩之末,越山之后下沉,产生焚风效应,不仅使河谷地带降水减少,更加剧了干热程度。据元谋气象站多年的观测统计结果^[4],全年平均降水量 613.9 mm,雨季平均开始在 6 月 3 日,从 11 月到翌年 5 月长达 7 个月的干旱月份中,5 月份的降水占整个旱季降水量的 45.2%,全年最高月均温也在 5 月份,多年平均降水量(柱状)与气温变化(曲线)关系见图 1。

试验期间 2003 年雨季共降水 38 次,总降水量 350.33 mm,这一时期的降水仅占多年平均降水量 542.4 mm 的 64.59%,且雨季来的较迟,总雨量偏少。雨季降水量也分配不均,一方面 8 月和 10 月雨量过小,分别只有 28.8 mm, 15.3 mm,造成严重干旱;另一方面,6 月和 9 月降雨比较集中,分别为 100.7 mm,106.8 mm,易形成持续大雨,导致产生过多地表径流冲刷地表,造成水土流失。试验期间 2003 年和多年平均雨季降雨量及分布见表 3。

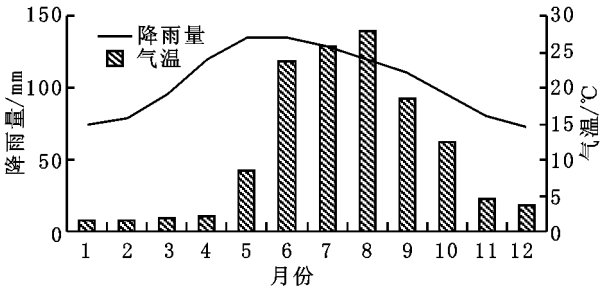


图 1 元谋气温与降雨量关系图

表 3 元谋干热河谷雨季 5~10 月降雨量表 mm

时 期	6	7	8	9	10	合计
多年平均	115.2	135.1	140.9	88.5	62.7	542.4
2003 年	100.7	98.7	28.8	106.8	15.3	350.3

观测期间,在全部降雨日数中,57.89%的降雨量低于 5.0 mm。日降雨量在 10 mm 以上的降雨量占总降雨量的 67.83%。降雨强度低于 5.0 mm/h 的降雨量占总降雨量的 65.18%,降雨强度超过 10.0 的仅占 4.2%。由此可以看出,本地日降雨持续时间长,而降雨强度不大,暴雨出现的机率比较小。

3.2 封禁管护坡面的水土保持效果

三个坡面径流小区 2003 年 6 月至 2003 年 10 月共 19 场产流降雨的特征值和产流产沙量观测统计结果见表 4。表 4 表明,不论坡面产流量和产沙量,有封禁措施的小区比干扰荒草地小区都小,雨季总产流量平均小 39.04%,总产沙量平均小 50.26%。表 1 显示,干扰小区和封禁治理小区的坡面坡度和坡向相似,但前者比后者的草被层郁闭度低 64.3%,草被层平均高低 87.7%。表 2 表明,干扰小区 0~20 cm 土层的土壤总孔隙度比封禁管护小区小 23.4%。因此,由于放牧和踩踏等干扰造成的土壤物理性能差,草被层郁闭度和平均高度低,导致降雨直接打击地面的机会增加,降雨入渗减少,产流量增大,冲刷力增强,最终造成干扰荒草地的水土流失趋于严重。

表 4 径流小区降雨产流产沙特征值

序号	降雨日期 (年·月·日)	降雨量 /mm	10 min 雨强 /($\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$)	径流深/mm			产沙量/($\text{t} \cdot \text{km}^{-2}$)		
				1号	2号	3号	1号	2号	3号
1	2003-06-16	11.05	18.0	2.03	2.34	2.73	3.55	3.72	2.09
2	2003-06-17	49.90	22.8	26.50	11.70	6.24	51.30	18.00	12.70
3	2003-06-19	7.10	3.6	1.01	2.34	2.73	0.97	2.38	2.79
4	2003-06-23	8.10	12.0	1.17	1.40	2.34	2.07	1.52	1.90
5	2003-06-27	12.50	6.2	2.50	2.34	3.90	1.39	3.11	1.90
6	2003-07-17	58.00	25.0	25.00	10.20	7.80	44.60	16.80	17.20
7	2003-07-19	5.80	2.0	1.33	1.25	1.56	1.21	0.69	2.69
8	2003-07-20	4.80	1.6	0.94	0.94	1.17	0.84	0.69	0.49
9	2003-07-21	19.50	11.8	6.47	4.37	5.85	8.22	2.33	7.19
10	2003-07-22	3.50	2.3	0.62	0.94	1.01	0.28	0.85	0.91
11	2003-07-26	5.20	1.8	0.82	0.78	0.78	0.34	0.57	0.75
12	2003-08-11	6.70	2.8	0.23	1.40	1.79	0.20	1.16	1.07
13	2003-08-22	2.30	2.4	0.47	0.08	0.08	0.13	0.03	0.02
14	2003-08-23	8.40	18.0	0.39	0.31	0.62	0.14	0.13	0.43
15	2003-08-26	2.00	11.4	0.23	0.08	0.16	0.13	0.04	0.11
16	2003-09-02	12.00	4.0	1.09	0.78	1.56	0.80	0.61	1.69
17	2003-09-18	14.10	45.0	1.25	0.78	1.56	1.28	1.37	1.23
18	2003-09-21	60.58	30.0	15.7	14.00	7.49	29.30	25.20	10.90
19	2003-09-22	9.70	3.7	3.12	3.51	1.87	5.31	4.48	1.52
合计		301.23		90.87	59.54	51.24	152.06	83.68	67.58

3.3 降雨与坡面产流产沙之间的关系

降雨是影响径流和产沙的重要因素之一,是坡面产流产沙的原动力,而径流与产沙的关系更直接^[6],因此探讨降雨、产流、产沙之间的相互关系,对于认识干热河谷坡面产流产沙特征显得很重要。表 4 径流小区观测结果表明,降雨量和最大 10 min 雨强分别与径流深、泥沙量之间存在一定的相关关系,并与幂函数模型 $y = ax$ 和 $y = axz$ 相适配。为此,根据这一数学模型对它们进行回归分析,得到各数学表达式如表 5。

表 5 降雨产流关系数学拟合模型

小区序号	小区类型	数学表达式	复相关系数	F 值	Sig 值
1 号	干扰	$W = 0.159 H^{1.2986} I_{10}^{-0.316}$	0.882	28.17 **	0.000
2 号	封禁	$W = 0.086 H^{1.466} I_{10}^{-0.202}$	0.908	37.47 **	0.000
3 号	封禁	$W = 0.088 H^{1.673} I_{10}^{-0.530}$	0.918	42.90 **	0.000

注:W——径流深,H——降雨量,I₁₀——最大 10 min 降雨强度。
回归分析结果表明,无论那个小区,降雨量、最大 10 min 时段降雨强度与产流量的相关关系非常密切,复相关系数分别为 0.882、0.908 和 0.918,均达到极显著相关水平。由回归方程可知,当降雨量增加 1% 时,1 号、2 号和 3 号径流小区的产流量则分别增加 0.71%、0.54% 和 0.56%,产流量的增长速率小于降雨量的增长速率。

表 6 降雨产沙关系的数学拟合模型

小区序号	小区类型	数学表达式	复相关系数	F 值	Sig 值
1 号	干扰	$S = 0.058 H^{1.706} I_{10}^{-0.373}$	0.888	29.81 **	0.000
2 号	封禁	$S = 0.028 H^{1.898} I_{10}^{-0.177}$	0.903	35.26 **	0.000
3 号	封禁	$S = 0.035 H^{2.006} I_{10}^{-0.498}$	0.893	31.52 **	0.000

注:S——产沙量,H——降雨量,I₁₀——最大 10 min 降雨强度。
对产沙量来说,如表 6 所示,三个小区中降雨量、最大 10 min 时段降雨强度与产沙量的关系也非常密切,其复相

参考文献:

[1] 张荣祖. 横断山区干热河谷[M]. 北京:科学出版社,1992. 324 - 364.
[2] 付美芬,高洁. 影响元谋植被恢复与造林成败的主要气象条件及其对策[J]. 西南林学院学报,1997,17(2):36 - 42.
[3] 王克勤. 集水造林与水分生态[M]. 北京:中国林业出版社,2002. 68 - 96.
[4] 李昆,陈玉德. 元谋干热河谷人工林地的水分输入与土壤水分研究[J]. 林业科学研究,1995,8(6):651 - 65.
[5] 陈奇伯,王克勤,李艳梅,等. 金沙江干热河谷不同类型植被改良土壤效应研究[J]. 水土保持学报,2003,17(2):67 - 70.
[6] 陈奇伯,寸玉康,刘芝芹,等. 滇西高原不同地类坡面产流产沙规律研究[J]. 水土保持研究,2005,12(2):71 - 73.

(上接第 216 页)

5 结 语

陇川县章凤镇灾毁耕地复垦整理项目实施后,耕作层厚度增加,土壤养分增加,耕地生产力提高,农业生产条件改善,耕地潜力将得到更好的发挥,新增耕地面积 704.38

参考文献:

[1] 吴飞,李闽,陈江龙,等. 土地开发整理投资估算分析方法探析[J]. 土壤,2004,36(4):359 - 364.
[2] 王秀茹,韩兴,朱国平,等. 关于土地开发整理与生态环境问题的分析[J]. 水土保持研究,2004,11(3):151 - 153.
[3] 邵景安,刘秀华,魏朝复,等. 重庆市不同经济类型区土地整理研究[J]. 水土保持学报,2004,18(5):179 - 183.
[4] 国土资源部土地整理中心. 土地开发整理标准[M]. 北京:中国计划出版社,2000.
[5] 张开平,蒋成花. 云南省小江流域砂化土地整理研究[J]. 水土保持研究,2004,11(1):63 - 64.
[6] 杨莉琳,毛任钊. 张北县水土资源高效利用的模式与技术探讨[J]. 水土保持学报,2004,18(2):105 - 108.
[7] 杨莉琳,毛任钊,李红军. 怀来县水土资源高效利用模式与农业节水技术探讨[J]. 水土保持研究,2004,11(1):27 - 30.

关系数分别达到 0.888、0.903、0.893,均达到极显著相关水平。

3.4 坡面产流与产沙之间的关系

根据表 4 观测结果,对三个小区产流与产沙特征值的分析发现,径流量与产沙量之间具有十分明显的直线相关关系,建立三个小区产沙量 S 与产流量 W 之间的相关方程,其结果如表 7。

表 7 元谋各小区产流与产沙相关方程表

小区序号	小区类型	相关方程	相关系数	F 值	Sig 值
1 号	干扰	$S = -1.48 + 1.8676W$	0.929	107.52 **	0.000
2 号	封禁	$S = -1.0692 + 1.8982W$	0.997	2899.23 **	0.000
3 号	封禁	$S = -0.9757 + 1.7166W$	0.985	559.19 **	0.000

从表 7 可以看出,三个小区产沙量与产流量之间的线性关系复相关系数分别为 0.929、0.997 和 0.985,均达到极显著相关水平。同时,产沙量都随着产流量的增大而增加。因此,无论那个小区,都表明了产流与产沙之间的关系比降雨特性与产沙之间的关系更直接更密切。

4 结 论

(1) 由于土壤物理性能差、草被郁闭度和高度低,不论坡面产流量和产沙量,有封禁措施的小区比干扰荒草小区都小,产流量平均小 39.04%,产沙量平均小 50.26%。

(2) 封禁管护和干扰小区的坡面产流量与产沙量分别与降雨量和时段最大雨强 I₁₀ 都呈显著幂函数关系,复相关系数分别在 0.882~0.918 和 0.888~0.903 之间。说明坡面产流量和产沙量都随降雨量和时段最大雨强的增大而增加。

(3) 坡面产流量与产沙量之间存在十分明显的直线关系,相关系数达到 0.929 以上,表明产流与产沙之间的关系比降雨特性与产沙之间的关系更直接更密切,因此坡面土壤侵蚀过程及侵蚀量都与坡面产流过程和产流量紧密相关。