

模拟暴雨条件下珠江上游不同地被产流产沙过程研究

孟广涛¹, 毛 蓉², 方向京¹, 和丽萍¹, 柴 勇¹, 李贵祥¹, 张正海¹

(1. 云南省林业科学院, 昆明 650204; 2. 昆明理工大学, 昆明 650093)

摘 要: 利用人工模拟降雨, 以裸地为对照, 对珠江上游耕地、退耕地、滇石栎、圣诞树、云南松五种地被进行产流产沙试验研究。结果表明, 6 种不同地被产流产沙过程都遵循二次函数方程分布, 产沙量大小依次为裸地> 耕地> 退耕地> 圣诞树> 滇石栎> 云南松。枯枝落叶层具有良好的水土保持功能。裸地和耕地是该地区侵蚀产沙的主要来源, 退耕还林还草、建立生态防护林体系是保持水土和减少泥沙的有效措施。

关键词: 人工模拟降雨; 地被; 珠江上游; 产流产沙过程

中图分类号: S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)01-0287-02

Study on Process of Runoff and Sediment Yield in the Different Forest Floor of Upper Reaches of Zhujiang River on Simulated Rainfall Condition

MENG Guang-tao¹, MAO Rong², FANG Xiang-jing¹, HE Li-ping¹,

CHAI Yong¹, LI Gui-xiang¹, ZHANG Zheng-hai¹

(1. Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650204;

2. Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract: Using artificial simulated rainfall, the process of runoff and sediment yield was conducted in farmland, in returned farmland, in woodland of *Lithocarpus dealbatus*, *Acacia dealbata*, *Pinus armandi* in contrast to the bareland. The results showed, the process of runoff and sediment yield were quadratic distribution in the six different forest floor. The sediment of the above-mentioned forest floor are successively bareland> farmland> returned farmland> *Acacia dealbata*> *Lithocarpus dealbatus*> *Pinus yunnanensis*. The litter are efficient in soil conservation. The bareland and farmland represent the main source of sediment yield, and returning of farmland to forest or grassland and building eco-forestry (grass) system is an effective measure for soil conservation and reducing sediment.

Key words: artificial simulated rainfall; forest floor; upper reaches of Zhujiang River; process of runoff and sediment yield

珠江流域上游位于云南省东部, 总面积约 5.77×10^5 km², 占全省总面积的 15.06%, 地理坐标为北纬 $23^{\circ}09' \sim 26^{\circ}44'$ 与东经 $102^{\circ}16' \sim 106^{\circ}12'$ 。流域内的山脉均属云岭山系的东南支脉, 为中山或低山山地, 切割均较剧烈。流域内气候类型多样, 年均气温 $12.2^{\circ}\text{C} \sim 20.5^{\circ}\text{C}$; 多年平均降雨量为 1 070 mm, 其中湿季(5~10 月)占 80% 左右; 土壤类型有红壤、赤红壤、紫色土、石灰土等。地带性植被以壳斗科栲属、青冈属常绿树种组成的常绿阔叶林, 但破坏严重, 仅残存有小面积分布, 云南松林在本区分布最广, 为现存森林的主要类型。流域现有水土流失面积占总面积的 40.47%, 已对下游地区的可持续发展带来了严重的危害。本文针对珠江上游的典型土地利用类型, 利用人工模拟降雨技术, 研究其产流产沙规律, 旨在为本区的生态恢复提供一些理论依据。

1 研究区概况

试验区位于珠江上游的富源县, 地处云南东部, $25^{\circ}02'38'' \sim 25^{\circ}58'22''\text{N}$, $103^{\circ}58'37'' \sim 104^{\circ}49'48''\text{E}$ 。全县气候属季

风型山地气候, 年均气温 13.8°C , 日照 1 819.9 h, 降雨 1 093.7 mm, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温 $4\,024^{\circ}\text{C}$ 。地势北高南低, 由西北向东南略有倾斜, 最高海拔 2 748.3 m, 最低海拔 1 110 m。以中山山地为主, 山脉沿断裂带呈南北向展布, 河流依山切割, 山高谷深。土壤以红壤、黄壤、黄棕壤为主。本区属亚热带半湿润常绿阔叶林区域, 森林覆盖率 32.0%, 试验区的原生植被早已破坏殆尽, 现有森林多以退化的云南松次生林和青冈、栎类灌木为主, 不少林地多演化为灌木林和草地。由于受地形条件的影响, 过度的耕地开垦, 森林资源分布不均衡, 造成了严重的水土流失, 水土流失面积占总面积 45.50%, 水土流失以面蚀为主, 其次是沟蚀。

2 试验方法

本试验针对珠江上游常见的耕地、退耕地、滇石栎、圣诞树、云南松 5 种地被, 以裸地为对照进行人工模拟降雨实验, 于 2005 年 6 月 28 日选择有代表性的试验点, 利用铁锹、铲子和刀等工具在野外将 $50\text{ cm} \times 50\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ 的土样从四

* 收稿日期: 2006-03-31

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目“珠江流域上游生态恢复重建模式研究”(2000-K01-04-05-02)

作者简介: 孟广涛(1969-), 男, 副研究员, 主要从事森林生态和水土保持研究工作。

周切割断,然后用 50 cm×50 cm×20 cm 的土框将保持原状的土样带回室内进行人工模拟降雨实验。各试验点的外界环境条件基本一致,包括土壤条件、海拔高度、坡向、坡度等。

人工模拟降雨采用中科院水土保持研究所研制的野外侧喷式降雨装置,降雨高度为 4.5 m,有效降雨面积为 8.4 m²。降雨强度通过压力表和孔板半径调节,坡度可任意调节。本次试验降雨强度选择 84 mm/h,坡度为该地区常见坡度 25°。

本研究采用的人工模拟降雨方式为:在雨滴到达地面的时候开始计时,记录下产流时间,产流后用水桶收集地表径流。之后,每隔 5 min 记录一次径流量,同时取一次水样,并将水样烘干,称得泥沙干重,换算出泥沙含量。当 5 min 的径流量基本达到稳定时,停止降雨。

利用 Excel 对产流产沙过程作图,利用 SPSS for Windows 软件对数据进行分析并作回归。

3 实验结果与分析

3.1 产流过程

对产流过程试验结果进行线性回归,根据相关系数大小选定产流曲线,结果见表 1。从表 1 可以看出,6 种不同地被都遵循二次函数方程 $R=b_0+b_1t+b_2t^2$ 分布, b_0 随径流量增大而减小, b_1 、 b_2 随径流量增大而增大。其分布见图 1。由图中可以看出,裸地径流量最大,耕地、云南松、圣诞树、退耕地、滇石栎依次递减,但从图上可看出,耕地有赶超裸地的趋势。由于滇石栎、退耕地、圣诞树、云南松地表都有不同厚度的枯落物存在,这些枯枝落叶不断累积和分解,补充林地养分,改良林地土壤结构。由于其缓冲作用,减轻了雨滴对地面的溅蚀,提高土壤的入渗率,同时通过枯枝落叶的吸水作用以及提高地面的糙率,减缓了地面径流,从而减小侵蚀量^[1]。而裸地和耕地地表没有保护,在雨滴的直接打击下,表层土壤被击实,同时土壤颗粒被溅起或被流水带动,堵塞了表层土壤的孔隙,降低了土壤的入渗率^[2],地表径流增加。特别是耕地,由于经常翻耕,土质疏松,在侵蚀性暴雨条件下这种现象非常严重。

表 1 人工模拟降雨产流过程回归方程			
地被类型	雨强/(mm·h ⁻¹)	回归方程	相关系数
裸地	84	$R=-481.61+171.345t+1.8786t^2$	0.999
耕地	84	$R=-458.54+153.758t+2.0098t^2$	0.998
退耕地	84	$R=-71.167+75.9955t+0.9530t^2$	0.999
圣诞树	84	$R=-133.66+87.0893t+0.8369t^2$	0.999
滇石栎	84	$R=-15.714+12.2619t+0.8238t^2$	0.998
云南松	84	$R=-347.68+105.917t+1.3071t^2$	0.998

注: t_p — t_p 、 T 为降雨历时, t_p 为产流临界时间。

3.2 产沙过程

利用人工模拟降雨试验,通过对产流的定时取样和泥沙含量的测定,对珠江源常见的 5 种地被产沙过程进行研究,并与裸地的产沙过程进行比较、分析,见图 1 和图 2。从图 1 可以看出,在均匀降雨条件下,产沙过程并不平稳,除裸地、云南松外通常初期产沙量较多,以后随时间递增减少,到一定时间出现一个峰值,然后泥沙量开始下降并趋于稳定状态。而裸地刚开始含沙量趋于稳定,到一定时间(20 min 左右)出现峰值并趋于稳定。云南松在刚开始出现峰值后并迅速下降,逐步趋于稳定。虽然不同地被刚开始径流泥沙量都较大,但由于径流量小,故泥沙累积量也偏低,如图 2。但对

于裸地和耕地来说,随着土壤含水率增加到一定,降雨逐渐转化为地表径流,径流冲刷能力加大,侵蚀加剧,泥沙量迅猛增加,并随着径流量的稳定而趋于稳定^[3]。而其它地被由于枯落物不同程度的阻流和过滤作用,泥沙量较上述两种地类较低。根据对产沙资料的分析可知,6 种地被的泥沙累积量随时间的变化符合二次函数方程 $R=b_0+b_1t+b_2t^2$, 见表 2。

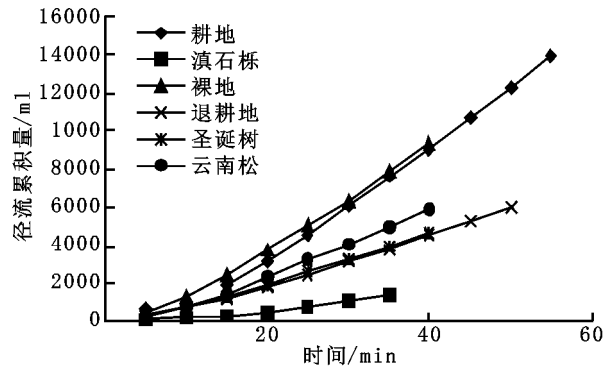


图 1 84 mm/h 雨强下径流累积曲线图

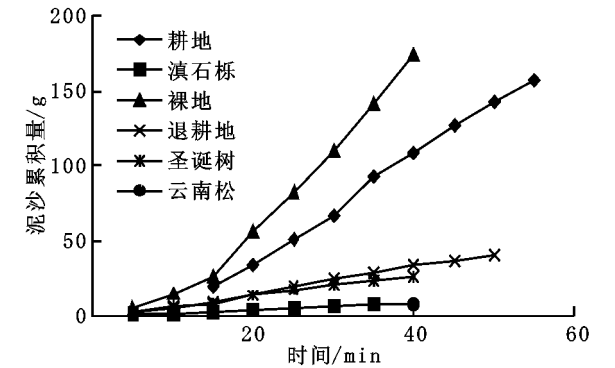


图 2 84 mm/h 雨强下泥沙累积曲线图

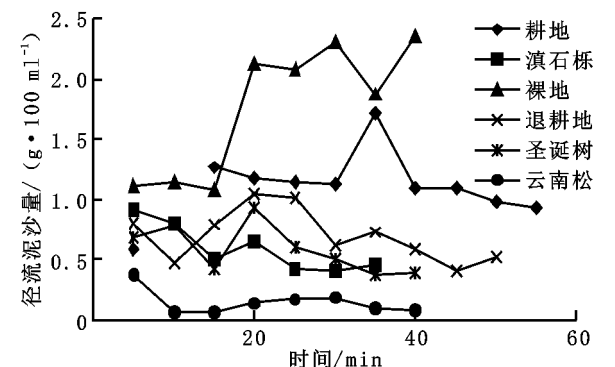


图 3 84 mm/h 雨强下径流泥沙量变化曲线图

表 2 人工模拟降雨产沙过程回归方程			
地被类型	雨强/(mm·h ⁻¹)	回归方程	相关系数
裸地	84	$S=-13.053+2.2331t+0.174t^2$	0.993
耕地	84	$S=0.0263+0.5664t+0.0088t^2$	0.998
退耕地	84	$S=-3.7118+0.9707t-0.0012t^2$	0.993
圣诞树	84	$S=-2.4984+0.8797t-0.0036t^2$	0.993
滇石栎	84	$S=-0.0977+0.1443t+0.0020t^2$	0.998
云南松	84	$S=0.1273+0.1356t+0.0018t^2$	0.972

由表 1 和表 2 可以看出,这 6 种地被,其产流与产沙过程极为相似,从这一现象可以看出径流量与泥沙量,产流过程与产沙过程之间关系密切,通过对这 6 种地被的径流累积 (下转第 294 页)

来水大增,河势游荡,加之两岸自然植被稀疏,洪水冲刷两岸,侵蚀土地,造成大量的水土流失,通过采用工程与生物相结合的措施对其进行整治,规范河势游荡范围,改善河道周边自然生态环境,逐步恢复河道自然生态环境,防止水土流失。

6.5 搞好水土流失治理,改善生态环境

“改善生态环境是关系中华民族生存和发展的长远计划,也是防御旱涝等自然灾害的根本措施”之一。博州地区水土流失严重,博河河谷南北两侧山地、河谷平原区都存在不同程度、不同类型的水土流失,水土流失面积约占流域面积的 30%,尤其是河谷平原区的水土流失已使部分耕地严重退化,群众的基本生产、生活条件受到严重威胁。由于山前暴雨导致山洪暴发,进而危及下游。防治山洪必须采取综合措施,统筹兼顾,在加快以治理山洪沟为主要目的的小流域综合治理步伐的同时,应采取生物措施与工程措施进行综合治理,加强水源涵养,疏导山洪通道。

6.6 加强防洪非工程措施建设,加强对防洪减灾政策的研究

洪水是自然现象,单纯依靠工程措施达到防洪减灾是不够的,还必须不断地对这一自然现象进行研究,加深认识,在实施防洪工程措施的同时,还要加强防洪非工程措施建设和政策研究,建立一个科学、有效的防洪体系,使经济、社会、环境健康地发展。

(1) 全面贯彻执行《水法》、《防洪法》、《河道管理条例》,使防洪减灾资金筹措与投入,防洪工程管理和调度,防洪队伍建设与使用,以及社保体系等逐步立法正规,在法制调控下有秩序地进行,做到依洪防洪。

(2) 使用现代科技,研究洪水和洪灾的自然规律及防洪减灾参考文献:

[1] 新疆博州水利水电勘测设计院. 博河、精河流域规划修编总报告[R] . 2002.
[2] 新疆博州水利局, 等. 新疆博尔塔拉蒙古自治州山洪灾害防治规划报告[R] . 2004.
[3] 徐乾清. 中国防洪减灾对策研究[M] . 北京: 中国水利水电出版社, 2002.
[4] 富曾慈. 水利规划设计[Z] . 水利部水利水电规划设计总院, 2001. 30~ 34.
[5] 王凯博. 博河、精河流域防洪减灾对策探讨[J] . 水土保持研究, 2004, 11(3) : 260~ 264.

(上接第 288 页)

量与泥沙累积量之间关系进行分析,得出坡面径流累积量与土壤侵蚀量间存在着极为密切的正线性关系,如表 3。

地被类型	雨强/(mm · h ⁻¹)	回归方程	相关系数
裸地	84	$S = -12.884 + 0.0195R$	0.992
耕地	84	$S = -2.27827 + 0.0119R$	0.997
退耕地	84	$S = 1.2149 + 0.0070R$	0.985
圣诞树	84	$S = 1.5137 + 0.0057R$	0.981
滇石栎	84	$S = 0.6453 + 0.0049R$	0.992
云南松	84	$S = 0.5312 + 0.0013R$	0.984

注: S——泥沙累积量, R——径流累积量。

4 珠江上游地被水土保持效益探讨

近年来由于珠江流域水土流失严重,因此人们开始了植被保持水土有效性的探讨,但对其地被的水土保持效益关注较少。现就本试验对珠江上游地被水土保持效益进行探讨。将雨强为 84 mm/h 时 6 种地被的泥沙量换算成单位时间内

参考文献:

[1] 郭百平, 等. 暴雨条件下沙棘林减水减沙效益研究[J] . 人民黄河, 1997, (2) : 26~ 28.
[2] 杨立文, 石清峰. 太行山主要植被枯枝落叶层的水文作用[J] . 林业科学研究, 1997, 10(3) : 283 ~ 288.
[3] 刘小勇, 吴普特. 硬地面侵蚀产沙模拟试验研究[J] . 水土保持学报, 2003, 14(1) : 33~ 37.
[4] 孟广涛, 等. 滇中高原山地防护林体系水土保持效益研究[J] . 水土保持通报, 2001, 21(1) : 66~ 69.

灾措施,加强水文自动测报系统的建设,提高水文预报精度,建设可靠、准确的洪水预警预报系统,实现及时高效处理。

(3) 要以小流域为单元,加强全流域防洪体系建设和管理的研究。制定符合实际情况的、具可操作性的防洪减灾预案。

(4) 建立防洪基金。建立防洪基金可广开防洪资金渠道,改变过去防洪经费仅由国家财政负担的状况。应逐步建立防洪基金制度,征收范围应坚持“谁受益,谁出资,多受益,多出资”的原则。防洪基金主要用于防洪保护区内灾后救济和恢复生产;补助防洪工程运行管理、维修和加固费用;补助新增防洪措施费用。为了筹集和管理好防洪基金,需要建立起由地方政府领导为主,吸收水利、财政、银行、税收等有关部门参加的防洪基金委员会,制定规章、办法,负责基金的征收使用和监督等。

(5) 建立防洪保险。所谓防洪保险是指在国家规定的条件下防洪区内的企业或个人通过保险,利用投保每年交纳并积累起来的保险费用去补偿因洪水灾害造成的损失。防洪保险可以降低国家救灾费用,同时对受灾区人民生活保障和经济迅速恢复都有重要意义。但是,防洪保险不同于商业性人身保险和财产保险,因为防洪保险必须在较大范围内以国家的名义强制性或半强制性地进行的,并且需要政府给予扶持和管理。因此建议尽快制定防洪保险政策以便辅助防洪。

(6) 防洪减灾是全社会的系统工程,需要全社会来关心支持,需要超脱部门和地方利益,服从整体利益,协调好防洪减灾与国土治理、城镇规划、水资源保护、水电开发等各方面的关系,通力合作,才能建成一个科学、有效、可靠的防洪减灾体系,服务于全社会。

的土壤侵蚀量,以裸地为对照,耕地、退耕地、圣诞树、滇石栎、云南松的减沙效益分别为 34.17%、81.12%、84.67%、95.13%、95.39%。由于滇石栎和云南松地表覆有较厚的枯枝落叶层,使降雨不能直接接触地表面,雨滴动能被枯枝落叶所消耗,地表泥沙不产生飞溅,同时由于其强化土壤入渗和过滤作用,使雨水以壤中流或地下径流的形式流出,径流泥沙含量极少^[2],但在强化土壤入渗、减少地表径流方面云南松不如滇石栎。而退耕地、圣诞树地表也有不同程度的枯落物,但其盖度低,拦截泥沙效果没上述两种地被好,但也很明显。耕地虽然泥沙量比裸地低,但其大面积的存在,仍是该地区侵蚀产沙的主要来源。

根据以上试验可发现,枯枝落叶层可强化土壤入渗量、保护地表和过滤作用,减少土壤侵蚀量,应尽量保持。裸地和耕地,尤其是占大比例的耕地是珠江上游头侵蚀产沙的主要来源。因此实施退耕还林还草,建立生态防护林体系是保护生态环境,减少水土流失的有效措施^[4]。