

重庆市缙云山不同林分对坡面产流的影响

申彦科^{1,2}, 王玉杰^{1,2}, 齐娜^{1,2}, 杨小梅^{1,2}, 李耀明^{1,2}, 成晨^{1,2}

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 2. 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

摘 要: 针对三峡库区理水调洪型植被的建设问题, 在三峡库区重庆缙云山 4 种典型林分(混交林、阔叶林、楠竹林和灌木丛)建立坡面径流小区, 对天然降雨过程和由降雨产生的地表径流进行观测。结果表明, 不同林分地表径流的平均值, 从大到小依次为楠竹林、阔叶林、混交林和灌木丛, 分别是 3.094, 1.972, 1.751 和 1.170 mm。混交林、阔叶林和灌木林的林地地表径流量, 均小于楠竹林的地表径流量, 且三者之间差异不显著。不同林分地表径流量与降雨量存在显著的相关关系, 与降雨强度关系不显著。在同一降雨条件下, 不同林分地表径流变化趋势存在一定差异, 且均是楠竹林地表径流量最大。因此, 重庆缙云山不同林分中, 灌木丛理水调洪功能最强, 楠竹林理水调洪功能最差。

关键词: 缙云山; 植被类型; 地表径流

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)05-0080-05

中图分类号: S727.22

Effect of Different Vegetation Types on Runoff Generation of Slope Land in Jinyun Mountains of Chongqing City

SHEN Yan-ke^{1,2}, WANG Yu-jie^{1,2}, QI Na^{1,2},
YANG Xiao-mei^{1,2}, LI Yao-min^{1,2}, CHENG Chen^{1,2}

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Key Lab of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of the Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: To study the effects of different vegetation types on runoff generation on slope land in the Three Gorges reservoir area of the Yangtze River, 4 standard runoff plots with different vegetation types were laid out in the Jinyun Mountains, Chongqing City. The different vegetation types included mixed broadleaf—conifer forest, broad-leaved forest, *Phyllostachys pubescens* forest, and shrub. Rainfall and surface runoff from the plots were measured. Results show that vegetation types, in terms of the averaged value of surface runoff depth, were ranged in the order of *Phyllostachys pubescens* forest > broad-leaved forest > mixed broadleaf—conifer forest > shrub. Surface runoff depths for the vegetation types are found to be 3.094, 1.972, 1.751, and 1.170 mm. The amount of surface runoff in selected arbor forestlands is smaller than that in *Phyllostachys pubescens* forest and significant difference in the amount of surface runoff does not exist in mixed broadleaf—conifer forest, broad-leaved forest, and shrub. The correlation between rainfall amount and surface runoff in forestlands is significant and the correlation between rainfall intensity and surface runoff in forestlands are not notable. Under the same rainfall condition, the variation tendencies of surface runoff in these types of forestlands are different and the amount of surface runoff in *Phyllostachys pubescens* forest is always the largest.

Key words: Jinyun Mountains; vegetation type; surface runoff

人类利用森林措施改造自然的过程中, 森林对径流的影响是森林水文学研究的一个重要课题。径流反映了流域地质、土壤、地形、植被和气候等一些综合水

文特征, 是衡量森林控制土壤侵蚀、涵养水源、削峰滞洪等效应的基本指标^[1,7]。径流是造成坡面水土流失的主要动力之一, 一般情况下, 径流量越大, 发生水土

收稿日期: 2008-01-17

修回日期: 2009-02-05

资助项目: “十一五”国家科技支撑项目“重庆北部水源地水源涵养林构建技术试验示范”(2006BAD03A1802); 国家自然科学基金项目(30671661)

作者简介: 申彦科(1984—), 男(汉族), 山西省长治市人, 硕士研究生, 研究方向为山地灾害防治工程。E-mail: shibao0301@163.com。

流失的可能性就越大。因此,在研究坡面产流时,森林植被对流域径流的形成过程和形成机制等情况受到人们的普遍关注^[2-3]。大量研究^[4-8]发现植被的存在可减少地表径流量,不同树种不同林分结构产生的效应也不相同。长江流域主要属于亚热带气候,雨量充沛,水量丰富。流域上游面积大,比降大,森林植被破坏严重,因此暴雨季节,洪水汇集,造成了中下游特大洪水灾害。目前三峡库区有70多个植被类型,其中森林类型占25个,这些多种多样的植被类型对当地的水文过程具有不同的作用^[8-9]。重庆缙云山位于三峡工程库区尾端,拥有完整的亚热带常绿阔叶林群落类型,并在一定程度上反映了中亚热带森林生态系统的天然本底,是研究森林涵养水源和理水功能的天然实验室^[10]。本研究在重庆缙云山选取4个不同林分的小区作为研究对象,进行降雨与径流过程的实时观测。对观测数据进行了分析,定量研究了植被对径流的影响。研究结果可对该区正确选择调控地表径流形成过程的相应措施,具有重要理论和现实指导意义。

1 研究区基本概况

研究区位于重庆市北碚区境内,嘉陵江小三峡之温塘峡西岸,东经106°22',北纬29°45',海拔350~951.5 m。年平均气温13.6℃,降水量1611.8 mm,年均日照1293.9 h。土壤以酸性黄壤及水稻土为主,水平地带为典型的中亚热带常绿阔叶林生物气候带。缙云山植物资源丰富,主要植被类型为常绿阔叶林、暖性针叶林、竹林、常绿阔叶灌丛,另外还有亚热带灌草丛和水生植被。主要优势树种为四川大头茶(*Gordonia acuminata* Chang)、白毛新木姜子(*Neolitsea aurata* var. *glauca*)、马尾松(*Pinus massoniana*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、樟(*Cinnamomum camphora*)、华山松(*Pinus armandii*)、和山矾(*Symplocos setchuensis*)等^[11]。

在该自然保护区内,选取主要4个典型林分(混交林、阔叶林、楠竹林和灌木林),对其水文特性进行研究。试验地的基本情况见表1—2。

表1 径流小区不同林分基本状况

林地类型	海拔/m	坡度/(°)	坡向	郁闭度/%	地木盖度/%	土壤层厚度/mm	枯落物厚度/mm
混交林	760	25	西北	0.8	30	99	3.5
阔叶林	825	30	西北	0.8	20	121	3.4
楠竹林	800	10	北	0.7	50	90	1.5
灌木林	860	8	北	0.9	50	120	4.5

表2 重庆缙云山不同林分的植物组成

林地类型	主要树种	主要下木	主要地被物
混交林	四川大头茶、马尾松、四川山矾(<i>Symplocos setchuensis</i> Brand.)、四川杨桐(<i>A. dinandra bockiana</i> Pritz. ex Diels)	柃木(<i>Eurya japonica</i>)、光叶山矾(<i>Symplocos lancifolia</i> Sieb. et Zucc.)、四川杨桐(<i>A. dinandra bockiana</i> Pritz. ex Diels)、白毛新木姜子(<i>Neolitsea aurata</i>)、罗浮柿(<i>Diospyros morrisiana</i> Hance)	蕨类(<i>Pteridiaceae</i>)、狗脊蕨(<i>Woodwardia japonica</i>)、里白(<i>Diplazium glauca</i>)、淡竹叶(<i>Lophantherum gracile</i> Brongn.)
阔叶林	四川大头茶、白毛新木姜子、四川杨桐	小叶栲(<i>Castanopsis carlesii</i>)、贵州鼠李(<i>Rhamnus esquirolii</i> Levl.)、四川山矾(<i>Symplocos setchuensis</i> Brand.)、柃木(<i>Eurya japonica</i>)	蕨类、狗脊蕨、淡竹叶
楠竹林	楠竹(<i>Phyllostachys pubescens</i> Mazel ex H. de Lehaie)	杜茎山(<i>Melastoma indica</i>)、菝葜(<i>Smilax</i> L.)、地瓜藤(<i>Ficus virens</i> Ait. var.)、草珊瑚(<i>Sarcandra glabra</i>)	蕨类、竹叶草(<i>Oplismenus compositus</i>)、异叶冷水花(<i>Pilea pumila</i>)、鸭跖草(<i>Commelina communis</i> Linn)
灌木林	山矾、广东山胡椒(<i>Piper nigrum</i>)、白毛新木姜子、赤杨叶(<i>Alniphyllum</i>)	润楠(<i>Machilus nanmu</i> H.)、杉木(<i>Cunninghamia lanceolata</i>)、柃木(<i>Eurya japonica</i>)	蕨类、黄花(<i>Hemerocallis fulva</i>)、野筒蒿(<i>Gynura casscrepidioides</i>)、小白酒草(<i>Conyza canadensis</i>)

2 研究方法

2.1 降雨观测

研究区林外空旷地设置具有 CR10X 数据采集器的全自动气象站 1 个,观测内容包括降雨、风、蒸发量、空气温湿度和土壤温湿度等,各种观测仪器能自动实时记录观测到的数据并保存。其中记录降雨的仪器为 TE525MM 雨量计,每 10 min 记录一个数据。

2.2 径流量观测

在选取的 4 个典型林分内,分别布设 4 个标准径流小区(5 m × 20 m)。小区四周围墙采用混凝土预制板,围墙下端为集流槽(宽深均为 24 cm)。集流槽下端有混凝土浇筑的挡墙,墙体留有水孔,在墙的上方深处集流槽处做反滤层,并用管将径流引入观测房,房内放置径流测定仪器。观测房下方设有排水渠,沿径流场的上方和两侧筑有截水沟,用以拦截径流小区四周坡地上来的非观测径流。

在径流小区内,降雨产生的坡面径流在集流槽聚集,水流通过集流槽下端导管进入观测房,每个观测房配置了 T9801 型多通道微电脑全自动翻斗式流量计,自动监测记录不同小区的地表径流的变化过程。采用 SPSS 软件处理相关数据。

3 结果分析

3.1 不同植被类型林地地表产流差异

选取了 2003—2004 年 6—10 月实测的 23 场降雨及该降雨条件下坡面径流监测数据,结果见表 3。

从表 3 可见,在 23 场降雨过程中,不同植被类型地表径流的平均值,从大到小为楠竹林(3.094 mm)、阔叶林(1.972 mm)、混交林(1.751 mm)、灌木丛(1.170 mm)。

将观测到的 23 场降雨的数据作为小样本,采用差异显著性检验(独立样本 t 检验)的方法,对不同植被类型林地地表径流量进行显著性分析,结果见表 4。

表 3 不同林分地表径流产流特征

场次	降雨量/ mm	平均降雨强度/ (mm · h ⁻¹)	地表径流量/mm			
			混交林	阔叶林	楠竹林	灌木丛
2003-06-01	22.2	2.47	0.650	0.741	1.775	0.535
2003-06-05	25.0	2.50	0.700	0.758	1.815	0.560
2003-06-22	58.2	3.88	2.347	2.628	4.426	1.589
2003-06-25	85.5	3.42	3.576	3.949	6.460	2.275
2003-06-30	94.3	5.89	5.296	5.514	7.639	3.066
2003-07-07	15.3	1.53	0.330	0.634	0.835	0.435
2003-07-16	19.6	6.53	0.992	1.234	1.820	0.810
2003-07-19	126.4	8.43	6.542	6.559	9.264	4.231
2003-08-14	37.2	2.33	1.471	1.939	2.910	1.135
2003-09-01	12.5	0.78	0.093	0.137	0.390	0.098
2003-09-20	27.0	1.13	0.523	0.734	1.735	0.522
2003-09-29	35.7	7.93	1.428	1.723	2.993	0.808
2004-07-16	73.9	9.24	2.920	3.560	5.142	2.199
2004-07-19	18.9	18.90	1.078	1.536	2.579	0.774
2004-08-13	12.2	12.20	0.178	0.198	0.450	0.112
2004-08-14	13.3	6.65	0.155	0.168	0.435	0.131
2004-08-20	62.4	6.24	2.466	2.994	4.568	1.605
2004-08-23	19.2	2.74	0.349	0.524	0.770	0.395
2004-08-24	32.2	4.03	1.354	1.565	2.376	0.716
2004-09-04	65.4	8.72	3.102	3.118	4.736	1.990
2004-09-05	90.0	5.29	3.965	4.279	6.768	2.521
2004-09-07	29.2	1.83	0.474	0.531	0.727	0.210
2004-09-19	20.0	2.22	0.290	0.335	0.549	0.196
平均值			1.751	1.97	3.094	1.170

表 4 不同林分地表径流量差异显著性检验

植被类型	阔叶林		楠竹林		灌木丛	
	t 值	Sig. (2-tailed)	t 值	Sig. (2-tailed)	t 值	Sig. (2-tailed)
混交林	- 0.419	0.677	- 2.062	0.046	1.343	0.188
阔叶林	—	—	- 1.079	0.095	1.819	0.077
楠竹林	—	—	—	—	3.297	0.003

注:用 SPSS 进行统计分析,Sig. 为显著性判断指标,Sig. > 0.05 表示差异不显著,< 0.05 表示差异显著,< 0.01 表示差异极显著。

从表 4 可以看到,混交林、阔叶林、灌木丛所产生的地表径流之间不存在显著性差异;混交林与楠竹林、灌木丛与楠竹林之间存在显著性差异。

3.2 不同林分地表径流量与降雨量关系

根据界面产流理论中的蓄满产流理论,当降雨量超过地表土壤水容量时,就会有地表径流产生,且随着降雨量的持续增加,地表径流量会有显著增加^[8]。

从观测资料中可以明显看到,不同林分地表径流量与降雨量存在着较为密切的相关关系,表现为随着降雨量的增加,地表径流量也随之增加(图 1)。

如图 1 所示,在降雨量 < 30 mm 时,不同林分地表径流量差异不显著;在降雨量 > 30 mm 时,随着降雨量增加,不同林分地表径流量迅速增加,开始出现较大差异,其中楠竹林地表径流量增加最为迅速,且始终保持最大。4 种林地的地表产流量主要

与降雨量有关。以降雨量对地表径流量进行回归,结果表明,降雨量与地表径流量出现指数方程关系,相关系数都大于 0.9,(表 5)。回归模型为:

$$W = ap^2 + bp + c$$

式中:W ——地表径流量; P ——降雨量; a, b, c ——系数。

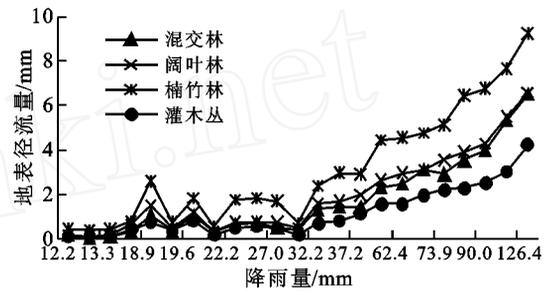


图 1 不同林分地表径流量与降雨量的关系

表 5 不同林分地表径流量与降雨量回归特征值

回归特征值	混交林	阔叶林	楠竹林	灌木丛
R ²	0.967 2	0.960 0	0.960 3	0.966 2
标准差	1.751 3	1.809 4	2.576 3	1.093 1
F 值	53.591 0	53.336 0	50.523 0	55.968 0
Sig.	3.884 6 × 10 ⁻⁹	4.091 3 × 10 ⁻⁹	7.944 4 × 10 ⁻⁹	2.267 7 × 10 ⁻⁹

注:用 SPSS 进行统计分析,Sig. 为显著性判断指标,Sig. > 0.05 表示差异不显著,< 0.05 表示差异显著,< 0.01 表示差异极显著。

如表 5 所示,不同林分地表径流量与降雨量均存在极显著的相关关系。混交林地表径流量与降雨量的相关关系见图 2,由于篇幅所限,其余林分相关图略去。

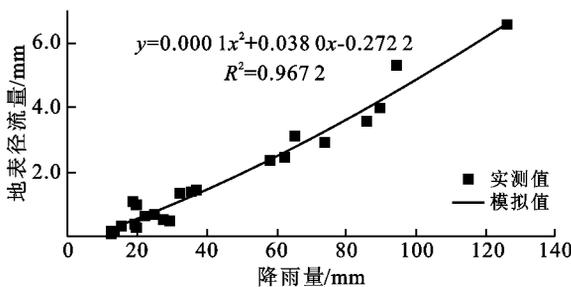


图 2 混交林地表径流量与降雨量相关分析图

3.3 不同林分地表径流量与平均降雨强度关系

根据界面产流理论中的超渗产流理论,当降雨强

度超过地表土壤的下渗能力时,地表就会有径流产生;但在水分下渗前,首先会经过林冠截留、枯枝落叶层截留、蒸发和地表填洼等阶段,因此,在同一降雨强度下,不同林分的地表径流量就会产生差异^[8]。

试验结果表明,4 种不同林分的地表径流量与平均降雨强度无明显相关关系(如图 3 所示)。从图 3 可以看出,对于同种类型林地来说,单场降雨强度小于 3 mm/h 时,地表径流量变化不大,且总量较小;当降雨强度大于 3 mm/h 以后,地表径流量随降雨强度增大有增大和减小的可能,主要是受到降雨量的影响。比如 2004 年 7 月 19 号的降雨,平均降雨强度达到了 18.9 mm,但是由于降雨量小,大部分都被林冠截留和下渗了,因此产生的地表径流很少。从图 3 还可以看出,在不同降雨强度条件下,均是楠竹林地表径流量最大,灌木林地地表径流量最小。

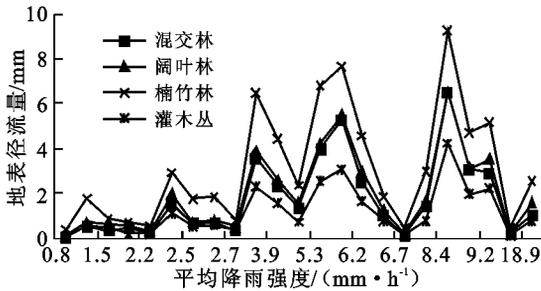


图 3 不同林分地表径流与降雨强度的关系

4 结论

(1) 从地表径流量来看,混交林、阔叶林、灌木丛所产生的地表径流量均小于楠竹林的地表径流量,且混交林、阔叶林、灌木丛之间不存在显著性差异。可见从涵养水源、减少地表土壤侵蚀量的角度看,林地配置以阔叶林、混交林、灌木林较好,尤其是灌木林最佳。

(2) 不同林分地表径流量与降雨量均存在显著关系,表现为一元二次方程关系。对于 4 种不同林分来说,降雨量小于 30 mm 时,地表径流量增加速度较慢;降雨量大于 30 mm 后,地表径流量增加速度较快。(3) 不同林分地表径流量与降雨强度并不存在显著关系,当降雨强度小于 3 mm/h 时,所有林地地表径流量变化较慢;而在降雨强度大于 3 mm/h 时,地表径流量有增大的可能,但是受到降雨量的影响,也会有减小的可能。

[参 考 文 献]

- [1] 余作岳,周国逸,彭少麟.小良试验站三种地表径流效应的对比研究[J].植物生态学报,1996,20(4):355-326.
- [2] 满开言,林卓英.坡面植被对坡面径流和入渗的影响[J].地理研究,1989,8(4):78-85.
- [3] 孙阁.林地地表径流的研究[J].水土保持学报,1989,3(2):52-55.
- [4] 阮伏水,周伏建.花岗岩不同土地利用类型坡地产流和入渗特征[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1996,2(3):1-7.
- [5] 周国逸,闫俊华,申卫军,等.马占相思人工林和果园地表径流规律的对比研究[J].植物生态学报,2000,24(4):451-458.
- [6] 张喜,薛建辉,许效天,等.黔中喀斯特山地不同森林类型的地表径流及影响因素[J].热带亚热带植物学报,2007,15(6):527-537.
- [7] 李香云,王玉杰.缙云山两种植被类型对坡面产流的影响[J].北京林业大学学报,2003,25(5):81-84.
- [8] 祁生林,张洪江,何凡,等.重庆四面山植被类型对坡面产流的影响[J].中国水土保持科学,2006,4(4):33-38.
- [9] 肖文发,雷静品.三峡库区森林植被恢复与可持续经营研究[J].长江流域资源与环境,2004,13(2):138-144.
- [10] 王云琦,王玉杰,朱金兆,等.重庆缙云山不同土地利用类型坡面产流对暴雨的响应[J].中国水土保持科学,2005,3(4):19-26.
- [11] 储小院,王玉杰,王云琦,等.重庆缙云山典型林分 3 种时间尺度下产流特征研究[J].北京林业大学学报,2008,30(4):103-107.

(上接第 60 页)

- [9] 洪义,东野光亮. DEMI 在区域土壤侵蚀中的应用研究[J].吉林农业大学学报,2004,26(1):73-76.
- [10] 邬伦,刘瑜,张晶,等.地理信息系统——原理、方法和应用[M].北京:科学出版社,2001.
- [11] 杨存建,刘纪远,张增祥.重庆市土壤侵蚀与其背景的空间分析[J].水土保持学报,2000,14(3):84-87.
- [12] 姚华荣,杨志峰,崔保山. GIS 支持下的澜沧江流域云南段土壤侵蚀空间分析[J].地理研究,2006,25(3):421-429.
- [13] 范丽丽,沈珍瑶,刘瑞民.基于 GIS 的大宁河流域土壤侵蚀评价及其空间特征研究[J].北京师范大学学报:自然科学版,2007,43(5):563-566.
- [14] 彭建,李丹丹,张玉清.基于 GIS 和 RUSLE 的滇西北山区土壤侵蚀空间特征分析[J].山地学报,2007,25(5):548-556.
- [15] 党安荣,王晓栋,陈晓峰,等. ERDAS IMAGINE 遥感图像处理方法[M].北京:清华大学出版社,2003.
- [16] 黎景良,后斌,危双峰,等.基于 DEM 的广东省山区土地利用变化分析[J].测绘通报,2007,6:53-57.
- [17] 刘宝元,阎百兴,沈波,等.东北黑土区农地水土流失现状与综合治理对策[J].中国水土保持科学,2008,6(1):1-8.
- [18] 沈中原,李占斌,杜中,等.大理河流域土壤侵蚀空间分布的地貌特征研究[J].水土保持学报,2008,22(5):78-81.