人工模拟降雨条件下灰金竹林地表径流特征研究

马建刚，陈奇伯

（西南林业大学 环境科学与工程学院，云南 昆明 650224）

摘　要：为了了解灰金竹林的水土保持效益，选取具有典型代表性的灰金竹林进行了人工模拟降雨实验。以坡耕地为对照，记录产流过程，收集竹林地表径流，并对泥沙含量、含氮量、含磷量等项目进行了测定。实验分析结果表明，在平均降雨强度基本相同，降雨历时接近的条件下，灰金竹林径流系数、平均含沙率、平均含氮量和平均含磷量分别为：0.096 1，0.26%，0.151 6 mg/L 和 0.453 0 mg/L；对照坡耕地分别为 0.299 0，0.99%，0.198 6 mg/L，0.530 4 mg/L；说明灰金竹林的水土保持效益显著优于坡耕地。

关键词：人工降雨模拟；地表径流；灰金竹

文献标识码：A　　**文章编号**：1000-288X(2012)04-0048-03　　**中图分类号**：S157.1

Characteristics of Surface Runoff in *Phyllostachys Nigra* Forest Under Simulated Rainfall

MA Jian-gang, CHEN Qi-bo

(*College of Environmental Science and Engineering of Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan* 650224, *China*)

Abstract: To elucidate soil and water conservation benefits of *Phyllostachys nigra*, simulated rainfalls were carried out in both *Phyllostachys nigra* forest and slope farmland, and the average sediment concentration and contents of nitrogen and phosphorus were determined. The resulted show that in *Phyllostachys nigra* forest, the runoff coefficient was 0.096, with average sediment concentration of 0.26%, average content of nitrogen of 0.152 mg/L, and average content of phosphorus of 0.453 mg/L. In contrast, slope farmland had a runoff coefficient of 0.299, with average sediment concentration of 0.99%, nitrogen content of 0.198 6 mg/L, and phosphorus content of 0.530 4 mg/L. The findings implies that *Phyllostachys nigra* forest exhibited clearly better benefits in regard to water and soil conservation than slope farmland.

Keywords: simulated rainfall; surface runoff; *Phyllostachys nigra*

竹林具有良好的降雨截留功能，丰富的枯落物，强大的根系网络，使得竹林土壤结构良好，土壤抗蚀性能较强，地表径流减小，流速减缓，侵蚀力减弱。地表径流量和泥沙含量一般均比同区域其他地类小[1-5]。灰金竹（*Phyllostachys nigra*），别名“粉金竹”，是云南地区分布最广、栽培面积最大的一种大型散生竹种，不仅具有很高的开发利用价值，还具有美化环境、涵养水源、保持水土的作用[6]，也是云南省泥石流灾害治理中的主要竹种之一。

为了进一步了解灰金竹林的水土保持效益，在人工降雨条件下测定灰金竹林地的地表径流特征，以期为水土流失治理和防护林的营建提供依据。

1　研究区概况

研究区位于昆明市安宁市温泉镇菁门口，海拔 1 850 m，年降雨量 909.1 mm。竹林为自然竹林，竹林连续面积约 3 800 m^2，平均坡度 11°，竹林郁闭度 0.820，成林年限在 20 a 以上。试验点坡度约 7°；坡耕地面积约 9 00 m^2，为玉米种植地，坡度 6.7°，玉米秆留茬高度约 10 cm。

2　材料与方法

2.1　试验设备

人工模拟降雨装置采用 TSJY-07 型人工模拟降雨器，由水泵、降雨调节阀、降水喷头、微型径流小区等组成。降雨强度由降雨调节阀控制，为纠正调节误差，具体降雨强度由自计雨量计实时量测校正，降雨喷头由 4 个喷头组合组成，每个组合由 3 个不同孔径的喷头组成，以便更好地控制降雨强度，径流小区面积为 1 m×1 m，分别安置在 4 组降雨喷头下方。

2.2　试验方法

降雨实验于 2011 年 4 月进行。4 个小区作为产

收稿日期：2012-02-20　　修回日期：2012-03-30
资助项目：西南林业大学重点学科及教育部特色专业项目“水土保持与荒漠化防治”；云南省教育厅基金项目(2010Y293)
作者简介：马建刚(1978—)，男(汉族)，山西省古县人，硕士，讲师，主要从事土壤侵蚀与城市水土保持方面的研究。E-mail：mjg@swfu.edu.cn。

流测验的 4 个重复,分别记录小区内的降雨强度、小区的产流时间等,产流后分别取 2 min 内的所有径流,将其均匀的分为两份,当天带回实验室测验。测定获得径流量(mm)、泥沙率(%)、总磷含量(mg/L)、总氮含量(mg/L)。降雨强度从小孔径喷头逐渐变为大孔径喷头,由于降雨强度受到水泵稳定性和降雨调节阀精度的影响,降雨强度实时测定,所用数据为实际测定数据。泥沙含量采用置换法测定[7]。总氮含量采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法测定(GB11894—89),总磷含量采用钼酸氨分光光度法测定(GB11893—89)。

3　结果与分析

数据采用 4 个微型小区的平均值进行分析说明,其中数据平均前进行了标准差分析,各个指标数据的标准差范围详见表 1。

表 1　实验各指标数据标准差

竹林指标	降雨强度	累计降雨量	累计径流量	泥沙率	总 氮	总 磷
标准差	±0.005 7	±0.005 6	±0.006 8	±0.007 1	±0.004 4	±0.005 1
坡耕地指标	**降雨强度**	**累计降雨量**	**累计径流量**	**泥沙率**	**总 氮**	**总 磷**
标准差	±0.004 1	±0.004 2	±0.007 1	±0.003 2	±0.003 9	±0.005 0

3.1　降雨过程分析

实验过程中,伴随降雨强度和降雨历时的增加,经过水分蓄渗阶段,逐步形成地表径流。竹林、农田分别于降雨后第 12 和第 16 min 开始产流。由表 2—3 可以看出,随着降雨时间的增加,土壤中水分也随之增加,地表开始逐渐产生地表径流。在总的降雨时间段内,竹林总降雨量为 84.49 mm,平均降雨强度为 2.37 mm/min,产生地表径流量为 8.12 mm,被枯落物和土壤中吸持入渗的水分达到了 90.38%,而径流量仅占 9.62%。坡耕地总降雨量、平均降雨强度、径流量和径流系数分别为 90.96 mm,2.39 mm/min,27.22 mm,29.9%。坡耕地和竹林相比,降雨强度相差近 0.02 mm/min,可以忽略不计。坡耕地较竹林产流时间略晚,前期蓄水量略高,但是稳定入渗率较低,进而径流系数较大,产流量较多,坡耕地径流系数比竹林高出 138%。竹林相对坡耕地而言,消减径流能力是坡耕地的 1.29 倍,坡耕地的径流系数是竹林的 3.11 倍。

表 2　灰金竹林小区模拟降雨过程

项 目	降雨时段/min						
	1～11	12～13	14～15	16～17	18～19	20～21	22～23
降雨强度/(mm·min^{-1})	2.00	2.28	2.28	2.31	2.33	2.35	2.36
累计降雨量/mm	22.05	26.61	31.17	35.79	40.45	45.15	49.87
累计径流量/mm	0	0.11	0.44	1.00	1.53	2.08	2.68
项 目	**降雨时段/min**						
	24～25	26～27	28～29	30～31	32～33	34～35	36～37
降雨强度/(mm·min^{-1})	2.36	2.39	2.41	2.45	2.52	2.59	2.59
累计降雨量/mm	54.59	59.37	64.19	69.09	74.13	79.31	84.49
累计径流量/mm	3.31	3.96	4.63	5.32	6.13	7.09	8.12

表 3　坡耕地小区模拟降雨过程

项 目	降雨时段/min						
	1～15	16～17	18～19	20～21	22～23	24～25	26～27
降雨强度/(mm·min^{-1})	2.20	2.28	2.28	2.32	2.31	2.40	2.41
累计降雨量/mm	33.04	37.6	42.16	46.8	51.42	56.22	61.04
累计径流量/mm	0	1.05	2.21	3.55	5.07	7.17	9.89
项 目	**降雨时段/min**						
	28～29	30～31	32～33	34～35	36～37	38～39	
降雨强度/(mm·min^{-1})	2.42	2.45	2.45	2.50	2.57	2.57	
累计降雨量/mm	65.88	70.78	75.68	80.68	85.82	90.96	
累计径流量/mm	12.63	15.44	18.23	21.14	24.18	27.22	

3.2 产沙过程分析

对实验数据进行处理和整理得到地表径流中含沙率、含磷量和含氮量等数据，竹林小区平均含沙率为 0.26%，坡耕地平均含沙率为 0.99%，坡耕地小区平均含沙率是竹林的 3.8 倍多。从图 1 可以看出，坡耕地不仅泥沙含量高而且泥沙增量快，随着径流的持续泥沙量迅速增加；而灰金竹林随着径流的持续，泥沙量没有明显变化。

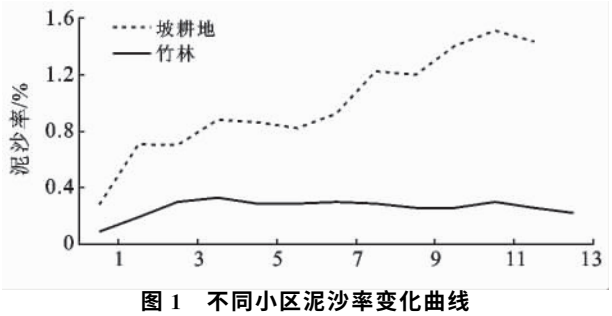


图 1 不同小区泥沙率变化曲线

注：图 1—3 中横坐标 1—13 分别代表从产流开始到产流结束的依次采样对应时间顺序（表 1 中开始产流第一时段在图中对应横坐标 1，以此类推）。下同。

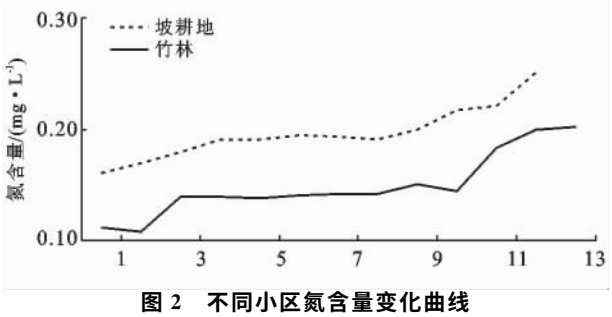


图 2 不同小区氮含量变化曲线

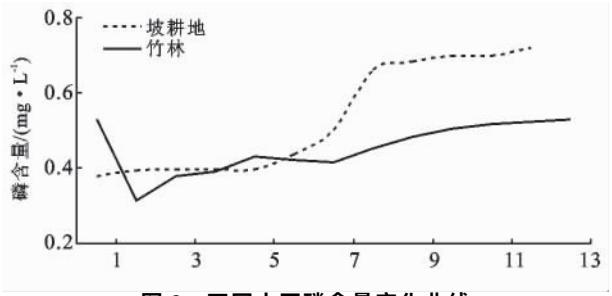


图 3 不同小区磷含量变化曲线

3.3 地表径流中总氮和总磷含量分析

开始产流后，竹林和坡耕地的径流含氮量均随着径流的持续而逐渐增加，降雨时段内氮含量平均值分别为 0.149 3 和 0.196 6 mg/L，坡耕地比竹林高出约 31.7%，而从增量变化上（图 2），两者没有明显区别。

竹林和坡耕地的径流含磷量均随着径流的持续而逐渐增加，降雨时段内磷含量平均值分别为 0.453 0 和 0.530 4 mg/L，坡耕地比竹林高出约 17.5%，而从增量变化上（图 3），竹林初始值较大，随后增量变化趋于平缓，可能是前期降水使得竹林地表可溶性磷充分溶解，导致刚产流时磷含量较大，而后径流和地表物质作用时间缩短，溶蚀效果降低；坡耕地含磷量则随着径流的持续迅速增加。

4 结 论

灰金竹林的径流以及径流所含的其他物质输出均比坡耕地小，尤其是以减沙效果尤为显著，在氮、磷的输出上坡耕地在收割留茬后仍比灰金竹林要大，若在施肥管理期则可能输出量更大；在自然降雨条件下由于竹林冠层的截留作用，林下降水以及地表径流会更小，各种输出相应减少，因此灰金竹林在水土保持及防治面源污染方面作用显著。

[参 考 文 献]

[1] 王玉杰，王云琦，夏一平. 重庆缙云山典型林分的林地土壤抗蚀抗冲性能[J]. 中国水土保持科学，2006，4(1)：20-27.

[2] 吴发荣，袁位高，徐卫南，等. 富春江两岸江滩林带树木根系与土壤抗蚀性能关系研究[J]. 浙江林业科技，1999，19(4)：28-35.

[3] 彭华. 三峡库区撑绿竹护岸林生物量及林下土壤抗蚀性能研究[D]. 重庆：西南农业大学，2005.

[4] 张学权，胡庭兴，李伟. 林(竹)＋草植被恢复初期地表径流及其养分流失特征[J]. 中国水土保持，2005(10)：25-29.

[5] 王维明. 闽北坡地不同土地利用方式的降雨与土壤侵蚀的关系研究[J]. 水土保持研究，2006，13(5)：134-137.

[6] 佟越，樊国盛，牟富韵，等. 富源县老厂乡灰金竹种群结构与地上部分生物量初步研究[J]. 林业调查规划，2008，33(2)：46-49.

[7] 赵志贡，岳利军，赵彦增，等. 水文测验学[M]. 河南 郑州：黄河水利出版社，2005：133.