

## 重庆缙云山楠竹林地不同时间尺度降雨量再分配规律研究<sup>\*</sup>

李香云,王玉杰,朱金兆

(北京林业大学 水土保持学院,北京 100083)

**摘 要:**楠竹林是缙云山森林生态系统的一种典型植被类型,通过对楠竹林地设置的径流小区 2002 - 2007 年水文观测资料研究,定性和定量揭示了该植被类型降雨 - 径流过程特征的变化规律,并得出降雨过程中,林冠截留、地表径流、地下径流、土壤、枯落物等影响因子对降雨量的分配情况。研究证明,(1) 2002 - 2007 年,楠竹林的降雨的年际分布比较稳定;降雨量比较集中出现 4 - 9 月,占全年降雨量的 72 %,峰值出现在 7 月。(2) 地表径流与地下径流与降雨保持密切的响应关系,在对降雨量的分配中,地表径流占 30.7 %,地下径流占 15.2 %。(3) 楠竹林地的土壤最大分配降雨量为 19 mm,枯落物最大分配降雨量为 4.6 mm,林冠截留分配降雨量 13.2 %。本研究旨在为长江流域森林生态水文研究中树种选择、植被建设提供参考与数据支持。

**关键词:**楠竹林; 降雨; 缙云山

中图分类号:P426.6

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2008)06-0101-04

## Study on the Rainfall Redistribution of *Phyllostachys edulis* at Different Time-scale in Chongqing Jinyun Mountain

LI Xiang-yun, WANG Yu-jie, ZHU Jin-zhao

(College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** *Phyllostachys edulis* is a typical vegetation type of Jinyun Mountain forest ecosystem. By studying on the hydrology data in 2002 - 2007, the paper reveal the type of vegetation rainfall-runoff characteristics from the qualitative and quantitative, and of the process of change that the process of rainfall, canopy interception, surface runoff, underground runoff, soil, litter, and other factors of the distribution of rainfall. Research shows that (1) 2002 - 2007, Nanzhu of the annual rainfall distribution are relatively stable; more concentrated rainfall in April to September, accounting for 72 % of annual rainfall, the peak in July. (2) Underground and surface runoff and rainfall response to maintain close relations. In the distribution of rainfall, surface runoff accounted for 30.7 %, 15.2 % of the underground runoff. (3) In Nanzhu forestry, the largest soil of rainfall distribution to 19 mm, the largest litter of rainfall distribution to 4.6 mm, canopy interception distribution of rainfall in 13.2 %. The purpose of this study for the Yangtze River Basin forest ecosystem in the hydrological study species selection, vegetation and provide information and data support.

**Key words:** NanZhu forestry; rainfall; Jinyun mountain

森林与水的关系复杂,不同森林植被对大气降雨的截留、林内降雨的再分配、地表径流、地下径流等产生的影响都不相同<sup>[1]</sup>。降雨是产生流域水循环的主要动力,而森林通过对降雨分配过程产生作用,从而影响森林生态系统的水循环过程<sup>[2-5]</sup>。楠竹林是缙云山森林生态系统的一种典型植被类型,通过对楠竹林地设置的径流小区 2002 - 2007 年水文观测资料研究,揭示该植被类型降雨 - 径流过程特征以及各相关因素定性变化规律;揭示降雨过程中,林冠截留、地表径流、地下径流、土壤、枯落物等影响因子对降雨量的分配定量关系,旨在为长江流域森林生态水文研究中树种选择、植被建设提供参考与数据支持。

### 1 研究地概况

#### 1.1 地理位置

缙云山自然保护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°49',海拔 350 ~ 951.5 m,距重庆市中心区 60 km,为华莹山腹式背斜山脉分支的一段。东西长约 6 km,南北宽约 3 km。

#### 1.2 植被情况

楠竹林分布在缙云山小狮子峰,海拔 800 m,属于天然林,林龄为 12 a,郁闭度在 76 %。楠竹林地(*Phyllostachys edulis*),林下灌木主要有地瓜藤、杜茎山等,地被物有蕨类、芒草等。

<sup>\*</sup> 收稿日期:2008-07-05

基金项目:“十一五”林业科技支撑计划项目(2006BAD03A1802)

作者简介:李香云(1976 - ),女(汉),山西吉县人,博士生,研究方向为林业生态工程。E-mail:xiangyunlee@263.net

通信作者:王玉杰(1960 - ),男,教授,博士生导师,主要研究方向为林业生态工程和土壤侵蚀。E-mail:wuyujie@bjfu.edu.cn

### 1.3 小区设置

楠竹林地观测小区的尺寸为 5 m × 20 m, 四周为围墙, 围墙采用混凝土预制板。围墙下端为集流槽。边墙两侧设有 2 m 宽的保护带。集流槽下端挡墙采用混凝土浇筑, 墙体留有水孔, 在墙的上方深处做反滤层并用管将壤中流引入观测房。房内放置径流泥沙测定仪器。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径流。

### 1.4 降雨、径流、林内降雨、土壤水观测

降雨观测: 记录降雨的仪器为 B-432-Z 型 100 d 自记雨量计。

径流观测: 在小区观测房里的监测径流变化状况的自动记录仪器 (L T9801A 数据记录仪), 自动记录地表径流与地下径流的变化过程。

林内降雨观测: 在林业设置 CR2 型自记雨量仪, 自动记录林内降雨过程。

土壤水观测: 设置在林区的 CR10X 气象数据采集器, 分别在 5 cm, 25 cm, 45 cm, 65 cm 处设置探头, 长期观测含水变化情况, 单位为 %。

### 1.5 枯落物持水能力测定

在小区内随机建立 20 cm × 20 cm 小样方, 收集样方内的枯落物。采用测量枯落物的截留率通常采用浸水法<sup>[6]</sup>测定, 充分浸水 24 h 后称重, 计算最大容水量, 用 mm 表示。

### 1.6 林冠截留量

降雨在林冠层中的分配遵循以下水量平衡规律<sup>[7]</sup>:

$$P = I + P + G$$

式中:  $P$ ——林外降雨量 (mm);  $P$ ——林内穿透雨量;  $I$ ——林冠截留量 (mm);  $G$ ——树干茎流量 (mm)。一般情况下树干截留量仅为截流总量的 1 % 左右, 因此在许多时候这部分截留可以忽略不计。

## 2 结果与分析

### 2.1 降雨量变化规律研究

#### 2.1.1 降雨量年际变化

2002 - 2007 年, 总的来说降雨量年际变化不是很明显, 2006 年最低为 652 mm, 2002 年降雨量最大为 1 563.8 mm。6 a 内平均年降雨量为 1 263.4 mm。2003 年、2004 年、2005 年 3 a 的降雨量比较稳定, 最大相差 30 mm。

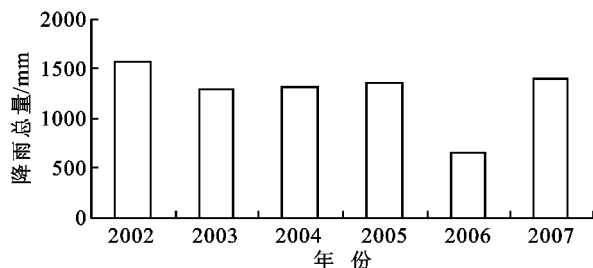


图1 楠竹林地降雨的年变化情况

#### 2.1.2 降雨量年变化

从图2可以看出, 楠竹林的降雨量比较集中出现 4 - 9 月, 占全年降雨量的 72 %, 每月降雨量平均都在 100 mm 之

上, 全年降雨量的最高峰出现在 7 月, 降雨量占全年的 15 %。楠竹林的降雨量在 1 月、2 月、12 月期间最低, 总降雨量占全年降雨不到 1 %。3 月份开始, 降雨量开始增加, 3 月份降雨量基本上是 1 月份和 2 月份的总降雨量之和, 10 月份开始, 降雨量开始逐步减少, 12 月份达到最低值。

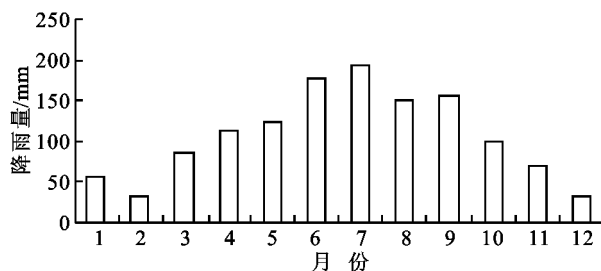


图2 楠竹林地降雨的月际变化情况

### 2.2 径流量变化规律研究

#### 2.2.1 地表径流年际变化

楠竹林地的地表径流主要集中在春夏季节的 4 - 9 月份, 与降雨量的分布时间基本上吻合, 占全年总地表径流总量的 74 %。最高峰出现在 7 月份, 仅 7 月份的地表径流量占全年的 33 %。11 月开始, 地表径流进入低谷时期, 一直持续到次年 2 月, 3 月地表径流量开始增加。冬季 (12 月到次年 2 月), 地表径流达到低估值, 3 个月的地表径流总量仅占全年的地表径流总量的 0.65 %。

#### 2.2.2 地下径流年际变化

楠竹林地的地下径流的月际变化规律与地表径流月际变化有一定的相似性, 但是有一定的滞后型。地下径流主要集中在 5 - 11 月, 全年 95 % 的地下径流产生在这个时期。地下径流在 7 月出现最高峰值, 占全年地下径流总量的 29 %, 在 10 月出现另外一个峰值, 约占全年地下径流总量的 19 %。冬季到初春季节 (12 月到次年 4 月) 是一年中地下径流低谷期, 低谷期的地下径流总量占全年的 5 %。

#### 2.2.3 径流量与降雨量关系研究

地下径流的峰值曲线与地表径流的峰值曲线基本相同, 研究证明, 地下径流的过程要有一定的滞后。从径流量上比较, 地下径流总量比地表径流少, 约只是占地表径流总量的 50 %。

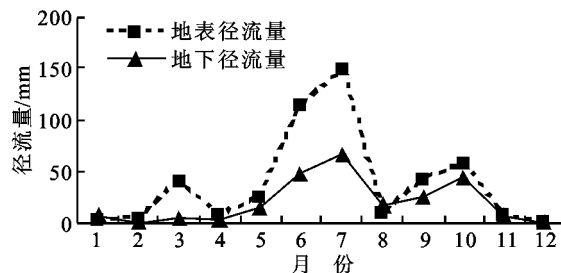


图3 楠竹林地地表与地下径流的月际变化对照

径流与降雨对照研究, 发现年地表径流总量要占降雨总量的 30.8 %; 地下径流总量占年降雨总量的 15.2 %。

多数研究证明<sup>[8]</sup>, 由于植被类型的理水调洪作用, 随着年份的推移, 径流总量有减少的趋势, 但不同树种的作用情况却大相径庭。本研究发现, 楠竹林的年径流量占年降雨量的 45.9 %。月平均径流量为 48 mm, 这与储小院等研究中<sup>[9-10]</sup>针叶林、阔叶林对径流量的改变相对照, 说明楠竹林

在改善径流过程,降低径流洪峰,减少径流量方面没有当地的针叶林、阔叶林效果明显。

2.3 土壤水变化规律研究

2.3.1 不同土壤层土壤年际变化

分别对 5 cm、25 cm、45 cm、65 cm 不同深度的土壤水进行长期观测,从图 4 可以看出,2002 - 2007 年,不同深度土壤含水量研究中,5 cm 深的土壤含水量变化曲线有明显波动。其他深度的 3 个土壤水含量变化基本稳定。因此,本研究认为 5 cm 深的土壤含水量变化对降雨量的分配起到了比较明显的影响作用。

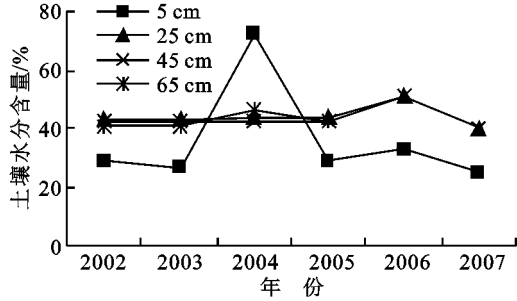


图 4 楠竹林地不同深度土壤含水量变化

2.3.2 土壤 5 cm 层含水量变化

曲线呈正态曲线分布。全年除了 5 月、6 月之外,基本上稳定。由于仪器观测的数据单位是百分数,即单位体积内的水分含量。

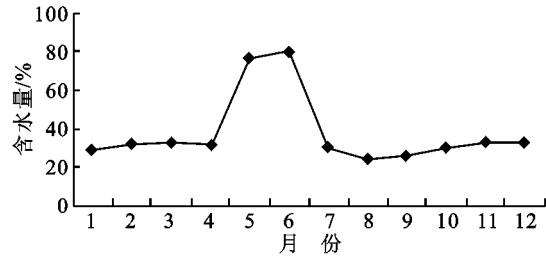


图 5 楠竹林地 5 cm 深度土壤含水量变化

本研究中,为了方便比较土壤水与降雨总量的关系,结合以上得出的土壤水含量变化规律,用土壤含水平均百分数,乘以小区面积和 5 cm 厚度,作为这个空间内最大土壤含水量,在把这个含水量平铺到小区面积上,得出土壤对降雨的分配量为 19 mm。

2.4 林冠截留

林冠截留影响到森林生态系统的水分平衡,对降雨的再分配起到了重要的作用,是森林的重要生态功能。多年来国内外众多学者对于林冠截留做了大量的科学研究,获取了大量的实测数据。研究证明一般情况下,森林降雨截留占降雨总量的 10 % ~ 20 %,林冠截留量与降雨呈现紧密的负相关关系<sup>[11-13]</sup>。本文随机抽取 10 场降雨,研究林冠的截留作用。通过运用  $P = I + P + G$  公式,对林冠截留进行计算,结果如表 1 所示:

通过截留量与降雨量的比值,得出楠竹林林冠截留百分率,楠竹林林冠的截留量平均仅为总降雨量的 13.2 %。

2.5 枯落物截留

降雨通过林冠层后,到达地表时,在具有一定吸水能力

的枯落物层发生了再次截留。树种不同,枯落物的吸水能力有很大差异,而枯落物的储量、分解能力等也是影响枯落物吸水能力的主要因素。此外,枯落物的存在增加了地表粗糙度,对降雨在地表的冲击侵蚀起到了缓冲和保护作用<sup>[14-16]</sup>。

表 1 降雨量与林冠截留量关系

序号	降雨量/mm	林内雨/mm	截留量/mm
020612	99.6	78.00	21.60
020622	60.8	58.24	2.56
020722	58.4	54.10	4.30
030625	85.4	80.10	5.30
030719	126.4	94.64	31.76
040820	62.4	55.10	7.30
040716	73.9	72.80	1.10
061016	53.8	45.30	8.50
平均	77.6	57.27	10.30

表 2 枯落物蓄积量及持水量

厚度/cm	鲜重/g	干重/g	浸水后重/g	饱和持水量/g
1.5	115.54	48.8	236.46	187.66

经过试验,楠竹林地的枯落物厚度为 1.5 cm,最大容量为 187.66 g。枯落物的最大持水量就是在饱和吸水后的持水量,转换为 100 m<sup>2</sup> 为单位即 4.6 mm。

王彦辉等研究证明,竹林林下地被物的最大持水力远小于马尾松和杉木人工林<sup>[17]</sup>。笔者在相关研究中也曾证明,楠竹的叶子质地坚硬,枯落物不容易腐烂,针形叶子总积蓄量不大,总的持水量也不是很好。

2.6 降雨量分配规律

表 3 降雨量分配情况

水量平衡要素	2002 - 2007 年平均	平均比例 %	
收入	$P$ 降雨量	1267.3 mm	100
支 出	$R$ 地表	389 mm	30.7
	$R$ 地下	192.3 mm	15.2
	$F$ 林冠截留	77.59 mm	13.2
	降水中平均截留 10.3 mm		
	$S$ 土壤水	最大截留 19 mm	
	$K$ 枯落物	最大截留 4.6 mm	

经过前面的研究分析,得出表 3 数值,可以发现,在降雨的分配过程中,地表径流、地下径流、土壤水均与降雨量保持密切关系,也就是说降雨的大小对它们的截留程度有很大作用,楠竹林地地表径流分配了降雨量的 30.7 %,地下径流分配了降雨量的 15.2 %;林冠截留虽然也与降雨量大小有关,但是存在一个稳定值,本研究中,林冠最大截留量为 10.33 mm,因此即使在理想情况下林冠降雨中分配降雨量的 13.2 %;场降雨中,无论条件如何例如吸附和下渗,枯落物和土壤对降雨的最大分配量分为是一个固定值,土壤为 19 mm,而枯落物仅为 4.6 mm。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 结论

(1) 2002 - 2007 年,楠竹林的降雨的年际分布比较稳定;降雨量比较集中出现 4 - 9 月,占全年降雨量的 72 %。

(2) 地表径流与地下径流与降雨保持密切的响应关系,在对降雨量的分配中,地表径流占 30.7 %,地下径流占 15.2 %。

(3) 楠竹林地的土壤最大分配降雨量为 19 mm,枯落物最大分配降雨量为 4.6 mm,林冠截留分配降雨量 13.2 %。

#### 3.2 讨论

本研究中仅仅对获取的数据进行初步的分析和研究,对于参数之间的关系研究还需要进一步。此外,径流小区的研究结果,在更大流域尺度上能否准确表达水文过程,需要进一步研究论证。

#### 参考文献:

- [1] 李文华,何永涛,杨丽韞,等. 森林对径流影响研究的回顾和展望[J]. 自然资源学报,2001,16(5):398-406.
- [2] 马雪花. 森林水文学[M]. 北京:中国林业出版社,1993.
- [3] 王礼先,孙保平. 森林水文研究及流域治理综述[J]. 水土保持科技情报,1990(2):10-15.
- [4] 张建列,李庆夏. 国外森林水文研究概述[J]. 世界林业研究,1988(4):41-47.
- [5] 闫俊华,周国逸. 用灰色关联法分析森林生态系统植被状况对地表径流系数的影响[J]. 应用与环境生物学报,2000,6(3):197-200.
- [6] 李士生,姜志林. 苏南丘陵主要森林类型保持水土效益

的研究[J]. 长江流域资源与环境,1994,3(1):55-59.

- [7] 王云琦. 三峡库区森林理水调洪机理及空间配置研究[D]. 北京:北京林业大学,2006.
- [8] 石培礼,李文华. 森林植被变化对水文过程和径流的影响效应[EB/OL]. [http://www.ce65.com/paper/detail\\_paper\\_60.html](http://www.ce65.com/paper/detail_paper_60.html).
- [9] 储小院,王玉杰,王云琦,等. 重庆缙云山典型临汾不同时间尺度下产流特征研究[J]. 北京林业大学学报,2008(4):103-108.
- [10] 李香云. 重庆缙云山不同植被类型对径流影响效应研究[D]. 北京:北京林业大学,2003.
- [11] Blake GJ. The interception process[M]// Chapman T G,Dunin FX. Prediction in Cademay of Science,1975:59-81.
- [12] 张志强,余新晓,赵玉涛,等. 森林对水文过程影响研究进展[J]. 应用生态学报,2003,14(1):113-116.
- [13] 王彦辉. 几个树种的林冠降雨特征[J]. 林业科学,2001,37(4):2-9.
- [14] 汪有科,吴钦孝,赵鸿雁,等. 林地枯落物抗冲机理研究[J]. 水土保持学报,1993,7(1):75-80.
- [15] 王佑民. 中国林地枯落物持水保土作用研究概况[J]. 水土保持学报,2000,14(4):110-115.
- [16] 汪有科,吴钦孝,赵鸿雁,等. 林地枯落物抗冲试验研究[J]. 西北水土保持研究所集刊,1991(2):20-25.
- [17] 王彦辉,刘永敏. 毛竹人工林水文作用的研究[M]// 周晓峰. 中国森林生态系统定位研究. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1994:354-363.

(上接第 100 页)

#### 参考文献:

- [1] 张晓云,吕宪国. 湿地生态系统服务价值评价研究综述[J]. 林业资源管理,2006(5):81-86.
- [2] 吴玲玲,陆健健,童春富,等. 长江口湿地生态系统服务功能价值的评估[J]. 长江流域资源与环境,2003,12(5):411-416.
- [3] 新疆阿尔泰山林业局. 新疆阿尔泰山两河源综合科学考察[M]. 乌鲁木齐:新疆科学技术出版社,2004.
- [4] 努尔巴依·阿布都沙力克. 阿尔泰山湿地快速评估报告[C](国际湿地-北京办事处资料),2007.
- [5] 阿勒泰地区地方志编委会. 阿勒泰地方志[M]. 乌鲁木齐:新疆人民出版社,2004.
- [6] 任慕连,郭炎,张人铭,等. 中国额尔齐斯河鱼类资源及

渔业[M]. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,2002.

- [7] 张峰,周维芝,张坤. 湿地生态系统的服务功益及可持续利用[J]. 地理科学,2003,23(6):674-679.
- [8] 努尔巴依·阿布都沙力克. 阿尔泰山植被及其保护[D]. 德国:Greifswald 大学(俄文版),2007.
- [9] 陈邦杰. 中国藓类植物属志(上册)[M]. 北京:科学出版社,1963.
- [10] 陈邦杰. 中国藓类植物属志(下册)[M]. 北京:科学出版社,1973.
- [11] 赵群英,贺晓涛. 阿勒泰地区主要生态环境问题及对策建议[J]. 新疆有色金属,2007(3):13-14.
- [12] 郭正刚,刘兴元,梁天刚. 新疆阿勒泰地区草地资源可持续管理分析[J]. 西北植物学报,2004,24(7):1173-1178.