

DOI:CNKI:61-1390/S.20110907.1053.008

网络出版时间:2011-09-07 10:53

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20110907.1053.008.html>

重庆四面山 5 种森林类型林冠截留影响因素浅析

张 焜, 张洪江, 程金花, 张君玉, 孙 龙, 马西军

(北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083)

【摘 要】 【目的】探讨三峡库区影响不同森林类型林冠截留的各因素的主次关系。【方法】观测了 2009 年 5—9 月份 25 场降雨的相关数据, 采用灰色关联分析法, 对重庆四面山温性针叶林、针阔混交林、常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林和暖性针叶林 5 种类型林分林冠截留的影响因素进行了研究。【结果】①不同类型林分的总林冠截留率大小顺序为暖性针叶林(42.70%)>温性针叶林(39.35%)>针阔混交林(39.05%)>常绿落叶阔叶混交林(36.28%)>常绿阔叶林(27.73%); 平均林冠截留率大小顺序为暖性针叶林(50.08%)>针阔混交林(44.91%)>温性针叶林(44.18%)>常绿落叶阔叶混交林(42.13%)>常绿阔叶林(31.33%)。②各气象因子对温性针叶林林冠截留量的影响程度顺序为降雨量>降雨强度>风速>气温>空气湿度; 对针阔混交林林冠截留量的影响程度顺序为降雨量>风速>降雨强度>空气湿度>气温; 对常绿阔叶林林冠截留量的影响程度顺序为降雨量=降雨强度>风速=气温>空气湿度; 对常绿落叶阔叶混交林林冠截留量的影响程度顺序为降雨量>降雨强度>风速>气温>空气湿度; 对暖性针叶林林冠截留量的影响程度顺序为降雨量>降雨强度>风速>气温>空气湿度。③该地区各类型林分林冠截留量与降雨量呈幂函数关系, 温性针叶林、针阔混交林、常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林和暖性针叶林达到饱和截留量时的降雨量依次为 102.4, 55.4, 52.2, 101.4, 102.4 mm。【结论】不同类型林分的林冠截留能力大小不同, 截留能力顺序为暖性针叶林>温性针叶林>针阔混交林>常绿落叶阔叶混交林>常绿阔叶林。

【关键词】 重庆四面山; 林冠截留; 灰色关联

【中图分类号】 S715.2

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2011)11-0173-07

Brief analysis on canopy interception effect and influencing factors of five forest types in Simian Mountain of Chongqing

ZHANG Kun, ZHANG Hong-jiang, CHENG Jin-hua,

ZHANG Jun-yu, Sun Long, MA Xi-jun

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

Abstract: 【Objective】 The study was to probe into the primary and secondary relation of factors influencing canopy interception of different forest types in Three Gorge Reservoir Region of Yangtze River. 【Method】 Related data of 25 rainfalls from May to September in 2009 were observed. The paper made a grey correlation analysis on the research of factors influencing canopy interception among five forest type in Simian Mountain of Chongqing. 【Result】 ①According to the general interception ratios from high to low, the five forest types are arranged as warm needle-leaved forest(42.70%)>temperate needle-leaved forest(39.35%)>broadleaf-conifer mixed forest(39.05%)>evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest

* [收稿日期] 2011-04-11

[基金项目] 国家“十一五”林业生态建设关键技术与示范项目(2006BAD03A130); 国家林业局 948 引进项目(2006-4-26); 国家自然科学基金项目(40771042, 30900866); 林业公益性行业科研专项“长江三峡库区多功能水土保持林体系营建技术研究”

[作者简介] 张 焜(1986—), 男, 河北石家庄人, 在读硕士, 主要从事水土保持与森林水文研究。E-mail: dunnxiaoning@126.com

[通信作者] 张洪江(1955—), 男, 河北易县人, 教授, 博士生导师, 主要从事土壤侵蚀与流域管理研究。

E-mail: zhanghj@bjfu.edu.cn

(36.28%)>evergreen broad-leaved forest(27.73%); According to the average interception ratios from high to low, the five types of forests are arranged as warm needle-leaved forest(50.08%)>broadleaf-conifer mixed forest(44.91%)>temperate needle-leaved forest(44.18%)>evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest(42.13%)>evergreen broad-leaved forest(31.33%). ②The influencing priority of meteorological factors for temperate needle-leaved forest is precipitation>rainfall intensity>wind velocity>temperature>air humidity. For broadleaf-conifer mixed forest, the priority is precipitation>wind velocity>rainfall intensity>temperature>air humidity. For evergreen broad-leaved forest, the priority is precipitation=rainfall intensity>wind velocity=temperature>air humidity. For evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest, the priority is precipitation>rainfall intensity>wind velocity>temperature>air humidity. And for warm needle-leaved forest, the priority is precipitation>rainfall intensity>wind velocity>temperature>air humidity. ③Between the canopy interception amount of each forest types and precipitation, a power function is shown. The precipitation of temperate needle-leaved forest, broadleaf-conifer mixed forest, evergreen broad-leaved forest, evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest, warm needle-leaved forest standard land when reaching the saturated canopy interception is 102.4 mm(temperate needle-leaved forest), 55.4 mm(broadleaf-conifer mixed forest), 52.2 mm(evergreen broad-leaved forest), 101.4 mm (evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest) and 102.4 mm(warm needle-leaved forest). 【Conclusion】 Different forest types have different canopy interception capabilities. The priority of canopy interception capability of different forest types is warm needle-leaved forest>temperate needle-leaved forest>broadleaf-conifer mixed forest>evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest>evergreen broad-leaved forest.

Key words: Simian Mountain of Chongqing; canopy interception; grey correlation

林冠截留是森林植被对降水的第一次再分配作用。林冠层通过对降雨雨滴的拦截和截持,不同程度地降低和减少了降水到达地面的数量和能量,削弱了雨滴对土壤的溅蚀和径流对土壤的冲刷,具有削减洪峰流量和涵养水源的水文生态功能。林冠截留研究已经有 100 多年的历史,国内外许多学者对林冠截留进行了研究,并取得了大量数据。美国的林冠截留研究显示,森林的截留量占到年降雨量的 10%~35%^[1],部分地区可高达 50%^[2]。我国的研究数据显示,林冠截留量占年降雨量的 15%~45%^[3-5]。林冠截留是一个复杂的过程,主要受气象因素和林分自身结构特征的影响^[6-7]。不同林分因树冠结构特征不同,对降雨的截留作用也有明显的差异。气象因素也是影响林冠截留的重要因素之一,主要包括降雨量、降雨强度、风速、气温、空气湿度等。笔者利用重庆四面山 5 种类型林地林冠截留的试验数据,并结合当地的气象数据,对林冠截留的影响因素进行了分析,旨在为评价三峡库区不同类型森林的水文作用和防护林的建设经营提供依据。

1 研究区概况

研究区位于三峡库区库尾重庆市江津区四面山

森林管理局的管辖范围内,地理坐标为东经106°17′~106°30′,北纬 28°31′~28°43′,系云贵高原大娄山北侧余脉。地势南高北低,海拔 500~1 700 m。

四面山土壤由白垩纪夹关组砖红色长石石英砂岩夹砖红、紫红粉砂岩等风化残积物、坡积物和冲积物发育而成。土壤呈微酸性至酸性,pH 4.0~6.1,森林土壤类型主要为黄壤、黄棕壤和紫色土等。土层厚度一般为 10~70 cm,局部可超过 120 cm。土壤物理性砂粒在 70%以上,有机质含量、代换量、含磷量都较低。

该地区属中亚热带季风湿润气候,气候温暖湿润,雨量充沛,四季分明,无霜期 285 d。多年平均气温 13.7℃,月平均最高气温在 8 月份,达 31.5℃,月平均最低气温在 1 月份,为-5.5℃,海拔每上升 100 m,气温递减 0.58℃。年日照时间 867 h。年均降雨量 1 522.3 mm,雨季集中在 5—9 月,此期降雨量占年平均降雨量的 62.7%。

四面山是全球植被最丰、空气最纯、水质最洁的地区之一。辖区内保存着第三世纪以来的植被,生长着 3.5 亿年前的古热带和古温带植物,是地球同纬度上仅存的规模最大、保护最完好的亚热带常绿阔叶林区,被联合国生态保护专家认定为地球上难

得的“天然物种基因库”。植被具有典型的亚热带常绿阔叶林特征,有地球同纬度仅存的亚热带常绿阔叶林 11.34 hm²,有原始次生阔叶林 3 150 hm²。主要乔木树种有杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、柳杉(*Cryptomeria fortunei*)、马尾松(*Pinus massoniana*)、石栎(*Lithocarpus glaber*)、木荷(*Schima superba*)、福建柏(*Fokienia hodginsii*)、香樟(*Cinnamomum camphora*)、枫香(*Liquidambar formsana*)、紫花杜鹃(*Rhododendron backii*)和楠竹(*Phyllostachys pubescens*)等。

2 标准地的设置

在研究区内的秦家沟设置了温性针叶林、针阔混交林、常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林和暖性针叶林 5 种类型林分的试验标准地,对其林冠截留效应进行研究。各标准地的基本情况见表 1。

表 1 重庆四面山不同类型林分标准地的基本情况
Table 1 Basic information of standard land of different forest types in Simian Mountain of Chongqing

森林类型 Forest type	立地因子 Site factor			林分特征 Forest characteristic			乔木树种 Arbor species
	海拔/m Altitude	坡位 Slope position	坡向 Aspect	起源 Origin	林龄/年 Stand age	郁闭度/% Crown density	
温性针叶林 Temperate needle-leaved forest	1 193.9	中下坡 Below mesoslope	NW67°	天然 Natural	20	70	柳杉 <i>C. fortunei</i>
针阔混交林 Broadleaf-conifer mixed forest	1 148.2	中下坡 Below mesoslope	NE17°	天然 Natural	20	50	木荷、杉木、马尾松 <i>S. superba</i> , <i>C. lanceolata</i> , <i>P. massoniana</i>
常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	1 177.6	中下坡 Below mesoslope	NW32°	天然 Natural	20	55	木荷、石栎 <i>S. superba</i> , <i>L. glaber</i>
常绿落叶阔叶混交林 Evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest	1 163.1	下坡 Down grade	SW25°	天然 Natural	20	60	木荷、香樟、石栎、枫香 <i>S. superba</i> , <i>C. camphora</i> , <i>L. glaber</i> , <i>L. formsana</i>
暖性针叶林 Warm needle-leaved forest	1 185.6	中下坡 Below mesoslope	NE10°	人工 Artificial	20	60	杉木、马尾松 <i>C. lanceolata</i> , <i>P. massoniana</i>

3 研究方法

2009 年 5—9 月份,共观测不同类型林分标准地内 25 场降雨的相关数据。

3.1 林外降雨的测定

在空旷地处建立 Vantage PRO 2(美国产)小型气象观测站,持续测定(每隔 1 h 自动采集 1 次数据)林外降雨量、降雨强度、风速、气温、空气湿度等气象数据。林外降雨量即为一次降雨历时气象数据中降雨量的累加值,对应的降雨强度、风速、气温、空气湿度为一次降雨历时每小时采集数据的平均值。

3.2 穿透雨量的测定

根据林分的郁闭状况和林冠层枝叶的分布情况,分别在每块标准地内选取 2 个具有代表性的采样点布设简易雨量计。每次降雨后立即测定雨量,并计算 2 个雨量计中雨量的平均值,作为对应标准地的穿透雨量。

3.3 林冠截留量的计算

诸多学者都采用水量平衡法^[6-8]计算林冠截留

量,公式如下:

$$I=P-(T+S)。$$
(1)

式中:*I* 为林冠截留量(mm),*P* 为林外降雨量(mm),*T* 为穿透雨量(mm),*S* 为树干茎流量(mm)。

但是,树干茎流量与穿透雨量相比相对较少,一般占到林外降雨量的 0.003%~0.379%^[6,8],因此可以忽略。本研究将降雨过程中的蒸发量和树干截留量也计算为林冠截留量,因此林冠截留量即为林外降雨量和穿透雨量的差值。截留率=(林冠截留量/林外降雨量)×100%,透流率=(穿透雨量/林外降雨量)×100%。

3.4 林冠截留量与其影响因素的灰色关联分析

采用灰色关联方法,对影响林冠截留量的气象因子进行分析。灰色关联分析是基于行为因子序列的微观或宏观几何接近程度,以分析和确定因子间的影响程度或因子对主行为的贡献测度的一种分析方法^[3]。灰色关联度的计算公式为:

$$\xi_i(k)=\frac{\min\min|X_0(k)-X_i(k)|+\rho\times\max\max|X_0(k)-X_i(k)|}{|X_0(k)-X_i(k)|+\rho\times\max\max|X_0(k)-X_i(k)|}。$$
(2)

$$\lambda_i=\frac{1}{n}\sum \xi_i(k)。$$

(3)

式中: ξ_i 为 X_0 与 X_i 在第 k 个指标的关联系数; $|X_0(k)-X_i(k)|$ 表示 X_0 数列与 X_i 数列在 k 点的绝对值, $\min \min |X_0(k)-X_i(k)|$ 和 $\max \max |X_0(k)-X_i(k)|$ 为二级最小差, 它们分别为 $|X_0(k)-X_i(k)|$ 集合中的最小值和最大值; ρ 为分辨系数, 用于削弱绝对差值太大引起的失真, 提高关联系数之间差异的显著性, 取值范围为 $0\sim 1$, 本文取 $\rho=0.5$ 。 λ_i 为灰色关联度, 是总体反映 X_0 数列与 X_i 数列之间关联性的量度, 取灰色关联系数 ξ_i 的平均值。

4 结果与分析

4.1 不同类型林分林冠截留能力的比较

为了深入了解不同类型林分对林冠截留的影响, 本研究采用单因素方差分析法对每场降雨的各林分林冠截留量进行了分析。

表 2 重庆四面山不同类型林分标准地的林冠截留能力分析

Table 2 Analysis of canopy interception capacity of different forest standard land types in Simian Mountain of Chongqing

森林类型 Forest type	项目 Item	穿透雨量/mm Penetrable rain	透流率/% Penetration rate	林冠截留量/mm Interception by canopy	截留率/% Interception rate
温性针叶林 Temperate needle-leaved forest	总计 Grand total	464.88	60.31	303.32	39.35
	平均 Average	18.60	55.82	12.13	44.18
针阔混交林 Broadleaf-conifer mixed forest	总计 Grand total	467.18	60.61	301.02	39.05
	平均 Average	18.69	55.09	12.04	44.91
常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	总计 Grand total	554.43	71.93	213.77	27.73
	平均 Average	22.18	68.67	8.55	31.33
常绿落叶阔叶混交林 Evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest	总计 Grand total	488.58	63.39	279.62	36.28
	平均 Average	19.54	57.87	11.18	42.13
暖性针叶林 Warm needle-leaved forest	总计 Grand total	439.09	56.97	329.11	42.70
	平均 Average	17.56	49.92	13.16	50.08

从表 3 的单因素方差分析结果可以看出, 在 95% 的置信水平下, 各类型林分对 25 场降雨的林冠截留能力差异不显著。表 3 对林冠截留能力的分析

表 3 重庆四面山不同类型林分对 25 场降雨林冠截留能力的单因素方差分析

Table 3 Single factor's variance analysis of canopy interception capacity of 25 rainfalls of different forest types in Simian Mountain of Chongqing

森林类型 Forest type	降雨次数 Number of rainfall	$\alpha=0.05$ 的子集 Subset of $\alpha=0.05$	显著性 Significance
常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	25	8.550 9	0.351
常绿落叶阔叶混交林 Evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest	25	11.184 9	
针阔混交林 Broadleaf-conifer mixed forest	25	12.040 7	
温性针叶林 Temperate needle-leaved forest	25	12.132 9	
暖性针叶林 Warm needle-leaved forest	25	13.164 3	

4.2 气象因素对不同类型林分林冠截留的影响

降雨过程(包括降雨量、降雨强度)直接决定林

从表 2 可以看出, 不同类型林分的林冠截留能力不同。从整个雨季 25 场降雨的总林冠截留率来看, 各类型林分的大小顺序为: 暖性针叶林(42.70%)> 温性针叶林(39.35%)> 针阔混交林(39.05%)> 常绿落叶阔叶混交林(36.28%)> 常绿阔叶林(27.73%); 从平均林冠截留率来看, 各类型林分的大小顺序是: 暖性针叶林(50.08%)> 针阔混交林(44.91%)> 温性针叶林(44.18%)> 常绿落叶阔叶混交林(42.13%)> 常绿阔叶林(31.33%)。在相同的降水条件下, 暖性针叶林和温性针叶林的林冠截留率相对高于针阔混交林、常绿落叶阔叶混交林和常绿阔叶林, 这主要是由于针叶林林冠层具有较大的冠层厚度, 同时针叶林的最大容水量相对较高, 因此具有较高的林冠截留率^[9]。常绿阔叶林的林冠截留能力最差, 这是因其林分结构单一, 结合表 1 可知, 其郁闭度也相对较小, 冠层容水空间较小, 因此林冠截留能力最差。

结果与表 2 基本相同, 大小顺序为暖性针叶林> 温性针叶林> 针阔混交林> 常绿落叶阔叶混交林> 常绿阔叶林。

冠截留量的大小, 风速、气温、空气湿度则不同程度地影响着降雨过程中林分内的水分蒸发速率, 从而

对林冠截留量产生间接影响。因此选取降雨量、降雨强度、风速、气温、空气湿度作为气象因素指标,通过对 2009 年 25 场降雨过程中相关数据的观测,得到各类型林分林冠截留量以及各影响因素的参数特征值,表 4 所示为不同类型林分标准地林冠截留量及各气象因子的部分数据。

表 4 重庆四面山不同类型林分林冠截留量及各气象因子的参数特征值

Table 4 Parameter characteristic value of canopy interception and factors influencing canopy interception of different forest standard land types in Simian Mountain of Chongqing						
森林类型 Forest type	林冠截留量/mm Interception by canopy	降雨量/mm Precipitation	降雨强度/ (mm·h ⁻¹) Rainfall intensity	风速/(m·s ⁻¹) Wind speed	气温/℃ Air temperature	空气湿度/% Air humidity
温性针叶林 Temperate needle- leaved forest	11.47	31.2	3.5	0.3	11.6	96.2
	6.03	14.6	3.2	0	14.9	96.1
	4.93	9.4	9.7	0.4	16.9	95.6
	2.05	3.4	0.6	0	13.9	97.3
	13.16	28.6	2.4	0	13.9	95.2
针阔混交林 Broadleaf- conifer mixed forest	11.43	20.2	2.4	0.1	14.8	97.0
	7.36	22.6	1.7	0.2	14.4	96.5
	6.44	11.8	2.4	0	13.7	96.7
	34.93	102.4	9.9	0.1	17.0	96.4
	6.81	20.4	6.9	0	17.4	96.1
常绿阔叶林 Evergreen broad- leaved forest	2.62	11.0	7.2	0.1	20.4	96.9
	12.70	37.0	4.9	0	19.0	96.8
	18.02	48.6	31.5	0	22.7	95.2
	15.76	101.4	46.3	0.2	20.0	96.5
	8.80	22.4	1.5	0	17.8	96.8
常绿落叶 阔叶混交林 Evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest	1.13	2.2	0.3	0	17.1	97.4
	5.16	10.4	4.5	0	20.1	96.8
	20.01	55.4	4.0	0	18.7	96.3
	0.66	1.8	12.6	0	21.9	96.0
	26.77	52.2	13.7	0.1	21.2	96.9
暖性针叶林 Warm needle- leaved forest	14.10	40.2	6.8	0	19.8	97.9
	11.48	19.2	6.4	0.1	19.6	96.3
	18.67	53.2	18.0	0.2	19.4	96.9
	3.14	3.8	0.4	0.4	14.9	95.1
	16.04	44.8	11.4	0.1	18.5	97.7

采用最大化处理方法,将林冠截留量和各气象因子的原始值标准化处理后,以林冠截留量为参考数列,以各气象因子为比较数列,进行灰色关联度分析,结果见表 5。

表 5 重庆四面山不同类型林分林冠截留量与其影响因素的灰色关联度

Table 5 Grey correlation degree of canopy interception and factors influencing canopy interception of different forest types in Simian Mountain of Chongqing						
森林类型 Forest type	降雨量 Precipitation	降雨强度 Rainfall intensity	风速 Wind speed	气温 Air temperature	空气湿度 Air humidity	
温性针叶林 Temperate needle-leaved forest	0.99	0.85	0.84	0.70	0.54	
针阔混交林 Broadleaf-conifer mixed forest	0.98	0.91	0.97	0.40	0.43	
常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	0.81	0.81	0.76	0.76	0.50	
常绿落叶阔叶混交林 Evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest	0.92	0.89	0.86	0.44	0.19	
暖性针叶林 Warm needle-leaved forest	0.95	0.82	0.78	0.68	0.56	
平均值 Mean value	0.93	0.86	0.84	0.60	0.44	

灰色关联度值越大,说明比较数列与参考数列的发展趋势越接近,即比较数列对参考数列的影响越大^[3]。据此由表 5 可以看出,温性针叶林的林冠截留量与其影响因子的灰色关联度大小顺序依次为:降雨量>降雨强度>风速>气温>空气湿度;针阔混交林的林冠截留量与其影响因子的灰色关联度

大小顺序依次为:降雨量>风速>降雨强度>空气湿度>气温;常绿阔叶林的林冠截留量与其影响因子的灰色关联度大小顺序依次为:降雨量=降雨强度>风速=气温>空气湿度;常绿落叶阔叶混交林的林冠截留量与其影响因子的灰色关联度大小顺序依次为:降雨量>降雨强度>风速>气温>空气湿度;暖性针叶林的林冠截留量与其影响因子的灰色关联度大小顺序依次为:降雨量>降雨强度>风速>气温>空气湿度。

由表 5 还可以看出,影响各种林分林冠截留量的主要因素是降雨过程。

4.3 林冠截留量与降雨量的关系

将本试验中 25 场降雨的降雨量 and 对应林冠截留量绘成散点图,结果见图 1。

从图 1 可以看出,该地区 5 种类型林分在中低

雨量级(0~49.9 mm)时,林冠截留量随降雨量的增加而增加,并逐渐趋向于饱和。温性针叶林、针阔混交林、常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林和暖性针叶林的饱和截留量依次约为 33.79,34.93,25.20,30.86和 33.93 mm;另外,根据 5 种森林类型达到统计数据中最大截留时对应的降雨量可得出,这 5 种类型森林接近或达到饱和截留量时的降雨量依次为 102.4,55.4,52.2,101.4 和 102.4 mm;林冠截留量接近或达到饱和截留量后,林冠截留量增加很少或者不再增加。由此得出,该地区林地林冠截留量与降雨量呈幂函数关系,并且野外实验数据与该模型拟合程度较高,其关系式如下:

$$I=aP^b。$$
(4)

式中: I 为林冠截留量(mm), P 为降雨量(mm), a 、 b 为常数。

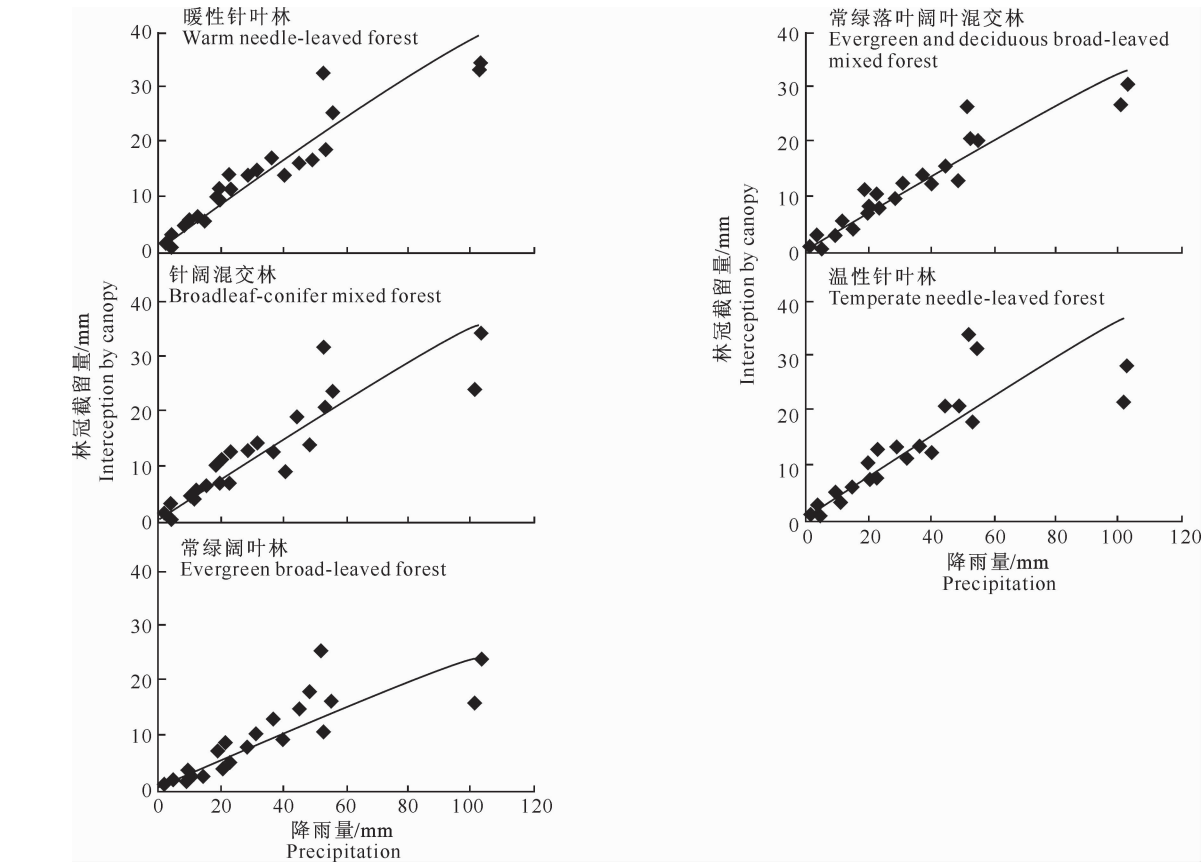


图 1 重庆四面山 25 场降雨的林冠截留量随降雨量的变化关系

Fig. 1 Relation between canopy interception and rainfall amount of 25 rainfalls in Simian Mountain of Chongqing

5 结 论

本研究采用实地观测的方法对重庆四面山温性针叶林、针阔混交林、常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林和暖性针叶林 5 种类型林分的林冠截留进行了

测定,对影响林冠截留的相关因素(气象因素和林分自身结构特征)作了详细分析,并阐述了林冠截留量与降雨量之间的关系,具体结论如下:

1)在降水条件相同的情况下,5 种类型林分的林冠截留能力大小顺序为:暖性针叶林>温性针叶

林>针阔混交林>常绿落叶阔叶混交林>常绿阔叶林。

2)各气象因子对温性针叶林林冠截留量的影响程度依次为降雨量>降雨强度>风速>气温>空气湿度;对针阔混交林林冠截留量的影响程度依次为降雨量>风速>降雨强度>空气湿度>气温;对常绿阔叶林林冠截留量的影响程度依次为降雨量=降雨强度>风速=气温>空气湿度;对常绿落叶阔叶混交林林冠截留量的影响程度依次为降雨量>降雨强度>风速>气温>空气湿度;对暖性针叶林林冠截留量的影响程度依次为降雨量>降雨强度>风速>气温>空气湿度。

3)该地区 5 种类型林分林冠截留量与降雨量均呈幂函数关系,其关系式为: $I = aP^b$ (I 表示林冠截留量; P 表示林外降雨量; a 、 b 为常数)。温性针叶林、针阔混交林、常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林和暖性针叶林达到饱和截留量时的降雨量依次为 102.4、55.4、52.2、101.4 和 102.4 mm。从总的趋势来看,在未达到饱和截留量之前,林冠截留量随降雨量的增加而增加,并逐渐趋于饱和;当林冠截留量接近或达到饱和截留量后,林冠截留量增加很少或者不再增加。

该研究也有不足之处:实际影响林冠截留的因素除上述分析中提及的外应该还有更多,而且上述各因素对林冠截留的具体影响机理尚未能得到详细结论。这些都需要在今后的研究中多加思考,多加分析,争取得到更完善的研究结果。

[参考文献]

[1] Zinke. Forest interception studies in the United States [M]// Sopper W E, Lull H W. International symposium on Forest Hydrology. Oxford:Pergamon Press,1967:137-161.

[2] Calder I R. Evaporation in the Uplands [M]. Chichester UD: John Wiley and Sons LTD,1990:148.

[3] 陈引珍,何 凡,张洪江,等. 缙云山区影响林冠截留量因素的

初步分析 [J]. 中国水土保持科学,2005,3(3):69-72.

Chen Y Z, He F , Zhang H J, et al. Preliminary analysis on factors influencing canopy interception in Jinyun Mountain [J]. Science of Soil and Water Conservation, 2005, 3(3): 69-72. (in Chinese)

[4] 莎仁图雅,田有亮,郭连生. 大青山区油松人工林降雨分配特征研究 [J]. 干旱区资源与环境,2009,23(6):157-160.

Sharen Tuya, Tian Y L, Guo L S. Study on characteristics of distribution of rainfall in *Pinus tabulaeformis* plantation in Daqing-Mountains [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2009, 23(6): 157-160. (in Chinese)

[5] 曾 杰,郭景唐. 太岳山油松人工林生态系统降雨的第一次分配 [J]. 北京林业大学学报,1997,19(3):22-26.

Zeng J, Guo J T. Study on the first distribution of precipitation by *Pinus tabulaeformis* plantation in the Taiyue Forest Region [J]. Journal of Beijing Forestry University, 1997, 19(3): 22-26. (in Chinese)

[6] 蒋俊明,费世民,余 英,等. 长宁竹海主要林分林冠降雨分配格局 [J]. 四川林业科技,2007,28(1):13-18.

Jiang J M, Fei S M, Yu Y, et al. Analysis of the distribution patterns of canopy precipitation of main forest stands in Changning County [J]. Journal of Sichuan Forestry Science and Technology, 2007, 28(1): 13-18. (in Chinese)

[7] 王艳红,宋维峰,李财金. 不同森林类型林冠截留效应研究 [J]. 亚热带水土保持,2008,20(3):5-10.

Wang Y H, Song W F, Li C J. Study on crown interception effect of different forest canopies [J]. Subtropical Soil and Water Conservation, 2008, 20(3): 5-10. (in Chinese)

[8] 夏体渊,吴家勇,段昌群,等. 滇中 3 种林冠层对降雨的再分配作用 [J]. 云南大学学报:自然科学版,2009,31(1):97-102.

Xia T Y, Wu J Y, Duan C Q, et al. Canopy rainfall redistribution of three forest vegetation types in Mid-Yunnan [J]. Journal of Yunnan University: Natural Sciences Edition, 2009, 31(1): 97-102. (in Chinese)

[9] 张洪江,杜士才,程 云,等. 重庆四面山森林植物群落汲取土壤保持与水文生态功能 [M]. 北京:科学出版社,2010.

Zhang H J, Du S C, Cheng Y, et al. Forest plant community Simian Mountains and its soil conservation and ecohydrological function [M]. Beijing: Science Press, 2010. (in Chinese)