冀北山地阔叶林对降雨再分配的影响

王 昱 程

(河北省阜平县水利局, 河北 保定 071000)

摘 要: [目的] 探讨冀北山地阔叶林林冠层的穿透降雨、冠层截留和树干径流对降雨再分配的影响,为该地区的森林建设、森林结构调整提供依据。[方法] 利用 SPSS 专业统计分析软件对林地降雨的数据进行相关性分析和回归分析。[结果] 林分的穿透雨占的比例是最大(占到总比例的 70.22%),林冠截留其次(为 28.20%),而树干径流占得比例最小(为 1.58%);穿透雨量与林外降雨量有比较好的线性关系(R^2 = 0.997 9),林分在降雨比较小的时候是不会有穿透雨的,当林外降雨量达到 0.78 mm 时开始出现穿透雨。林冠截留在降雨的再分配过程中占有很重要的作用,林冠截留量与林外降雨量有明显的幂函数关系,达到了极显著水平($p<0.01$)。树干径流量与林外降雨量呈现正相关的关系(R^2 = 0.9703),阔叶树林在降雨达到 4.88 mm 时才会出现树干径流,但是树干径流具有一定的时滞性,而时滞性的大小和林木本身及雨量的强弱都有很大的关系,当叶面积指数较小,并且枝干夹角成 45%,林木表面光滑则形成比较容易。[结论] 林冠层对降雨的再分配过程有重要影响,冀北山地阔叶林林冠层的水文效应与森林健康发展具有一定的关系。

关键词: 冀北山地; 阔叶林; 降雨再分配; 林冠截留

文献标识码: A **文章编号**: 1000-288X(2018)01-0107-04 **中图分类号**: S715

文献参数: 王昱程. 冀北山地阔叶林对降雨再分配的影响[J]. 水土保持通报, 2018, 38(1): 107-110. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2018.01.018. Wang Yucheng. Effects of broad-leaved forest on rainfall redistribution in mountain land in Northern Hebei Province[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(1): 107-110.

Effects of Broad-leaved Forest on Rainfall Redistribution in Mountain Land in Northern Hebei Province

WANG Yucheng

(*Water Conservancy Bureau of Fuping County, Hebei Province, Baoding, Hebei* 071000, *China*)

Abstract: [Objective] The paper aims to discuss the influence of canopy rainfall penetration, canopy interception and trunk runoff on rainfall redistribution in the mountainous hilly forest of Northern Hebei Province, and provide a basis for forest construction and forest structure adjustment in this area. [Methods] The correlation analysis and regression analysis of forest rainfall data were conducted on SPSS. [Results] The penetrating rain accounted for the largest proportion, accounting for 70.22% of the total. The canopy interception accounted for 28.20% while the trunk runoff accounted for 1.58% (R^2 = 0.997 9), there was no rain through the forest when the rainfall was relatively small. And when the rainfall outside the forest reached 0.78 mm, penetration occurs. Canopy interception played a very important role in the redistribution of rainfall. There was a significant power function relationship between canopy interception and rainfall outside the forest ($p<0.01$). There was a positive correlation between trunk runoff and rainfall outside the forest (R^2 = 0.9703). When the rainfall reached 4.88 mm, the trunk runoff occurred in the broad-leaved forest, but the trunk runoff had a time lag, which was closely related to the forest itself and the intensity of rainfall. When the leaf area index is small, and the angle between branches is about 45%, the bark surface was smooth, trunk runoff was relatively easy to occur. [Conclusion] The forest canopy had an important influence on the

收稿日期: 2017-08-21 **修回日期**: 2017-09-13

资助项目: 国家自然科学基金项目"基于森林空间结构的华北落叶松人工林种子萌发及幼苗成活机制研究"(31500523); 河北省林业厅科学技术研究计划资助项目(1705488)

第一作者: 王昱程(1972—),男(汉族),河北省保定市人,本科,高级工程师,主要从事农田水利和水土保持研究。E-mail:937962206@qq.com。

redistribution of rainfall. The hydrological effects of the canopy of broad-leaved forest in northern Hebei Province were related to the forest health development.

Keywords: mountain land in Northern Hebei Province; broad-leaved forest; rainfall redistribution; canopy interception

森林是生态系统的重要组成部分,森林的林冠层对大气的降水在二次分配的过程中有着非常重要的水文生态意义,特别是在对降雨的截留和减小降雨冲刷力上,降低了降雨的动能和势能,减少了降雨对土壤的直接冲刷,从而有效的减少了洪峰的强度、削弱了对土壤的侵蚀力度和提高了森林涵养水源的能力等生态功能[1-3]。森林在对降雨进行二次分配主要从3个方面进行体现,分别为:林冠截留、穿透雨和树干径流,国内外对这一过程研究较多,林分类型较多,有温带落叶松、杉木林和亚热带阔叶林等林分,研究结果表明,森林对降雨的截留率达到了10%~40%,林内的穿透雨率为60%~90%,树干径流较小,为0.5%~14%。

冀北山地位于干旱半干旱地带,该地区的水资源是比较匮乏的,而冀北山地针对阔叶林利用水资源的过程和规律研究相对较少,因此对该地区森林进行水文生态研究是非常有必要的,也是很有意义的。本文拟选取冀北山地的木兰围场的阔叶林作为研究对象,通过对阔叶林的林外降雨、林内穿透雨和树干径流进行测定,进一步探讨阔叶林对降雨二次分配的影响,为了能够更加深入的了解林冠层的水文效应,利用数学模型对这一过程进行模拟研究,以期为该地区的森林建设、森林结构调整和森林健康发展提供理论依据和技术支撑。

1 研究区概况

河北省木兰围场国有林场管理局(41°47′—42°06′N,116°51′—117°45′E)地处冀北山地,是燕山山脉、阴山山脉和大兴安岭山脉余脉向西南延伸的结合部。该区域属中温带向寒温带过渡、半干旱向半湿润过渡、大陆性季风型的高原山地气候。年平均气温-1.4~4.7 ℃,极端最高气温38.9 ℃,极端最低气温-42.9 ℃,≥0 ℃的年积温2 180 ℃,无霜期67~128 d。年均降水量380~560 mm,主要集中在6—8月。土壤主要为山地棕壤,土层深厚,海拔750~1 829 m。植被区系属温带草原地带高原东部森林草原区与暖温带落叶阔叶林地带燕山山地落叶阔叶林温性针叶林区的交接带。主要乔木树种:华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii*)、白桦(*Betula platyphylla*)、山杨(*Populus davidiana*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、蒙古栎(*Quercus mongolica*)云杉(*Picea asperata*)等;主要灌木树种:迎红杜鹃(*Rhododendron mucronulatum*)、土庄绣线菊(*Spiraea pubescens*)、毛榛(*Corylus mandshurica*)等;主要草本植物:东亚唐松草(*Thalictrum minus*)、披针薹草(*Carex lanceolata*)等。

2 研究方法

2.1 样地的设置与测定

本文选择阔叶林,在林分内选取30 m×30 m作为标准样地,在林分郁闭度调查中,机械的设置100个样点,在各样点位置上进行抬头垂直昂视,判断该样点是否被树冠覆盖,统计被覆盖的样点数,经过测定郁闭度达到了0.65,树种主要为白桦、黑桦和五角枫,平均胸径为19.1 cm,平均树高14.3 m,坡向为西南,坡度为16°,海拔1 123 m,利用全站仪来定位样地内的林木位置(x,y),并且对林木进行每木检尺和挂牌编号,根据对各林分每木检尺等林分因子的调查结果,胸径按5 cm间隔划分径级,分为小于5,5~10,10~15,15~20 cm等胸径阶段,经过测量在各径级中选择与平均数最接近的林木作为标准木,每个径阶选择2棵标准木。

2.2 穿透雨和树干径流的测定方法

在林外空地处设置直径为20 cm的标准雨量筒,每次降雨后立即观测,并与设置的小型气象站的数据进行综合,得出的平均降雨量为林外降雨量;为使观测更具代表性,将6个直径大小为20 cm承雨桶随机布设于样地内,每次雨后观测,以6个承雨桶的雨量平均数作为林内穿透水量;在调查出的标准木上进行测定,在树干离地1 m处用纵向切开的半圆蛇形管缠树2圈,用竹签将其钉在树干上,用玻璃胶填补其缝隙,树干粗糙的树皮进行适当处理,蛇形管下端接到塑料桶中,每次降雨后,对塑料桶中的水量进行测量,根据每次测量得出的茎流量,再乘以该径级树木的株数,计算所有径级的总和作为该森林群落的总树干茎流量[4-7]。

2.3 数据处理

根据林外降雨量、穿透雨量和树干径流量的测定数据,利用公式进行计算,求出林冠截留量:

$$I=P-(P_t+S) \quad (1)$$

式中:P——林外大气降水量(mm);P_t——穿透降雨量(mm);I——林冠截留雨量(mm);S———树干径流量(mm)。下同。

树干径流的计算公式如下:

$$S=\sum_{i=1}^{N}\frac{(S_N \cdot M_N)}{A\times 10^4} \quad (2)$$

式中:N——树干径级数;S_N——每一径级的单株树干径流量(ml);M_N——每个径级的树木株数;A——样地面积(m^2)。

使用 SPSS 专业统计分析软件对获取的试验数据进行相关性分析和回归分析[8-10]。

3　结果与分析

3.1　林外降雨与穿透雨的关系

试验在 2016 年 6 月至 2016 年 9 月进行,在进行试验数据收集过程中,共出现了 17 次降雨,其中有 6场是无效雨。在表 1 中可以看出,雨量最大的为 26.33 mm,最小的为 3.02 mm,降雨总量为 125.57 mm,平均每次降雨量为 11.42 mm,本地区大部分为小雨和中雨,出现了一次短历时的大雨,林分的穿透雨量占得比例是最大,平均值 70.22%,林冠截留其次,为 28.20%,而树干径流占得比例最小,为 1.58%。

在这 11 次降雨观测中,穿透雨量较大,比例较高,与阔叶林的叶面结构、树干粗糙度以及林分的郁闭度都有关系;林冠截留量随着降雨量的增加而增加,达到饱和后趋于稳定;林冠截留率在降雨非常小的时候会特别大,但是随着降雨量的增大而逐渐减小,最后趋于稳定;树干径流在降雨特别小的时候是形成不了的,但是随着降雨量的增加从而形成树干径流。在对林外降雨与穿透雨之间关系进行研究时,选择合适的模拟模型进行模拟,利用 R^2 值进行回归如图 1 所示。

表 1　阔叶树林内降雨再分配

序号	林外降雨量/mm	穿透雨量/mm	穿透率/%	林冠截留/mm	截留率/%	树干径流/mm	径流率/%
1	3.65	2.33	63.83	1.32	36.16	0.000 4	0.01
2	13.23	9.51	71.92	3.41	25.77	0.305 6	2.31
3	5.55	3.89	70.07	1.66	29.91	0.001 1	0.02
4	17.89	13.08	73.10	4.16	23.25	0.653 0	3.65
5	7.01	5.12	73.01	1.89	26.96	0.002 1	0.03
6	10.09	7.23	71.67	2.67	26.46	0.188 7	1.87
7	26.33	20.51	77.90	4.89	18.57	0.929 4	3.53
8	3.02	1.79	59.26	1.23	40.73	0.000 3	0.01
9	4.89	3.24	66.25	1.65	33.74	0.000 5	0.01
10	16.23	11.74	72.34	4.02	24.77	0.469 0	2.89
11	17.68	12.92	73.09	4.22	23.87	0.537 5	3.04

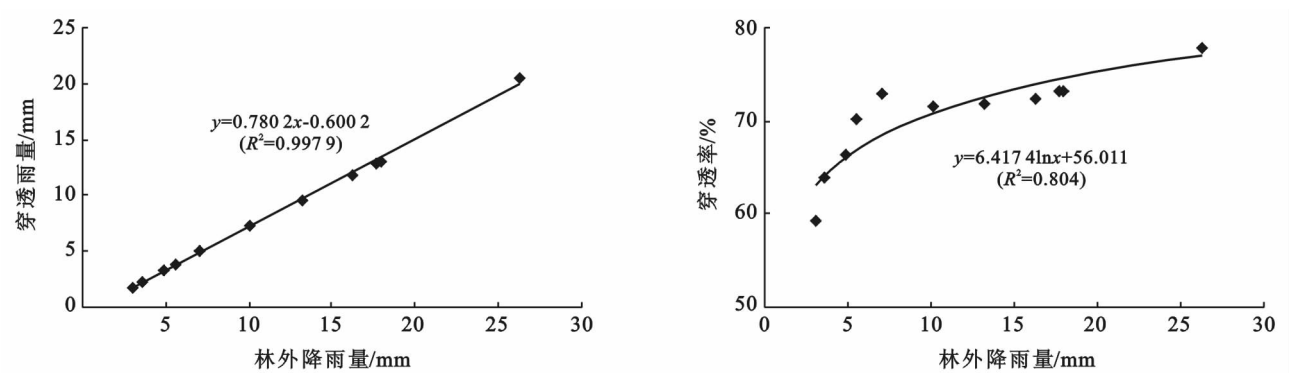


图 1　林外降雨量与穿透雨量、穿透率的关系

从图 1 可以,穿透雨量与林外降雨量有比较好的线性关系,方程为 $y=0.780\ 2\ x-0.600\ 2$,林分在降雨比较小的时候是不会有穿透雨的,当林外降雨量达到 0.78 mm 时开始出现穿透雨,穿透雨临界点比较小是因为阔叶林的林间空隙比较大,在降雨增加时,穿透雨也是不断的增加,2 个是正相关的关系,R^2 达到了 0.997 9,所以,林内穿透雨量与林外降雨量达到了极显著的水平。而穿透率则是与穿透量不同,在初期穿透率比较低,但是随着降雨量的增加而增加,但是增加到一定程度以后,趋于稳定。

3.2　林外降雨与林冠截留的关系

从表 1 可以看出,林冠截留占林外降雨量的比例还是比较大的,在降雨的再分配过程中占有很重要的作用,在进行拟合的过程中,在表 1 中可以看出

林冠截留量在降雨再分配过程中占有一定的比例，进行拟合以后林冠截留量的 R^2 值达到了 0.962 2，而林冠截留率的 R^2 值达到了 0.871。林冠截留量与林外降雨量的关系达到了极显著水平（$p<0.01$），而林冠截留率与林外降雨量的关系也是比较明显的（图 2）。

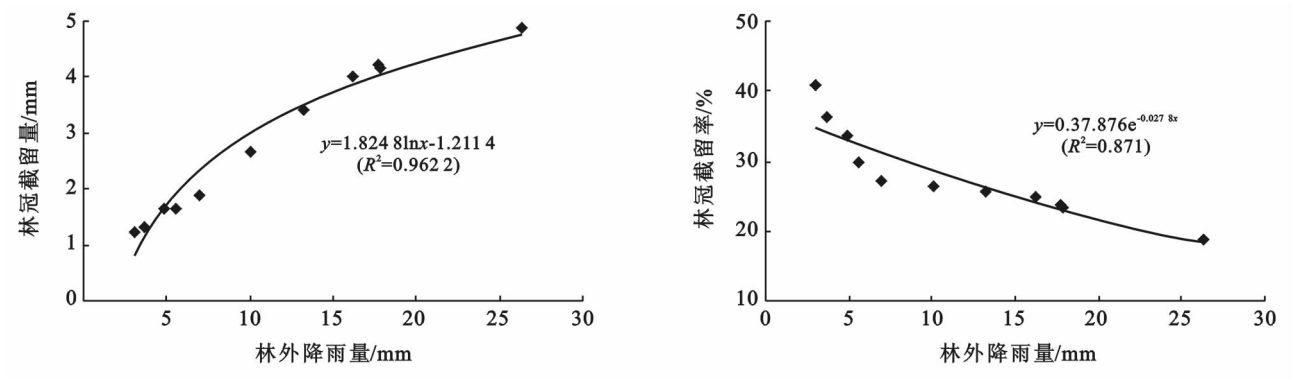


图 2 林外降雨量与林冠截留量、截留率的关系

从图 2 看出，林冠截留量随着林外降雨量的增加而不断增加，但是达到一定值以后趋于饱和，则不再增加，在林外降雨量比较小的时候，林冠截留了极大部分的降雨；林冠截留率在降雨比较低时是非常大的，但是随着降雨的增加而减小，与降雨量呈现了反相关的趋势，在林外降雨量达到一定值以后，林冠截留率则趋于稳定，影响林冠截留饱和的因素有很多，比如林分的树种组成、林冠的密度、冠幅和当天风力等。

3.3 林外降雨与树干径流的关系

从表 1 可以看出，树干径流量是非常小的，所占比例也是比较小的，树干径流量与降雨量是呈正相关的关系，且达到了显著水平（$p<0.01$），见图 3。

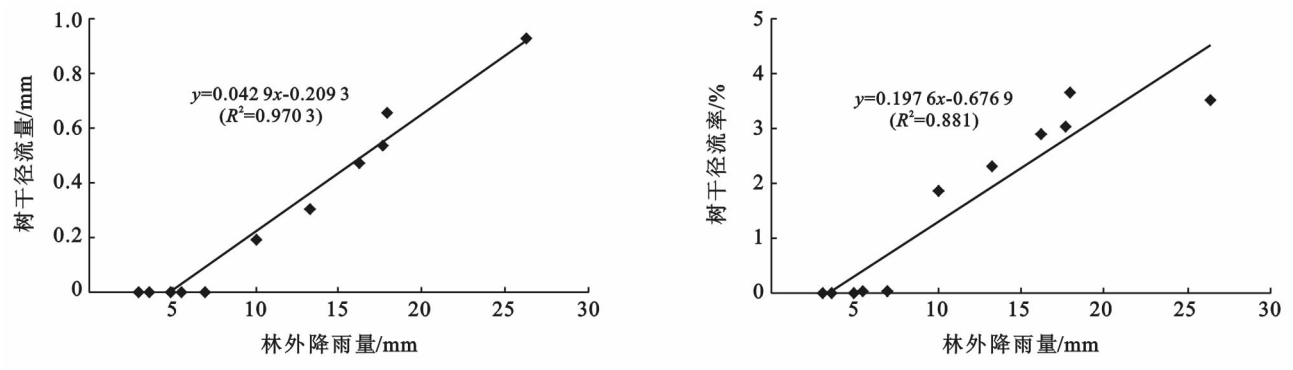


图 3 林外降雨量与树干径流量、径流率的关系

从图 3 可以看出，树干径流量与林外降雨量呈现正相关的关系，随着林外降雨的增加而增加，但是雨量小的时候是没有树干径流的，阔叶树林在降雨达到 4.88 mm 时才会出现树干径流，但是树干径流具有一定的时滞性，而时滞性的大小和林木本身及雨量的强弱都有很大的关系，当叶面积指数较小，并且枝干夹角成 45%，林木表面光滑则形成比较容易，反之，则不易形成。

4 结 论

（1）林分的穿透雨占得比例是最大，占到总比例的 70.22%，林冠截留其次，为 28.20%，而树干径流占得比例最小，为 1.58%；穿透雨量与林外降雨量有比较好的线性关系（$R^2=0.997\ 9$），方程为 $y=0.780\ 2x-0.600\ 2$，林分在降雨比较小的时候是不会有穿透雨的，当林外降雨量达到 0.78 mm 时开始出现穿透雨。

（2）林冠截留在降雨的再分配过程中占有很重要的作用，林冠截留量与林外降雨量具有明显的幂函数关系，达到了极显著水平（$p<0.01$）。

（3）树干径流量与林外降雨量呈现正相关的关系（$R^2=0.970\ 3$），阔叶树林在降雨达到 4.88 mm 时才会出现树干径流，但是树干径流具有一定的时滞性，而时滞性的大小和林木本身及雨量的强弱都有很大的关系，当叶面积指数较小，并且枝干夹角成 45%，林木表面光滑则形成比较容易，反之，则不易形成。

（下转第 115 页）

5　讨论与结论

(1) 本研究以黄河流域不同地类水土流失的差异为出发点,按照科学性、可行性和完整性原则,根据水土流失监测评价的需求和特点,参考国家土地利用现状分类标准和水利部颁布的土壤侵蚀分类分级标准,构建了黄河流域水土流失遥感监测土地利用现状分类体系,包括坡耕地、梯田、林草地、在建开发用地、淤地坝、沙地和其他用地 7 个类型。

(2) 对 5 个典型县分别按照既有和本研究所构建的土地利用分类体系进行了土壤侵蚀评价,评价结果表明,在获取同等精度水土流失评价结果的同时,大大提高黄河流域水土流失遥感监测的效率,对全国及大区域尺度的水土流失遥感监测也具有较高的参考价值。

(3) 水土流失遥感监测的土地利用分类分级体系与获取土地利用后采用的评价模型密切相关,本文建立的土地利用分类体系适用于土壤侵蚀分类分级标准中的评价规定,在应用其他模型评价时,还需要进行相应的调整。

[参　考　文　献]

[1] 李智广,曹炜,刘秉正,等. 我国水土流失现状与发展趋势研究[J]. 中国水土保持科学,2008,6(1):58-62.

[2] 卫伟,陈利顶,傅伯杰,等. 半干旱黄土丘陵沟壑区降水特征值和下垫面因子影响下的水土流失规律[J]. 生态学报,2006,26(11):3847-3853.

[3] 满建利,姜成彭,红霞,等. 降雨因素和不同土地利用方式对水土流失的影响[J]. 水土保持研究,2010,17(1):31-34.

[4] Feng Qiang, Zhao Wenwu, Wang Jun, et al. Effects of different land-use types on soil erosion under natural rainfall in the Loess Plateau[J]. Pedosphere, 2016,26(2):243-256.

[5] 闫胜军,郭青霞,闫瑞,等. 不同土地利用类型下水土流失特征及雨强关系分析[J]. 水土保持学报,2015,29(2):45-49.

[6] 赵辉,陈康,尹义莉. 构建我国水土保持监测空间尺度体系的思考[J]. 中国水土保持,2013(6):1-5.

[7] 中华人民共和国水利部. (SL190-2007)土壤侵蚀分类分级标准[S]. 北京:中国水利水电出版社,2008.

[8] 陈百明,周小萍.《土地利用现状分类》国家标准的解读[J]. 自然资源学报,2007,22(6):994-1003.

[9] 国务院第一次全国水利普查领导小组办公室. 第一次全国水利普查培训教材之 6:水土保持情况普查[M]. 北京:中国水利水电出版社,2010.

[10] 中国科学院资源环境科学数据中心. 2015 年中国土地利用现状遥感监测数据[EB/OL]. (2017-02-27)[2017-12-05]. http://www.resdc.cn/data.aspx? DATAID =184.

[11] 水利部水土保持监测中心. 全国水土流失动态监测与公告项目水土流失重点区域监测成果整编工作手册(试行)[Z]. 2015.

[12] 高健翎,高云飞,岳本江,等. 人民治理黄河 70 a 水土保持效益分析[J]. 人民黄河,2016,38(12):20-23.

[13] 刘晶妹,马巨革. 黄河流域山地段坡耕地利用问题与对策[J]. 中国土地科学,2003,17(2):59-64.

[14] 刘晓燕,王富贵,杨胜天,等. 黄土丘陵沟壑区水平梯田减沙作用研究[J]. 水利学报,2014,45(7):793-800.

[15] 罗西超. 黄土高原淤地坝建设现状及其发展思路[J]. 中国水土保持,2016(9):24-25.

[16] 中华人民共和国水利部. 中国水土保持公报(2013)[DB/OL]. (2013-12-31)[2017-12-05] http://www.mwr.gov.cn/sj/tjgb/zgstbcgb/201612/t20161222_776095.html.

(上接第 110 页)

[参　考　文　献]

[1] 姜海燕,赵雨森,信小娟,等. 大兴安岭几种典型林分林冠层降水分配研究[J]. 水土保持学报,2008,22(6):197-201.

[2] 常志勇,包维楷,何丙辉,等. 岷江上游油松与华山松人工混交林对降雨的截留分配效应[J]. 水土保持学报,2006,20(6):37-40.

[3] 何常清,薛建辉,吴永波,等. 岷江上游亚高山川滇高山栎林的降雨再分配[J]. 应用生态学报,2008,19(9):1871-1876.

[4] 时忠杰,王彦辉,徐丽宏,等. 六盘山华山松林降雨再分配及其空间变异特征[J]. 生态学报,2009,29(1):76-85.

[5] 殷晖,关文斌,薛肖肖,等. 贡嘎山暗针叶林林冠对降雨能量再分配的影响研究[J]. 北京林业大学学报,2010,32(2):2-5.

[6] 党宏忠,周泽福,赵雨森. 青海云杉林冠截留特征研究[J]. 水土保持学报,2005,19(4):61-64.

[7] 党宏忠,董铁狮,赵雨森. 水曲柳林冠的降水截留特征[J]. 林业科学研究,2008,21(5):657-661.

[8] 巩合德,张一平,刘玉洪,等. 哀牢山常绿阔叶林林冠的截留特征[J]. 浙江林学院学报,2008,25(4):469-474.

[9] 孙忠林,王传宽,王兴昌,等. 两种温带落叶阔叶林降雨再分配格局及其影响因子[J]. 生态学报,2014,34(14):3918-3986.

[10] 张宁,郭宾良,张国强,等. 沿坝地区天然次生林对降雨再分配的影响[J]. 水土保持研究,2015,22(6):99-102.