

用灰色关联法分析重庆缙云山林冠截留量影响因素

王 栋,张洪江,程金花,曹奇光,程 云,何 凡

(北京林业大学 水土保持学院 教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室,北京 100083)

摘 要:为研究影响缙云山林冠截留量各影响因素之间的关系,运用灰关联分析方法,计算了影响林冠截留因素的灰关联度值。通过灰关联分析,找出了影响缙云山林冠截留量的主要因素和次要因素。对于针阔混交林,其影响大小依次是:降雨量>降雨强度>气温>空气湿度>风速,其中降雨量的影响度达 0.87,空气湿度的影响最小,为 0.75;对于阔叶林,其影响大小依次是:空气湿度>气温>降雨量>降雨强度>风速,各影响因素灰关联度基本接近,最大值与最小值差仅为 0.089 91;对于楠竹林,其影响大小依次是:降雨量>降雨强度>空气湿度>风速>气温,降雨量的影响灰关联度达 0.97,气温的灰关联度最小,为 0.79。降雨量、降雨强度和风速、气温、空气湿度等对林冠截留影响显著。影响针阔混交林、楠竹林林冠截留量的主要是降雨过程,灰关联度达到 0.85;蒸散过程对阔叶林林冠截留起着重要的作用,但降雨量的影响比降雨强度要大。

关键词:林冠截留量;灰关联度;灰关联分析

中图分类号:S715.2 文献标识码:A 文章编号:1005-3409(2007)06-0264-04

Grey Correlation Analysis on Factors Influencing Canopy Interception in Jinyun Mountain in Chongqin

WANG Dong,ZHANG Hong-jiang,CHENG Jin-hua,CAO Qi-guang,CHENG Yun,HE Fan

(College of Soil and Water Conservation in Beijing Forestry University,Key Lab of Soil and Water Conservation and Desertification Combating,Ministry of Education,Beijing 100083,China)

Abstract :To research the relation of factors influencing canopy interception in Jinyun Mountain in Chongqing ,by the grey system theory ,the authors calculate the grey correlation degree of factors influencing canopy interception .Based on the grey system theory ,we find out the primary and secondary relation of factors influencing canopy interception in Jinyun Mountain .For mixed broadleaf-conifer forest ,the influencing priority of analyzed factors is precipitation > rainfall intensity > temperature > air humidity > wind velocity .The highest grey correlation degree is precipitation ,it reach 0.87 .Air humidity is the worst factor ,it is only 0.75 .For broad-leaved forest ,the priority is air humidity > temperature > precipitation > rainfall intensity > wind velocity ,the data of grey correlation degree are approximate ,the difference of the maximum and minimum grey correlation is only 0.089 91 .For *Phyllostachys pubescens* forest ,the influencing priority of analyzed factors is precipitation > rainfall intensity > air humidity > wind velocity > temperature ,the grey correlation degree of precipitation is 0.97 ,the worst grey correlation degree is temperature ,it is 0.79 .Precipitation ,rain intensity and wind velocity ,temperature ,air humidity ,those factors greatly affect the amount of the canopy interceptions .The canopy interceptions of mixed broadleaf-conifer forest and *Phyllostachys pubescens* forest are mainly influenced by the process of rainfall ,the grey correlation degree is 0.85 .The process of evapotranspiration is important to the canopy interception of broad-leaved forest ,but the influenced by precipitation is greatly than rainfall intensity .

Key words :canopy interception ;grey correlation degree ;analysis of grey correlation

灰色关联度分析法是灰色系统理论的一种分析方法,此方法被应用于各行各业。笔者用灰色关联度方法分析重庆缙云山林冠截留量影响因素,以了解诸多因素在林冠截留中的作用大小,充分发挥林冠截留的生态水文功能。林冠截留是森林植被的重要水文功能之一,森林对降水调节的作用,首先表现为林冠对降水的截留过程^[1,3]。林地降雨有相当一部分未能直接到达地表,而是被林冠层、灌木草本层、枯枝落叶层所截持^[4-5]。由于林冠的截留作用,截蓄了一部分降雨

量,减少了地表产流量,起到了削减洪峰流量和涵养水源的生态功效^[6-7]。林冠截留过程是相当复杂的,它除受到林种、林龄、郁闭度等林分自身特征的影响之外,还受到降雨量、降雨强度、降雨历时、风速等因素的影响^[8-11]。中野秀章认为,截留功能强的林种,一般应当是蓄积量大的郁闭壮龄林,组成树种的叶细密,小枝呈锐角着生,单位面积叶量大,小枝聚集形成稠密的树冠^[12]。林冠截留是森林理水调洪功能的重要组成部分。

收稿日期:2007-01-10
基金项目:国家“973 重点研究发展计划”长江上游环境变化与水产沙作用机理”(2003CB41202-3);International Foundation for Science “The spatial variability of soil water movement properties with macropores in forestland in Jinyun Mountain region in China (W/3430-1)”
作者简介:王栋(1970-),男,讲师,在读博士,主要从事水土保持研究。
通信作者:张洪江,教授,博士生导师,主要从事流域管理和土壤侵蚀研究。

1 研究区概况

研究区域选择在长江三峡库区上游重庆缙云山森林植被生态监测站,该站属于国家林业局森林生态监测研究网络站点之一,位于重庆市北碚区缙云山自然保护区境内,嘉陵江小三峡之温塘峡西岸,地理坐标为东经 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。缙云山自然保护区具亚热带季风湿润性气候特征,年平均气温 13.6℃,最热月(8 月)平均气温 24.3℃,最冷月(1 月)平均气温 3.1℃。10 年积温为 4 272.4℃。相对湿度年平均 87%,水汽压年平均 1.49 kPa。年平均降水量 1 611.8 mm,4~9

月降水量 1 243.8 mm,占全年的 77.2%。年平均蒸发量 777.1 mm。年平均日照时数低于 1 293 h。缙云山的土壤以三迭纪须家河组厚层石英砂岩、炭质页岩和泥质砂岩为母质风化而成的酸性黄壤及水稻土。山麓地区为侏罗纪由紫色砂页岩夹层上发育的中性或微石灰性的黄壤化紫色土。缙云山地处我国亚热带地区,地带性植被常绿阔叶林保存良好,植物种类繁多。共有 6 个植被类型、32 个群系、54 个群丛。高等植物 244 科、973 属、1 861 种;裸子植物 9 科、26 属、45 种;被子植物 152 科、795 属、1 559 种,缙云山有维管束植物 205 科、877 属、1 711 种。主要有常绿阔叶林、常绿针阔混交林、暖性常绿针叶林、竹林、灌丛和栽培植物等 5 种类型。

表 1 试验区植被基本情况

用地类型	郁闭度	主要树种	主要下木种	主要地被物物种
针阔混交林	0.7	马尾松(<i>Pinus massoniana</i>)、杉木(<i>Cunninghamia lanceolata</i>)、四川大头茶(<i>Gordonia Sutchuanensis</i>)、四川山矾(<i>Symplocos setchuanensis</i>)、四川杨桐(<i>Adinandru bockiana</i>)	杜茎山(<i>Mells indica</i>)、四川杨桐、虎皮楠(<i>Daphniphyllum dhamiv</i> (Hemsl.) Rosenth)、小叶栲(<i>Castanopsis carlesii</i> Hayata Var. <i>spinulosacheng</i>)、铃木(<i>Eurya japonica</i>)、毛新木姜子(<i>Neolitea aurata</i>)、光叶山矾(<i>Symplocos lancifolia</i>)、罗浮柿(<i>Diospyros morrisiana</i>)	蕨类(Pteridiaceae)、狗脊蕨(<i>Woodwardia japonica</i>)、里白(<i>Diplopterygium glauca</i>)、淡竹叶(<i>Lophatherum gracile</i>)
常绿阔叶林	0.8	四川大头茶、四川杨桐、白毛新木姜子(<i>Neolitsea velutina</i> W. T. Wang)	小叶栲(<i>Castanopsis carlesii</i>)、杜茎山、贵州鼠李(<i>Rhamnus esquireolii</i>)、四川山矾、铃木、菝葜(<i>Smilax china</i>)	蕨类、狗脊蕨、淡竹叶
楠竹林	0.8	楠竹(<i>Phyllostachys pubescens</i>)	杜茎山、菝葜、地瓜藤(<i>Ficus virens</i>)	蕨类、异叶冷水花(<i>Pilea pumila</i>)、竹叶草(<i>Oplismenus compositus</i>)、鸭跖草(<i>Commelina communis</i>)、蝴蝶花(<i>Viola tricolor</i>)

表 2 不同类型林分基本特征

植被类型	郁闭度	树种	数量/	平均胸径/	平均树高/
			株	cm	m
针阔混交林	0.7	大头茶	5	14.76	17.2
		马尾松	2	31.7	27.5
		白毛新木姜子	9	3.62	4.53
		四川杨桐	1	6.4	8
		四川山矾	4	6.225	6.375
		光叶山矾	1	4	5.5
		铃木	4	3.85	4.3
		杉木	1	1.2	1.3
		罗浮柿	2	1.2	2.2
		冬青	1	1.2	1.3
阔叶林	0.8	冬桃	1	3.8	4.7
		铃木	2	2.8	2.45
		白毛新木姜子	4	5.325	6.25
		四川大头茶	18	10.58	13.06
		四川杨桐	1	3.6	5.8
		贵州鼠李	1	1	1.6
楠竹林	0.8	小叶栲	2	3.25	4.5
		四川山矾	2	1.75	15
楠竹林	0.8	楠竹	33	11	13

本试验观测林分有针阔混交林、阔叶林、楠竹(*Phyllostachys pubescens*)纯林。缙云山针阔混交林从东向西呈带状分布,乔木层一般比较繁盛,试验区其中常见的树种有马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)、杉木(*Cunninghamia lan-*

ceolata)、大头茶(*Gordonia axialris*)、山矾(*Symplocos setchuanensis*),下木为杜茎山(*Maesa japonica* (Thunb.) Morvtzi ex Zoll)、虎皮楠、小叶栲等。阔叶林试验区主要为四川大头茶(*Gordonia sutchuanensis* Chang)、白毛新木姜子(*Neolisea aurata* Prvt ex Dels)、四川杨桐(*Adynandra bochiana* Prvtz ex Piel)等。下木为小叶栲、菝葜(*Smilax chvna* L.)等。竹类大约有 20 余种,主要是楠(毛)竹,竹类分布较广,在土壤深厚的平地缓坡,阴湿沟谷等地分布较多。

2 研究方法

2.1 降雨观测

在小区周围建立的气象站观测内容主要包括降雨、风速、蒸发量、空气温湿度和土壤温湿度等,使用 B-432-Z 型自记雨量计记录降雨量和降雨过程。使用 CR10X 数据采集器,自动采集记录降雨量、风速、气温、空气湿度等数据。在每个被测林分周围布置自记雨量计观测林外降雨。根据林分郁闭情况在林内布设简易雨量计,每次降雨后观测林内降雨量,取各雨量计以郁闭度为权重的加权平均值作为该林分的林内降雨量。在不考虑降雨过程中蒸发量和树干截留情况下,林冠截留量为林外降雨量和林内降雨量之差(降雨中蒸发量和树干截留量相对于林冠截留量较小,忽略不计)。

2.2 分析方法

对不确定事件进行分析的方法有多种,应用比较多的有模糊数学、黑箱和灰色系统等方法。模糊数学着重研究内涵

明确,外延不明确的对象。黑箱方法是着重系统外部行为数据的处置方法,是因果关系的量化方法。灰色系统着重研究内涵不明确,外延明确的对象。灰色系统理论以“部分信息已知,部分信息未知”的“小样本”、“贫信息”不确定性系统为研究对象,主要通过对“部分”已知信息生成、开发,提取有价值信息,实现对系统运动规律的正确和有效控制。灰色关联分析的基本思想是根据序列曲线几何形状相似程度来判断其联系是否紧密,曲线越接近,相应序列之间的关联度就越大,反之就越小^[13]。运用灰关联分析方法,对影响林冠截留的因子进行灰关联分析,提出影响林冠截留的主要因子。

3 结果与分析

通过对 2004 年数场降雨过程中相关数据的分析,得到各观测植被类型林冠截留量以及影响因素的参数特征值。从多场降雨分析降雨量、雨强、风速、气温和空气湿度对不同林分影响的差异(见表 3、表 4)。从表中可看出,所研究的几种不同类型植被的林冠,降雨的截留能力存在着差异,就单场降雨的林冠截留能力而言,其大小依次为:针阔混交林>阔叶林>毛竹林。与前人在当地进行的相关研究得到的结论基本一致^[14]。

表 3 同一降雨下林冠截留量及各影响因素的参数特征值

降雨 编号	针阔 混交林/ mm	阔叶林 /mm	楠竹林 /mm	降雨量 /mm	雨强/ (mm· h ⁻¹)	风速/ (m· s ⁻¹)	气温/ °C	空气 湿度/ %
1	3.40	1.72	2.57	3.40	0.94	0.00	14.03	78.02
2	22.50	20.90	8.46	27.60	1.42	0.23	20.57	101.04
3	4.02	4.52	3.70	6.20	0.72	0.01	20.51	101.17
4	8.50	4.32	2.68	8.50	0.34	0.00	11.63	102.00

影响林冠截留的因子有降雨量、降雨强度、风速、气温和空气湿度等,运用灰关联分析的方法对各因子进行比较,分析影响林冠截留的主要因素。进行灰关联分析时,由于不同因子量纲不同,不便于进行对比。为消除各因子间由于量纲不同对分析造成的影响,需要进行数据的标准化处理,得到各因子的标准化值。即在各组数值中,选取其中的一组数据为标准参照值,然后把每组的所有数值与其对应相除,所得的比值组成新的数列^[15]。将林冠截留量标准化数值作为参考数列,其影响因素标准化数值作为比较数列,计算得灰关联度。计算过程如下,以计算影响针阔混交林林冠截留各因子灰关联度为例。

首先把原始数据进行初值化处理,求各序列的初值像(或均值像),进行无量纲标准化处理。以林冠截留量为参考序列,以 17 场降雨为比较序列。

$$x_0 = (x_0(1), x_0(2), x_0(3), x_0(4), \dots, x_0(17))$$
$$= (1.66, 4.56, 1.08, 2.26, \dots, 3.16)$$
$$= (1.66, 1.66, 1.66, 1.66, \dots, 1.66)$$
$$= (1.00, 2.75, 0.65, 1.36, \dots, 1.90)$$

同理可得:

$$x_1 = (1.00, 2.07, 3.48, 1.22, \dots, 1.56)$$
$$x_2 = (1.00, 0.39, 0.68, 1.42, \dots, 0.64)$$
$$x_3 = (1.00, 0.04, 0.04, 0.47, \dots, 0.05)$$
$$x_4 = (1.00, 1.03, 1.39, 1.25, \dots, 1.66)$$
$$x_5 = (1.00, 1.10, 1.12, 1.16, \dots, 1.18)$$

表 4 林冠截留量以及各影响因素的参数特征值

植被 类型	降雨 编号	林内 雨量/ mm	降雨量/ mm	截留量/ mm	雨强/ (mm· h ⁻¹)	风速/ (m· s ⁻¹)	气温/ °C	空气 湿度/ %
针阔混交林	1	1.04	2.70	1.66	1.16	1.31	12.01	85.76
	2	1.04	5.60	4.56	0.45	0.05	12.41	94.76
	3	8.32	9.40	1.08	0.79	0.05	16.69	96.05
	4	1.04	3.30	2.26	1.65	0.62	15.01	99.70
	5	6.24	8.60	2.36	1.97	0.19	17.38	95.77
	6	2.08	4.40	2.32	1.80	0.06	16.96	96.28
	7	8.32	15.40	7.08	1.59	3.08	9.24	99.79
	8	6.24	28.80	22.56	10.73	1.10	17.80	96.51
	9	2.08	5.80	3.72	1.74	0.26	17.87	99.24
	10	1.04	2.90	1.86	1.20	0.04	18.24	99.75
	11	2.08	9.80	7.72	0.49	0.56	14.90	96.95
	12	0.00	6.30	6.30	0.86	0.54	15.76	99.02
	13	1.04	13.10	12.06	3.93	0.12	23.08	95.16
	14	8.32	19.20	10.88	1.89	0.17	20.44	100.84
	15	7.28	32.20	24.92	4.11	0.03	20.05	100.91
	16	7.28	27.60	20.32	1.42	0.23	20.57	101.04
	17	1.04	4.20	3.16	0.74	0.07	19.98	101.29
阔叶林	1	26.24	28.80	2.56	10.73	1.10	17.80	96.51
	2	2.10	3.40	1.30	0.94	0.00	14.03	78.02
	3	2.10	32.20	11.20	4.11	0.03	20.05	100.91
	4	8.38	27.60	19.22	1.42	0.23	20.57	101.04
	5	2.10	6.20	4.10	0.72	0.01	20.51	101.17
	6	2.10	3.80	1.70	0.21	0.00	19.85	101.43
	7	5.22	8.50	3.28	0.34	0.00	11.63	102.00
	8	11.44	17.50	6.06	1.57	0.00	12.04	97.68
	9	1.04	6.90	5.86	0.49	0.00	12.98	102.31
	10	1.04	11.50	10.46	0.24	0.00	11.42	101.88
楠竹林	1	42.64	57.00	14.36	1.24	0.17	11.28	99.70
	2	11.44	14.60	3.16	3.81	0.45	18.17	95.42
	3	2.08	5.60	3.52	0.24	0.19	22.35	80.64
	4	4.20	8.30	4.10	0.50	0.30	16.26	93.21
	5	3.12	3.90	0.78	0.56	1.00	14.93	96.46
	6	38.48	50.10	11.62	0.52	0.07	16.41	99.11
	7	2.08	2.90	0.82	0.38	0.27	20.25	100.16
	8	6.24	8.10	1.86	1.19	0.04	19.72	99.75
	9	72.80	74.20	1.40	5.36	0.05	20.12	100.72
	10	1.04	2.60	1.56	0.74	0.17	20.41	100.90
	11	18.78	18.90	0.12	22.68	1.55	20.27	94.60
	12	1.04	3.50	2.46	0.66	0.06	22.47	93.99
	13	23.92	27.60	3.68	1.42	0.23	20.57	101.04
	14	3.12	6.20	3.08	0.72	0.01	20.51	101.17
	15	4.16	5.40	1.24	0.39	0.00	9.28	102.43
	16	5.20	6.80	1.60	0.30	0.00	10.96	102.11
	17	7.28	8.50	1.22	0.34	0.00	11.63	102.00
	18	3.12	5.80	2.68	0.17	0.00	11.18	102.82
	19	3.12	4.50	1.38	0.57	0.00	11.83	102.05

根据 $o_i(k) = |x_0(k) - x_i(k)|, i = 0, 1, 2, 3, 4, \dots, 17; k = 0, 1, 2, 3, 4, \dots, 17$ 求差序列,得:

$$o_1 = (o_1(1), o_1(2), o_1(3), o_1(4), \dots, o_1(17))$$
$$= (0.00, 0.67, 2.83, 0.14, \dots, 0.35)$$

同理得:

$$o_2 = (0.00, 2.36, 0.03, 0.06, \dots, 1.27)$$
$$o_3 = (0.00, 2.71, 0.61, 0.89, \dots, 1.85)$$
$$o_4 = (0.00, 1.71, 0.74, 0.11, \dots, 0.24)$$
$$o_5 = (0.00, 1.64, 0.47, 0.20, \dots, 0.72)$$

根据求得的差序列,求两极最大差与最小差,过程如下:

$$\text{因为 } i = 1 \text{ 时, } \max_k |x_0(k) - x_1(k)| = o_1(15) = 3.09$$
$$i = 2 \text{ 时, } \max_k |x_0(k) - x_2(k)| = o_2(15) = 11.47$$
$$i = 3 \text{ 时, } \max_k |x_0(k) - x_3(k)| = o_3(15) = 14.99$$
$$i = 4 \text{ 时, } \max_k |x_0(k) - x_4(k)| = o_4(15) = 13.34$$

$i = 5$ 时, $\max_k |x_0(k) - x_5(k)| = 0.05(15) = 13.84$
所以最大差为 $\max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)| = 14.99$
同理可得最小差为 $\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)| = 0$
求得最大差与最小差后, 根据 $\theta_i(k) = \frac{\max}{\theta_i(k) + \max}$ 计算关联系数。

一般取 $\theta = 0.5$, 得: $\theta_i(k) = \frac{0.5 - \max}{\theta_i(k) + 0.15 \max}$
有 $k = 1$ 时 $\theta_1(1) = \frac{7.495}{\theta_1(1) + 7.495} = \frac{7.495}{0 + 7.495} = 1$
 $\theta_2(1) = \frac{7.495}{\theta_2(1) + 7.495} = \frac{7.495}{0.67 + 7.495} = 0.92$
 $\theta_3(1) = \frac{7.495}{\theta_3(1) + 7.495} = \frac{7.495}{2.83 + 7.495} = 0.73$
 $\theta_4(1) = \frac{7.495}{\theta_4(1) + 7.495} = \frac{7.495}{0.14 + 7.495} = 0.98$
...
 $\theta_{17}(1) = \frac{7.495}{\theta_{17}(1) + 7.495} = \frac{7.495}{0.35 + 7.495} = 0.96$
同理得 $k = 2, 3, 4, 5$ 的关联系数。
根据求得的关联系数计算关联度, 则有:
 $r_{01} = \frac{1}{17} [\theta_1(1) + \theta_1(2) + \theta_1(3) + \dots + \theta_1(17)] = 0.87$
同理得: $r_{02} = 0.78; r_{03} = 0.70; r_{04} = 0.76; r_{05} = 0.75$
经计算可得影响阔叶林、楠竹林林冠截留量各因素的灰关联度值(见表 5)。

表 5 林冠截留量与其影响因素的灰关联度

植被类型	降雨量	雨强	风速	气温	空气湿度
针阔混交林	0.87062	0.77729	0.70451	0.76472	0.75472
阔叶林	0.70051	0.67371	0.66618	0.73706	0.75609
楠竹林	0.97297	0.85913	0.84593	0.78884	0.85853
平均值	0.84803	0.77004	0.73887	0.76354	0.78978

灰关联度值越大, 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发展影响就越大。通过运算, 得到关联度如表 5 所示。从表 5 可看出, 针阔混交林的林冠截留量与其影响因素的灰关联度大小顺序依次为: 降雨量 > 降雨强度 > 气温 > 空气湿度 > 风速, 其中降雨量的影响度达 0.87, 空气湿度的影响最小, 为 0.75; 阔叶林的林冠截留量与其影响因素的灰关联度大小顺序依次为: 空气湿度 > 气温 > 降雨量 > 降雨强度 > 风速, 各影响因素灰关联度基本接近, 最大值与最大值差仅为 0.089 91; 而楠竹林的林冠截留量与其影响因素的灰关联度大小顺序依次为: 降雨量 > 降雨强度 > 空气湿度 > 风速 > 气温, 降雨量的影响灰关联度达 0.97, 灰关联度最小的气温也有 0.79。因此在本文所分析的各因素中, 对针阔混交林和楠竹林的林冠截留量影响最大的主要是降雨量, 降雨强度次之, 这说明影响针阔混交林林冠截留量的主要是降雨过程。
对于针阔混交林和楠竹林的林冠截留量影响最大的是降雨量, 其次是降雨强度。而气温、空气湿度、风速的影响相对较小。这主要是由于针阔混交林上下林冠结构复杂, 叶表面积较大, 另外研究区的楠竹林高度达 13 m, 枝繁叶茂。这些特点能有效地截持降水, 所以降雨过程对林冠截留影响较大。同时由于这种结构的影响, 气温、空气湿度和风速的影响对林冠截留量影响不如降雨过程的大。影响阔叶林林冠截留量与针阔混交林和楠竹林有所不同, 影响最大的是空气湿度和气温。其次是降雨量和降雨强度, 影响最小的是风

速。各影响因素灰关联度基本接近, 最大值与最小值差仅为 0.089 91。但降雨量的影响还是比降雨强度要显著。

4 结论与讨论

通过灰关联分析, 找出了影响缙云山林冠截留量因素的主次关系。对于针阔混交林, 其影响大小依次是: 降雨量 > 降雨强度 > 气温 > 空气湿度 > 风速; 对于阔叶林, 其影响大小依次是: 空气湿度 > 气温 > 降雨量 > 降雨强度 > 风速; 对于楠竹林, 其影响大小依次是: 降雨量 > 降雨强度 > 空气湿度 > 风速 > 气温。
影响针阔混交林、楠竹林林冠截留量的主要是降雨过程。蒸散过程对阔叶林林冠截留起着重要的作用, 但降雨量的影响比降雨强度要大。从影响针阔混交林、阔叶林和楠竹林林冠截留量各因素的灰关联度值可以发现, 楠竹林对各因子的反应灵敏, 而阔叶林最不灵敏。对针阔混交林、阔叶林和楠竹林影响最大的是降雨量, 平均灰关联度值达到 0.85, 降雨量对植被的林冠截留量有显著影响。
在研究降雨对林冠截留量影响的过程中, 由于忽略了降雨过程中蒸发作用和树干截留的影响, 简化了计算程序, 但也影响了计算的精度。实际上降雨过程中的降雨量、降雨强度和蒸散过程中的风速、气温、空气湿度等对林冠截留也有一定影响, 另外影响林冠截留的因素还有林种、林型、林相、郁闭度等, 这些也需要在今后的类似研究中进一步考虑。

参考文献:

[1] 张洪江, 高中琪, 解明曙, 等. 三峡库区多功能防护林体系构成与布局的思考[J]. 长江流域资源与环境, 2000, 9(4): 479 - 486.
[2] 谢春华, 关文彬, 吴建安, 等. 贡嘎山暗针叶林生态系统林冠截留特征研究[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(4): 69 - 71.
[3] 斐铁, 郑远长. 林冠分配降雨过程模拟与模型[J]. 林业科学, 1996, 32(1): 1 - 10.
[4] 刘向东, 吴钦孝, 赵鸿雁. 森林植被垂直截留作用与水土保持[J]. 水土保持研究, 1993, 1(3): 8 - 13.
[5] 程金花, 张洪江, 史玉虎, 等. 三峡库区几种林下枯落物的水文作用[J]. 北京林业大学学报, 2003, 25(2): 8 - 13.
[6] 卫正新, 李树怀. 不同林地林冠截留降雨特征的研究[J]. 中国水土保持, 1997(5): 19 - 21.
[7] 张志强, 王礼先, 王盛萍. 中国森林水文研究进展[J]. 中国水土保持科学, 2004, 2(2): 69 - 73.
[8] 王鸣远, 王礼先. 三峡库区马尾松林对降雨截留效应的研究[J]. 北京林业大学学报, 1995, 17(4): 74 - 81.
[9] 刘益军. 三峡库区坡地森林理水调洪功能研究与评价[D]. 北京: 北京林业大学, 2003.
[10] 史玉虎, 朱仕豹, 熊峰, 等. 三峡库区端坊溪小流域的森林水文效益[J]. 中国水土保持科学, 2004, 2(3): 17 - 21.
[11] 王云琦, 王玉杰, 张洪江, 等. 重庆缙云山几种典型植被枯落物水文特性研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(3): 41 - 44.
[12] 中野秀章. 森林水文学[M]. 李云森, 译. 中国林业出版社, 1993.
[13] 刘思峰, 郭天榜, 党耀国, 等. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
[14] 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.
[15] 易德生, 郭萍. 灰色理论与方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992.