

## 江西千烟洲试区杉木人工林降雨过程及养分动态研究\*

陈永瑞 林耀明 李家永 刘允芬 杨汝荣

(中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100101)

**摘要** 定位试验研究千烟洲试区杉木人工林生态系统水文过程及养分动态结果表明,该森林生态系统年降雨量为1392.0mm,其中以林冠穿透雨形式输入林地水量占年降雨量的89.38%,以树干流形式输入林地水量占0.27%,林冠年截流量占10.35%。以地表径流形式输出该系统的水量占年均降雨量的9.4%。该森林生态系统中随降雨年输入的N、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Sr、Zr、Na、Si 11种营养元素总量为144.032kg/hm<sup>2</sup>,随地表径流年输出林地养分总量为155.335kg/hm<sup>2</sup>,年亏损量11.303kg/hm<sup>2</sup>。

**关键词** 杉木人工林 水文过程 营养元素 输入输出

**Rainfall process and nutrient dynamics of artificial Chinese fir plantation in Jiangxi Qianyanzhou experimental station.**

CHEN Yong-Rui, LIN Yao-Ming, LI Jia-Yong, LIU Yun-Fen, YANG Ru-Rong( Institute of Geographical Sciences and Natural Resources, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101), *CJEA*, 2004, 12(1): 74~76

**Abstract** Course hydrologic and nutrient processes of artificial Chinese fir forest were studied by located experiment. The results show that the average annual rainfall is 1392.0mm, 89.38%, 0.27%, and 10.35% of which are allocated to throughfall, stemflow, and canopy interception, respectively. The surface runoff output is 9.4% of the average annual rainfall. The annual inputting nutrient by rainfall in plantation ecosystem including N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Sr, Zr, Na, and Si, amounts to 144.032kg/hm<sup>2</sup>, and the surface runoff output is 155.335kg/hm<sup>2</sup>. The annual net nutrient accumulation is -11.303kg/hm<sup>2</sup>.

**Key words** Chinese fir forest, Hydrologic process, Nutrient dynamic, Input and output

杉木为我国亚热带特有优良用材树种,生长快,用途广,产量高,深受南方人民的喜爱。但纯林杉木特别是多代连栽面积不断扩大而产生的杉木林地地力及生产力维持问题已引起有关学者关注<sup>[1-6]</sup>。本研究利用连续2年定位观测数据分析杉木人工林降雨过程及其养分动态变化,探讨森林与水的关系以及森林生态系统水文过程和水化学动态变化规律,为杉木人工林经营和林地生产力的维持提供理论依据。

### 1 研究区域概况与研究方法

试验在江西省泰和县灌溪乡境内中国科学院千烟洲试验站进行,该地位于东经115°04'13",北纬26°44'48",典型红壤丘陵地貌,最高海拔高度115.5m,相对海拔高度20~50m,地势起伏,丘顶浑圆,以10°~30°坡度居多,由白垩系红色与紫红色砾岩、砂岩和泥岩组成,除少数丘顶和裸露地外,风化层一般厚30~50cm。林地土壤为红黄壤,pH值4.45~5.45,有机质含量0.67~1.93g/kg。年均气温16.5℃,年均相对湿度88.8%,年均降雨量1389.3mm,年蒸发量1358.6mm,夏无酷热,冬无严寒,气候温和,降水量季节分配不均,水热不完全同步。杉木人工林径流场面积为156.18m<sup>2</sup>,造林密度2385株/hm<sup>2</sup>,林龄16年,平均胸径14.2cm,平均树高12.5m,郁闭度0.9,林木均为春季造林且未进行任何处理。林分密度大,林内仅有少量蕨(*Pteridium aquilinum*)类分布,林缘和林窗内少布篾竹(*Phyllostachys nidularia*)类植物生长。

林外大气降雨量测定即在林间空地设置口径为200mm的虹吸式自记雨量计,测量每次降雨量并采集水样;林内穿透雨量测定即在固定样地内均匀设置10个标准雨量筒,测定每次通过树冠的穿透雨量,并采集雨量筒内少量水样混合后再取样;树干流量测定是将固定样地内每棵树干距地面约0.5m处用塑料胶管蛇型缠绕,并用沥青密封塑料管与树干间空隙,将树干上流水通过塑料管导引至塑料桶内测定每次干流量,并逐一采集少量水样混合后再取样;地表径流量测定即在封闭的径流场集水区出口处设置1个1m<sup>3</sup>水池用水表测其径流量,并从水池取样。每次每水样采量为200mL,装入干净塑料瓶中及时送实验室分析,用ICP-AES

\* 中国科学院知识创新项目(KZCX2-407和CX10G-E01-08-02)资助

收稿日期:2002-10-30 改回日期:2002-11-30

(即等离子体发射光谱法)测定水样中 N、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Sr、Zr、Na 和 Si 等养分含量,用凯氏半微量定 N 仪测定 N 含量。

## 2 结果与分析

### 2.1 杉木人工林生态系统降雨输入与径流输出状况

根据 1999~2000 年连续 2 年观测资料统计试区杉木人工林生态系统降雨输入与分配(见表 1)并绘制年动态变化图(见图 1 和图 2)。由表 1 可知该森林生态系统穿透雨量占年降雨量的 89.38%,树干流量占年降

表 1 杉木人工林生态系统降雨输入与分配状况(1999~2000)

Tab.1 Monthly distributions of rainfall in the Chinese fir forest from 1999 to 2000

项 目 Items	月 份 Months												合 计 Sum
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
降雨量/mm	66.10	45.60	140.70	224.60	190.90	163.80	111.30	139.30	113.90	131.80	41.20	22.80	1392.00
穿透雨量/mm	39.80	32.10	124.30	205.40	184.80	154.90	108.70	126.00	101.90	112.90	36.20	17.10	1244.10
干流量/mm	0.01	0.05	0.25	0.90	0.75	0.50	0.31	0.20	0.19	0.51	0.07	0.00	3.74
截留雨量/mm	26.20	13.50	16.20	18.30	5.40	8.40	2.30	13.00	11.90	18.40	4.90	5.70	144.20

雨量的 0.27%,林冠截留雨量占年降雨量的 10.35%。而进入该森林生态系统内雨量多为穿透雨水,树干流量非常少,受降雨量大小和时间长短的影响,各月树干流量有一定变化,但变幅较小,4 月份降雨最大其树干流量仅为 0.90mm,12 月份基本无降雨量。图

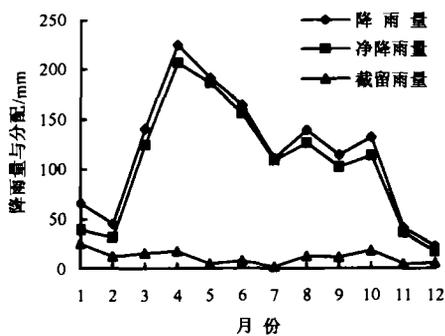


图 1 杉木人工林生态系统降雨量分配状况

Fig.1 Month distributions of rainfall in the plantation of Chinese fir

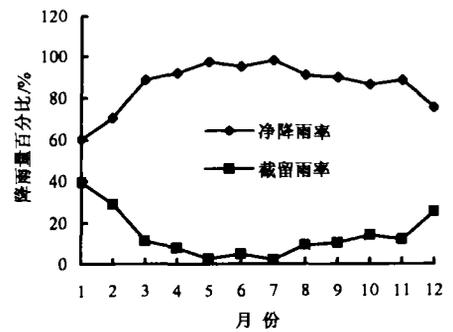


图 2 杉木人工林生态系统净降雨率与截留率月变化

Fig.2 Monthly changes of net precipitation rate and interception rate

1 显示该区杉木人工林生态系统降雨输入及其分配月变化规律,林内净降雨量随大气降雨量的增加而增加,而林冠截留雨量则不明显。由图 2 可知 1~2 月和 12 月份由于降雨量分散,林冠截留雨水能力较强,林冠截留雨率为全年最大值,3 个月平均截留雨率达 31.2%,4~7 月份为雨季,空气湿度大,雨水多且连续降雨时间较长,林冠截留雨率较小,4 个月平均截留雨率仅为 4.5%。8~11 月份空气湿度小,树冠干燥,降雨量分散,故截留雨率开始逐渐上升,4 个月平均值升至 11.5%,净降雨率与截留雨率表现恰相反。由表 2 可知该区杉木人工林年地表径流量(地下径流和蒸发散因某种原因未计)占净降雨量的 9.4%。净降雨量最大的 4 月份和 5 月份地表径流仅占 16.4%和 9.4%,而 6 月份净降雨量虽仅 155.4mm,但地表径流量占年地表径流总量的 25%。杉木人工林 2 年定期取样化学分析平均值见表 3,由表 3 可知该区大气降雨经过林冠后 N、K、

表 2 杉木人工林生态系统地表径流输出状况(1999~2000)

Tab.2 Monthly distributions of surface runoff in the Chinese fir forest from 1999 to 2000

项 目 Items	月 份 Months												合 计 Sum
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
净降雨量/mm	39.9	32.2	124.6	206.6	185.6	155.4	109.0	126.2	102.2	113.4	36.3	17.1	1248.5
地表径流/mm	3.0	1.8	4.6	19.2	11.0	29.3	8.4	5.5	13.5	18.6	1.6	0.5	117.0

表 3 大气降雨、林冠穿透雨量、树干流与地表径流营养元素含量

Tab.3 Comparisons of mineral elements contents in rainfall, throughfall, stemflow and surface runoff

项 目 Items	平均元素含量/g·kg <sup>-1</sup> Average contents of mineral elements										
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Sr	Zr	Na	Si
降雨量	0.2300	0.0039	0.1126	0.5133	0.0564	0.1098	0.2194	0.2289	0.2560	0.6222	0.9341
穿透雨量	0.2315	0.0032	4.2670	1.2860	0.5949	0.1369	0.2620	0.2313	0.2770	0.5380	0.4314
树干流	1.6440	0.0101	10.1100	17.0400	2.4880	2.2160	0.5990	0.2779	0.2760	3.5790	4.9640
地表径流	0.8566	0.0034	9.3700	9.7270	1.2130	4.9070	0.2361	0.2875	0.2861	1.0610	12.5000

Ca、Mg、Fe、Mn、Sr 和 Zr 等营养元素平均浓度明显增加,其中 K、Ca 和 Mg 元素增幅较大,而 P、Na 和 Si 元素有所减少。大气降雨经过树干后营养元素平均浓度均有所增加,其中 N、K、Ca、Mg、Fe、Na 和 Si 等元素增幅较明显。

## 2.2 杉木人工林生态系统降雨中营养元素输入与收支状况

由表4可知该区杉木人工林生态系统随降雨年输入营养元素总量为471.738kg/hm<sup>2</sup>,其中K元素输入量最大,年达172.8kg/hm<sup>2</sup>,P元素输入量最少,年仅有0.297kg/hm<sup>2</sup>,其他元素依次为Ca>Si>Na>Mg>Zr>Mn>N>Sr>Fe。由表5可知该区杉木人工林生态系统营养元素年输入总量为144.032kg/hm<sup>2</sup>,年输出总量为155.335kg/hm<sup>2</sup>,年亏损量11.303kg/hm<sup>2</sup>,其中N、P、Mn、Sr、Zr和Na6种元素为正积累,年达56.690kg/hm<sup>2</sup>,且以Na积累量最高,占正积累量的39.7%,其他元素正积累依次为Zr>Sr>Mn>N>P。而K、Ca、Mg、Fe和Si为负积累,年亏损量67.992kg/hm<sup>2</sup>,其中K元素亏损量最大,占43.7%,Ca、Fe和Si次之,Mg最少,年亏损量1.611kg/hm<sup>2</sup>。

表4 杉木人工林生态系统降雨中营养元素年输入状况

Tab.4 Distributions of nutrient substance input of rainfall a year in Chinese fir forest

项目 Items	营养元素年输入/kg·hm <sup>-2</sup> Nutrient substance input											合计 Sum
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Sr	Zr	Na	Si	
降雨量	10.060	0.169	4.923	22.420	2.845	4.816	9.589	10.000	11.190	27.200	40.820	144.032
穿透雨量	9.043	0.127	166.690	50.237	23.242	5.348	10.235	9.036	10.820	21.016	16.848	322.642
干流量	0.193	0.001	1.187	2.001	0.292	0.260	0.070	0.033	0.035	0.424	0.568	5.064
合计	19.296	0.297	172.800	74.658	26.379	10.424	19.894	19.069	22.045	48.640	58.236	471.738

表5 杉木人工林生态系统营养元素收支状况

Tab.5 Nutrient balance in the subtraction of Chinese fir forest

项目 Items	营养元素年收支/kg·hm <sup>-2</sup> Nutrient substance balance											合计 Sum
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Sr	Zr	Na	Si	
降雨量	10.060	0.169	4.923	22.420	2.845	4.816	9.589	10.000	11.190	27.200	40.820	144.032
径流量	3.074	0.012	34.660	35.740	4.456	18.030	1.625	1.058	1.051	4.699	50.930	155.335
平衡	6.986	0.157	-29.737	-13.320	-1.611	-13.214	7.964	8.942	10.139	22.501	-10.110	-11.303

## 3 小结

定位试验研究千烟洲试区杉木人工林生态系统水文过程及养分动态结果表明,该森林生态系统中以林冠穿透雨形式输入林地水量占年降雨量的89.38%,以树干流形式输入林地水量占0.27%,林冠年截流量占10.35%。以地表径流形式输出该系统的水量占年平均降雨量的9.4%。该森林生态系统中随降雨年输入的N、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Sr、Zr、Na、Si 11种营养元素总量为144.032kg/hm<sup>2</sup>,随地表径流年输出林地养分总量为155.335kg/hm<sup>2</sup>,年亏损量11.303kg/hm<sup>2</sup>,其中K元素亏损量最大,占43.7%。

## 参 考 文 献

- 1 田大伦,项文化,康文星. 湖南第2代杉木幼林的水文过程及养分动态研究. 林业科学,2001,37(3):64~72
- 2 陈永瑞,李 飞. 千烟洲试区人工林营养元素生物积累的研究. 自然资源学报,1999,14(1):84~87
- 3 陈永瑞. 千烟洲试验区湿地松人工林生态环境的元素特征. 北京林业大学学报,1999,21(6):41~45
- 4 陈永瑞. 千烟洲试验区湿地松人工林中降雨对矿质元素淋溶的影响. 资源科学,2000,22(1):65~68
- 5 陈永瑞. 千烟洲试验区马尾松人工林凋落叶及其数量动态. 江西科学,2000,18(1):19~23
- 6 陈永瑞,李 飞. 人工湿地松林营养元素的积累、迁移与分布. 资源科学,1998,20(增刊):49~55