

亚热带杉木、马尾松人工林的林内降雨、 林冠截留和树干茎流*

杨 茂 瑞

(中国林业科学研究院林业研究所)

摘要 本文用统计分析方法对江西分宜县山下林场杉木、马尾松人工林的林内降雨、林冠截留和树干茎流进行了研究。结果表明,在该林分中林内降雨量和树干茎流量随降雨量的增加而以直线形式增加;林冠截留量随降雨量的增加呈幂函数关系上升。在杉木林内,随郁闭度的增大,林内降雨率和树干茎流率减少,而林冠截留率增大;马尾松林和杉木林相比,林内降雨率和树干茎流率较大,而林冠截留率较小。

关键词 杉木、马尾松人工林;林冠截留;树干茎流;林内降雨

林冠截留和树干茎流是重要的森林水文现象,也是研究森林流域水量平衡的重要组成部分,它对于森林生态系统的水分循环及养分循环都具有重要的影响。从1983年开始,对江西省分宜县山下林场的杉木(*Cunninghamia lanceolata* Hook.)和马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)人工林进行了水文效益的定位研究。本文即是该项研究的一部分,主要通过通过对杉木和马尾松人工林林内降雨量、林外降雨量和树干茎流量的观测,探讨天然降雨经过这两树种林冠层后的再分配情况及其生态意义。

1 试验区概况及研究方法

1.1 试验区概况

试验区位于江西省分宜县山下林场场部附近。地理位置为114°30' E, 27°30' N,海拔85~100 m,属低山丘陵地,年平均气温17.9℃,年降水量为1100~1700 mm,降雨多集中在3~7月份。试验区土壤属长江中下游低山丘陵黄壤类型,主要成土母岩为砂岩、页岩等。林下植被茂密,主要有乌蕨(*Stenoloma chusanum*(L.)Ching)、芒萁(*Dicranopteris dichotoma*(Thunb.) Bernh)、槲木(*Loropetalum chinense*(R. Br.) Oliver)等。

1.2 研究方法

在杉木和马尾松人工林内选择设置了三块试验地,面积均为10 m×10 m,树种的

表1 试验地基本情况

试验地 序号	树种	林龄 (a)	郁闭度	平均树高 (m)	平均 枝下高 (m)	坡度 (°)
I	马尾松	18	0.56	13.83	10.62	12
II	杉木	18	0.65	12.34	9.26	20
III	杉木	21	0.89	16.83	11.16	10

本文于1990年12月6日收到。

* 本文是马雪华副研究员主持的“亚热带杉木人工林水源涵养、水土保持效益研究”课题的部分内容,文稿经马雪华副研究员审阅修改,参加野外观测工作的有王建军同志和中国林科院亚热带林业实验中心的刘和文同志。

生长情况见表 1。在每块试验林内分别观测其林外降雨量、林内降雨量和树干茎流量。

在林外空旷地放置一自记雨量计测定林外降雨量。在 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 的试验地内用网格法机械布设 10~15 个雨量筒, 每次降雨后分别测其承雨量, 并以其平均值作为整个林地的林内降雨量。在试验地内选择 5~6 株标准木, 在其树干胸高部将剖开的聚乙烯塑料管螺旋状嵌入到树干上, 并将其导入下部放置的容器内收集。每次雨后量其容积, 先求出每株标准木在其树冠投影面积上的茎流量, 然后再以标准木茎流量的平均值乘以试验地的林冠覆盖指数^[1], 作为整个林地的茎流量。

2 结果与分析

2.1 林内降雨

在试验林内, 当降雨量很小时, 林内降雨几乎为零, 随着降雨量的增加, 林内降雨量也逐渐增加。统计回归结果表明: 林内降雨量(T)和林外降雨量(P)之间呈直线关系, 三块试验地的直线回归式如下($n_1 = 121, n_2 = 80, n_3 = 86$):

$$T_1 = 0.9613P - 0.5432 \quad r = 0.999 \quad (1)$$

$$T_2 = 0.9559P - 1.1251 \quad r = 0.999 \quad (2)$$

$$T_3 = 0.9428P - 1.3070 \quad r = 0.999 \quad (3)$$

从式(1)~(3)可以看出: 在杉木林内, 方程式中的系数随林分郁闭度的增大而减小, 常数项的变化则相反; 马尾松林和杉木林相比, 关系式中的系数大, 而常数值小。这表明林内降雨量随林分密度的增加而减小, 即林内降雨与林分密度成负相关关系, 这与国内外一些有关研究的结果是一致的^[2,3]。

月降雨量资料的统计结果也反映出同样的规律。一次降雨的林内降雨率变化幅度较大, 主要取决于降雨量的多少。以月降雨资料统计的林内降雨率: I 号试验地为 70.04%~93.44%, 平均 88.4%; II 号试验地为 66.58%~95.42%, 平均 82.96%; III 号试验地为 67.48%~92.53%, 平均 81.46%。

2.2 林冠截留

林冠截留雨量包括降雨终止时被截留在树体表面的雨水和在降雨过程中通过蒸发作用从树体表面返回到大气中的雨量^[4]。由于林冠对降雨的截留, 使得降雨到达地面的数量有所减少, 时间有所延迟, 从而使得地表径流形成的数量减少, 速度减缓。所以, 林冠截留降雨对林地的水土保持有积极的作用。

林冠截留除受林冠本身特性的影响外, 还与降雨特性及一些气象要素有关^[5]。为此, 在分析林冠截留雨量时, 选取每场降雨间隔大于 48 h 的降雨资料, 以使雨前林冠状态保持相对一致。

用式(4)计算林冠截留雨量:

$$I = P - T - S \quad (4)$$

式(4)中 I 为林冠截留雨量, P 为林外降雨量, T 为林内降雨量, S 为树干茎流量。

根据实测资料拟合的林冠截留量与降雨量之间的最佳关系式如下($n_1 = 121, n_2 = 80, n_3 = 86$):

$$I_1 = 0.5635P^{0.4638} \quad r = 0.91 \quad (5)$$

$$I_2 = 0.6410P^{0.4467} \quad r = 0.90 \quad (6)$$

$$I_3 = 0.6870P^{0.4883} \quad r = 0.93 \quad (7)$$

从图 1 中可以看出：(1)当降雨量小于5 mm时，截留雨量急骤增加，之后，随着降雨量的增加，截留雨量的增加愈来愈慢。(2)马尾松林的截留雨量小于杉木林。I 号试验地的马尾松林和 II 号试验地的杉木林郁闭度相差不大，但两者的截留雨量却相差较大，这说明截留雨量不仅与林分密度有关，而且与林分密度的组成特性有关。(3)郁闭度大的 III 号试验地杉木林的截留雨量大于 II 号试验地杉木林，这表明在林分组成特性相同的情况下，林冠截留雨量与林分密度成正相关关系。

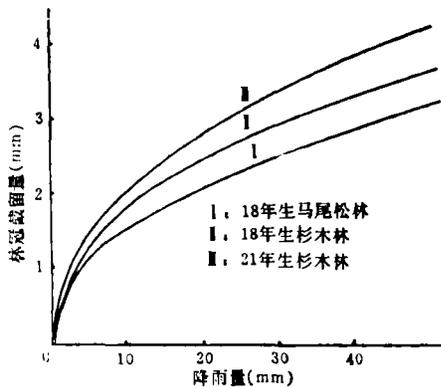


图 1 林冠截留量与降雨量的关系

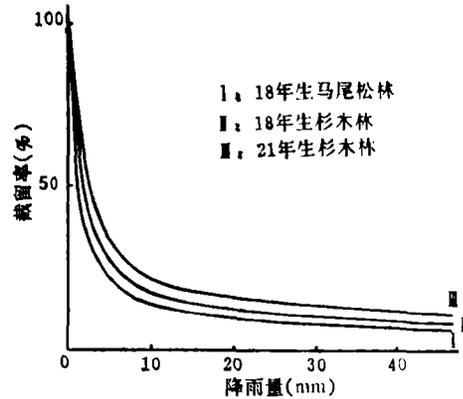


图 2 林冠截留率与降雨量的关系

与截留雨量的变化相反，林冠截留率则随降雨量的增加而减少。在低雨区(<5 mm)急剧下降，然后随降雨量的增加其下降幅度越来越小(图 2)。对于一次降雨来说，当降雨量小于 0.5 mm 时，其截留率可高达 100%，而当降雨量大于 50 mm 时，其截留率还不到 10%，三块试验地的林冠截留率曲线为：

$$I_1(\%) = 46.1890P^{-0.5094} \quad r = -0.84 \quad (8)$$

$$I_2(\%) = 65.0963P^{-0.5599} \quad r = -0.92 \quad (9)$$

$$I_3(\%) = 69.0770P^{-0.5417} \quad r = -0.86 \quad (10)$$

与一次降雨的林冠截留率相比，月降雨的林冠截留率变幅要小得多，I 号试验地为 5.33%~24.58%，平均 10.20%；II 号试验地 6.83%~32.33%，平均 15.77%；III 号试验地 6.17%~32.52%，平均 17.56%。这与邓世宗等在广西东北部郁闭度为 0.8 的杉木林测得的平均截留率为 15.0% 的结果是比较接近的^[9]。一般情况下，本试验区三块林地 9~12 月份的林冠月截留率往往高于多雨的 3~7 月份的截留率。这说明月截留率随月降雨量的增加而下降。

2.3 树干茎流

杉木和马尾松人工林的树干茎流有以下特点：在雨前林冠(主要是树干)干燥的情况下，小雨时基本上不产生树干茎流。马尾松林当降雨量大于 7 mm、杉木林当降雨量大于 10 mm 时，树干胸高部才见茎流流出。产出茎流时，茎流先是从树干部分裂缝处流下，随着降雨量的增加逐渐扩展到全树干。

树干茎流和降雨量的关系可用直线关系式表示。三块试验地的回归式如下($n_1 = 105, n_2 =$

70, $n_3 = 52$):

$$S_1 = 0.0212P - 0.1557 \quad r = 0.93 \quad (11)$$

$$S_2 = 0.0182P - 0.1744 \quad r = 0.97 \quad (12)$$

$$S_3 = 0.0154P - 0.2515 \quad r = 0.94 \quad (13)$$

从(11)~(13)式可以看出, I号试验地的系数最大, II号试验地次之, III号试验地最小, 而常数项的变化则相反。这说明 I号试验地茎流量最大, 其次是 II号试验地, III号试验地最小。

由于马尾松树枝分枝角度小, 树干皮质较硬, 吸水量少, 所以茎流量大; 而杉木林分枝角度大, 皮厚且质地松软, 吸水量大, 所以茎流量小。在杉木林内, 径级小的树比径级大的树先出现茎流, 随着径级的增大, 枝下高的增加, 茎流量反而减少。

树干茎流与雨前林冠的湿润状况有关。选取降雨间隔在3 h以内, 且前期降雨量大于30 mm的茎流资料进行分析, 结果发现, 此时茎流量明显增加, 且茎流出现的时间也大为提前。其回归式为($n_1 = 45, n_2 = 32, n_3 = 29$):

$$S_1' = 0.0212P + 0.0128 \quad r = 0.95 \quad (14)$$

$$S_2' = 0.0207P + 0.0306 \quad r = 0.89 \quad (15)$$

$$S_3' = 0.0166P + 0.1358 \quad r = 0.91 \quad (16)$$

与回归式(11)~(13)相比, 回归式(14)~(16)中的系数变化不大, 而常数变化较大。这种变化主要是由于在两种情况下树干吸水能力不同所引起的。降雨后树枝叶部分通过蒸发作用很快就会变干, 而树干部则需较长时间才能变干。在雨前林冠湿润状况下, 树干吸水量减少, 故而茎流量增加, 茎流时间提前。可以粗略地把回归式中常数项的差值看做树干皮质部的吸水量。I~III号试验地的吸水量值分别为0.17 mm、0.21 mm、0.39 mm。

树干茎流率占降雨量的比例很小。I号试验地一次降雨的茎流率为0~3.04%, 平均1.40%; II号试验地为0~2.37%, 平均1.27%; III号试验地为0~1.67%, 平均0.98%。

树干茎流虽小, 但其在水土保持和生态系统养分循环中的作用却不可忽视。首先, 茎流雨水主要分布在树基附近, 容易被树木根系吸收, 且这部分雨水对林地无侵蚀作用; 其次, 茎流雨水中含有大量的营养元素。据测定, 马尾松树干茎流中的养分与大气降雨中的养分相比, N为10.4倍, P为2倍, K为7倍, Mg为8.2倍; 杉木林树干茎流中的养分与大气降雨相比, N为1.4倍, P为15倍, K为14倍, Ca为3.2倍, Mg为16倍^[7]。

3 结 论

在杉木、马尾松人工林中, 林内降雨量和树干茎流量与降雨量之间有着良好的直线关系, 林冠截留量与降雨量之间以幂函数相关性较好。

马尾松林的林冠截留率平均为10.20%, 低于杉木林。郁闭度为0.65的杉木林平均截留率为15.77%; 郁闭度为0.89的杉木林平均截留率达17.56%。

树干茎流量不仅取决于树木的林分特性, 还与雨前林冠(主要是树干)湿润状况有关。18年生郁闭度为0.56的马尾松林树干的吸水量为0.17 mm, 18年生郁闭度为0.65的杉木林树干的吸水量为0.21 mm, 21年生郁闭度为0.89的杉木林树干的吸水量为0.39 mm。

参 考 文 献

- [1] 王彦辉, 1986, 陇东黄土地区刺槐林水土保持效益的定量研究, 北京林业大学学报, 8(1): 35~52。
[2] 董世仁等, 1987, 华北油松人工林的透流、干流和树冠截留, 北京林业大学学报, 9(1): 58~66。
[3] Richard Lee, 1980(张建列译, 1984), 森林水文学, 东北林学院, 59~64。
[4] 中野秀章(日), 1976(李云森译, 1983), 森林水文学, 中国林业出版社, 58~60。
[5] 崔启武等, 1980, 林冠对降水的截留作用, 林业科学, 16(2): 141~143。
[6] 邓世宗等, 1990, 不同森林类型林冠对大气降雨量再分配的研究, 林业科学, 26(3): 271~275。
[7] 马雪华, 1988, 降雨在杉木和马尾松人工林养分循环中的作用, 林业科学研究, 1(2): 123~130。

*Interrelations of Forest Precipitation, Crown
Interception and Trunk Stemflow in Sub-tropical
Plantations of Cunninghamia lanceolata and
Pinus massoniana*

Yang Maorui

(The Research Institute of Forestry CAF)

Abstract This paper is a report on the interrelations of forest precipitation, crown interception and trunk stemflow in *Cunninghamia lanceolata* and *Pinus massoniana* plantations distributed over the hill-foot areas in Fenyi County, Jiangxi Province. The study, worked by means of regression analysis, has shown that in this forest the rate of forest precipitation and trunk stemflow increases sharply with the rise of rainfall; the rate of crown interception increases in the range of power function along with the rise of rainfall. In *C. lanceolata* plantations, however, the rise of canopy density results in the fall of forest precipitation and trunk stemflow, but the increase of canopy interception. In comparison with *C. lanceolata*, the forest precipitation and trunk stemflow for *P. massoniana* are bigger, but its crown interception is smaller.

Key words plantations of *Cunninghamia lanceolata* and *Pinus massoniana*; crown interception; trunk stemflow; forest precipitation