

5715
4

人工林的“文学”过程和

小气候效应的研究

湖南省林业科学研究所

张玉荣 张传峰

一九九〇年四月

人工林的水文学过程

和小气候效应的研究

前 言

在森林生态系统中，水分是森林生长发育的一个重要因子。它象其他非生物成分一样，是构成森林生态系统整体的组成部分。水的循环与养分循环和能量流一起，是维持这个系统有机物质生产的基本功能过程；对系统的稳定性、连续性及生物的生产力产生着很大的影响。

森林水文学主要是对森林植被整体的水文学效应进行定量化并与其他植物群落和土地利用类型进行比较，同时还包括不同的森林管理措施的影响以及现代林业在经济方面的综合利用。它是在考虑水分收益的前提下，涉及森林管理和经济利用的科学。为了认识森林生态系统的结构和功能，弄清对这一系统的平衡和稳定起重要作用的物质循环和能量流动规律以及确切估计和维持森林的多方面的生态效益。有必要将森林水文系统与能流物流紧密结合起来。从宏观上阐明森林生态系统这个整体的基本功能过程与水文特性的相互关系，以及水文运动过程的内在联系。本研究正是在建立地面径流试验站的基础上，定位地综合性的测定各种水文现象和养分物质的

循环以及小气候差异。

本研究筹建于1984年、85年开始试观测，从86年起连续观测了三年。现总结如下：

本研究得到覃正琪副研究员的指导和大力支持。谨表谢忱。

参加本研究筹建人员：刘增荣、李连冰

参加本研究观测人员：刘帅成、雷正菊

枯落物养分、土壤养分分析：申玉民、吴建平、吴惠仙

一、研究目标与实验设计

(一)、研究目标

降落到森林中的雨水受地形、土壤和森林等的综合影响，以几种形式分散。首先林冠截留一部分，这部分又分为树干茎流和下滴水。其次一部分降水透过林冠层直达地面，这部分降水与下滴水合称为穿透水。其分配方程为：

$$P = I_c + P_t + P_d + P_s$$

P —降雨量

I_c —林冠截留量

P_t —透过林冠雨量

P_d —林冠滴水量

P_s —树干茎流量

这也是森林降水输入的再分配。

在一个相对封闭的系统中，水量平衡的基本方程为：

$$P = I + R + D + Q$$

P —降水量

I —树冠及凋落物截留量

R —地表径流量

D —渗入地下水量

Q—蒸发蒸腾量

森林水文现象是极为复杂的，其中包含了许多生物化学过程，对它的研究只有通过观测实验与分析来进行，我们设计了对人工樟~~木~~混交林、湿地松纯林和灌丛地的水文特性进行定量分析。三个样区各设置一个地表径流场和一个小气候观测场。

本研究主要是从森林水量与养分物质循环这一角度，逐步摸索混交林与纯林、乔木与杂灌木之间理水功能的差异，从而正确评价森林特别是混交林的生态效益。同时为今后营造人工林选择最佳组合、最佳结构、最大的生产力和维护地力提供理论依据。

(二) 实验设计

1、研究区域

试验点位于长沙市南郊湖南省林科所试验林场天际岑工区（现为省森林植物园）。选择三个不同植被类型的样点进行试验安排。

第一区以樟~~木~~为主的人工混交林，造林时是樟~~木~~纯林，后补有樟树，82年又补植了苦楸幼树，由于在进行试验时平均高不到1.5米，所以作为下木看待。造林整地为挖大穴。

第二区为湿地松纯林，造林时采取挖壕全垦整地，林分下基本无下木。

第三区为灌丛地。这里曾是人工油茶林，由于要进行试验，将样区油茶全部伐除。现在植被主要为冬茅、白茅、少量油茶萌芽条、

蔷薇科的糖罐子等。

试验地概况见表一

表一、试验样地概况

样区	样地	坡向	坡度	土壤	土层厚 (m)	土壤容 量 g/cm ³	树 种	比 例	年 龄	胸径 (厘米)	密 度 (株/ha)	郁 闭 度	草 灌 层	
													草 度 (厘米)	灌 盖 度
I	混交林	NE	10°	红壤	0.8-1.5	1.40	樟	30.9%	13	13.4	1739	0.90	0.8-1.5	45
							樟	69.1%	9	5.6				
II	松幼林	N	9°	红壤	1.0-1.5	1.17	松	100%	13	12.7	1475	0.95	/	/
III	灌丛地	N	11°	红壤	1.0-2.0	1.47	/	/	/	/	/	/	0.8-1.0	90

2、研究内容

水量平衡方面：树干茎流、林冠截留、地表径流、地下渗漏。

养分循环方面：枯落物量及养分、水分含量分析，土壤主要养分元素和水分含量分析，水文学过程的水质分析。

小气候方面：大气降水、林中降水、林中气温、林中湿度、林地地表温度、蒸发量。

3、研究方法

a、小集水区径流场的建立

依据水利部水文局《径流实验观测整编规定》。我们在樟木混交林、湿地松纯林和灌丛地上分别选择具有代表性的地段3处设置径流场。选点要求是：(1)代表性，能够代表整个林分的大致情况。(2)一致性，每一集水区的自然条件如土壤、坡度、地质条件比较一致。(3)便于观测和实施研究项目。

径流场于一九八四年进行了初步的堪查，并于其后进行工程上的施工及仪器设备的准备。八五年五月正式完工，同时进行森林水文学过程的计量预备观测，对各种仪器设备进行了校调，其中最主要的是地表径流集流堰的率定。

我们选取顶角为60度的三角形量水堰，用水位测针控制水位，由自记水位计记录水位的连续变化。在低水头部分，我们进行了实测，并求得流量方程为：

$$Q = 4.2683H^{0.70476} \quad (\text{相关系数 } R=0.8710)$$

Q——流量，单位厘米³/秒

H——水头高，单位厘米。

在高水头部分我们选用顶角 60° 的流量计算方程

$$Q = 8.1793H^{2.5}$$

由此得出流量计算表，全部计算由 PC-1500A 计算机完成。径流计算程序为：

```

10: CLEAR
20: W, Q, X1, X2, T1, T2
30: INPUT "X2="; X2
40: IF X2 = -10 GOTO 140
50: INPUT "T2="; T2
60: IF (X1+X2)/2 < 0.6 GOTO 90
70: Q = 4.2683 * 60 * ((T2-T1)^2) * ((X1+X2)/2)^0.70476
80: GOTO 100
90: Q = 8.1793 * 60 * ((T2-T1)^2) * ((X1+X2)/2)^2.5
100: W = W + Q
110: T1 = T2
120: X1 = X2
130: GOTO 30

```


140: LPRINT "W="; W

150: END

集水区面积为 400米^2 (20×20)。为了准确控制汇水面积，集水区边缘修建截水墙。截水墙修建原则是在四周挖至不透水层，然后再砌墙，墙高出地面约 20 厘米。集水区下坡截水墙砌成集水槽，以便汇集径流。

B 树干茎流

在样地内进行每木检尺，选择各径级具代表性的样木 1—3 株（每种树各 10 株），削去老皮用铁丝捆扎园形橡胶管于其上，用石蜡密封，引出一胶管，将水注入旁边一塑料桶中（详见照片 1）。然后用量筒称量。

C 林中降水与大气降水

在各样地内机械随机地布设 6 个简易雨量筒，1 个虹吸式自记雨量计，灌丛地由于植物较矮，保持雨量筒高于草灌丛，故此处雨量取平均值就为大气降水。

d 蒸发量

在各样地内随雨量筒设置 3 个蒸发皿，每天量 10.0mm 水倒入皿中，第二天量测其蒸发量。

e 林内外温湿度

在各样地内安置百叶箱，设置一台自记温度计，一台自记湿度

计。一套干湿球温度表。进行对比温湿度测定，灌丛地直接受太阳辐射故称为林外温湿度（空旷地），每天8·00、14·00、20·00点观测。

f、地面温度

各样地设置一套曲管地温表和一支地面温度表测定地面及地下5，10，15，20厘米土壤的温度变化。

g 枯落物收集

在混交林及松纯林各设置枯落物收集框（ $1 \times 1 \text{ m}^2$ ）8个。每月1号收取回实验室分析。

二、水文学过程的效益分析

（一）、林冠层对降水输入的影响

雨水降落到森林这个界面上。森林的反作用就是使其再分配，了解不同植被对于降水的反作用，有利于加深认识森林这一生态系统的特征及其生态效益，特别是对于人工林的营造具有重大意义。

森林涵养水源的能力主要表现在林冠截持、枯落物蓄水和森林土壤的蓄水能力。表二是各月测得的林冠截留值。（1）在生长季（5—9月）随着~~林冠~~树叶的生长，混交林对降水的截留量增加。5至9月各月截留百分率平均为8·1%，而休眠季的10—4

月则为5.5%。松纯林生长期与休眠期的截留量有差别，但没有混交林这么明显。(2)混交林截留的最大值在8—9月，这是因为秋季气温高空气湿度小，降水在林冠层的蒸发量增加。松纯林的截留量最大值在1月，这可能是降水在冠层结冰所致。生长季的5月截留量相对较大说明生理需水量较大。

表二林冠对降水截留作用

单位：毫米

(86—88年)

月 份	空 旷 地 降 水 量	林 中 降 水 量							
		混 交 林				湿 地 松 林			
		净 降 水	%	截 留 量	%	净 降 水	%	截 留 量	%
1	58.7	53.8	91.7	4.9	8.3	46.3	78.9	12.4	21.1
2	112.3	105.3	93.8	7.0	6.2	99.5	88.6	12.8	11.4
3	103.6	100.0	96.5	3.6	3.5	95.6	92.3	8.0	7.7
4	128.4	119.1	92.8	9.3	7.2	115.6	90.0	12.8	10.0
5	148.9	136.9	91.9	12.0	8.1	133.0	89.3	15.9	10.7
6	183.3	172.6	94.2	10.7	5.8	171.2	93.4	12.1	6.6
7	125.7	114.9	92.9	8.8	7.1	115.8	93.6	7.9	6.4
8	92.8	83.7	90.2	9.1	9.8	88.5	95.4	4.3	4.6
9	76.5	69.2	90.5	7.3	9.5	70.0	91.5	6.5	8.5
10	101.6	98.9	97.3	2.7	2.7	99.2	97.6	2.4	2.4
11	79.7	75.5	94.7	4.2	5.3	72.7	91.2	7.0	8.8

不同树种对降水的截留量是不同的，落叶树的生长季和休眠季对降水的截留也有差别。我们求取穿透水 P_t 和林冠截留量 I 与林外降水 P 之间的相关方程如下：

混交林：

生长期： $P_t = -0.2578 + 0.9276P$

$(R=0.9985 \quad N=103)$

$I = -0.0269 + 0.7410P$

$(R=0.6549 \quad N=103)$

休眠期： $P_t = -0.0820 + 0.9338P$

$(R=0.9977 \quad N=119)$

$I = -0.2191 + 0.5503P$

$(R=0.5176 \quad N=119)$

湿地松： $P_t = -0.9501 + 0.9681P$

$(R=0.9974 \quad N=243)$

$I = 0.5191 + 0.4546 \ln P$

$(R=0.4912 \quad N=243)$

从上述方程看出：在混交林中，~~生~~生长季的截留回归系数大于休眠期，分别为 0.7410 和 0.5503 。而穿透雨的回归系数在生长期小于休眠期，分别为 0.9276 和 0.9338 。

另据观测，在休眠期，降水量达 0.5 时混交林开始有林中降

水。而在生长期降水量要达0.8, 这与松纯林相同。在5月份降水为0.6时林冠截留为100%。

林冠对不同雨量级的截留量是不相同的。表三、表四揭示了两种林分对不同降水级的截留效果。在混交林中我们又分别生长期和休眠期进行分析。

(1)湿地松纯林和混交林对降水的截留随雨量的增加而增加, 而截留率随雨量级的增大而减少。雨量从1.0到60.0毫米。湿地松纯林的截留从0.5增大到2.7毫米, 混交林生长期的截留从0.7增大到6.5毫米, 休眠期从0.3增大到6.2毫米。

表三、松纯林对不同降水级的截留作用 单位: 毫米

雨量级	观测次数	降水量	穿透水		截留量	
			量	%	量	%
0.1—0.5	5	0.4	0	0	0.4	100
0.6—1.0	15	0.8	0.3	39.2	0.5	60.8
1.1—2.0	24	1.5	0.8	55.4	0.7	44.6
2.1—4.0	31	3.2	2.3	72.3	0.9	27.7
4.1—6.0	26	4.8	3.4	70.6	1.4	29.4
6.1—10.0	53	8.0	6.7	82.9	1.4	17.1
10.1—15.0	25	12.3	10.7	87.1	1.6	12.9
15.1—20.0	16	17.7	16.6	93.5	1.2	6.5
20.1—30.0	18	25.1	22.8	91.0	2.3	9.0
30.1—40.0	12	35.1	32.7	93.1	2.4	6.9
40.1—60.0	12	47.6	45.3	95.0	2.4	5.0
60以上	5	76.3	73.6	96.5	2.7	3.5

表四、混交林对不同降水级的截留作用

雨量级	观测次数	休眠期				生长期							
		降水		穿透水		截留		降水		穿透水		截留	
		量	%	量	%	量	%	量	%	量	%	量	%
0.1-0.5	2	0.15	0	0	0.15	100	5	0.36	0	0	0.32	100	
0.6-1.0	7	0.8	0.5	66.1	0.3	33.9	8	0.8	0.05	6	0.75	94	
1.1-2.0	15	1.5	1.2	81.9	0.3	18.1	9	1.4	0.9	67.4	0.5	32.6	
2.1-4.0	17	3.3	2.9	90.3	0.3	9.7	13	3.2	2.8	86.7	0.4	15.3	
4.1-6.0	15	4.8	4.3	89.4	0.5	10.6	11	4.7	4.2	88.5	0.5	11.5	
6.1-10	22	8.2	7.5	91.5	0.7	8.5	11	7.7	6.9	89.5	0.8	10.5	
10.1-15	15	11.7	10.8	92.2	0.9	7.8	10	13.6	12.1	89.0	1.5	11.0	
15.1-20	9	17.3	16.5	95.2	0.8	4.8	7	18.2	16.8	92.3	1.4	7.8	
20.1-30	9	24.5	22.6	92.3	1.9	7.7	9	25.7	23.2	90.2	2.5	9.8	
30.1-40	6	36.3	34.8	96.0	1.5	4.0	6	34.02	32.4	95.1	1.7	4.9	
40.1-60	2	48.9	46.9	95.9	2.0	4.1	10	47.4	44.0	92.8	5.4	7.2	
60	1	85.7	79.5	92.8	6.2	7.2	4	74.0	67.5	91.2	6.5	8.8	

(2)在降水量为15.00毫米时,湿地松林和生长期混交林的冠下穿透水都可达到90%,而在休眠期混交林只要降水为5.8—6.0毫米时,穿透水就达90%。

(3)混交林生长期的截留量比休眠期要大,降水量小时如1.5毫米,约大44.5%,降水量大时如36.3毫米,约大18.4%。

(二)、不同树种的树干茎流

林冠截留的降水一部分蒸发返回大气层,另一部分沿树干流入地面。在实验中,我们设置了三个树种(樟树、~~橡~~栎树、湿地松)的树干茎流的测定。

林木的树干茎流量与降水量存在相关关系,考虑到生理需水的因素,我们分别计算了生长期与休眠期的相关函数。结果如下:

表五、不同树种的树干茎流回归方程系数表

树种	樟 树		栎 树		湿 地 松	
季节	休眠期	生长期	休眠期	生长期	休眠期	生长期
方程式	$\bar{y}=A+BX$	$\bar{y}=A+BX$	$\bar{y}=A+BX$	$\bar{y}=A+BX$	$\bar{y}=A+BX$	$\bar{y}=A+BX$
A	350.0238	-55.8766	0.1047	483.4222	1395.541	-2309.0119
B	0.09121	119.5960	148.9509	100.4349	5260.5006	736.0865
相关系数	0.2213	0.8377	0.8070	0.6021	0.8438	0.9241
方差比	1.8534	44.7011	26.1475	8.5318	54.4012	81.9593
	$F_{0.2}=1.71$	$F_{0.01}=8.18$	$F_{0.01}=8.86$	$F_{0.05}=4.54$	$F_{0.01}=7.96$	$F_{0.01}=8.86$

同一降水量其树干茎流量最大的是檫树，其次为湿地松，樟树的茎流量最少。这是由于樟树的冠幅较小。

我们还发现：树干茎流的大小与树冠的形状和枝叶的角度有很大关系。分枝角度大的树其干流较小，分枝角度小的树其干流大。

当降水量为10毫米时各树种的不同时期的树干茎流分别为：

生长期：樟树为1160·1，~~木~~檫树为10487·8，松树为5071·9毫米。

休眠期：樟树为431·8，~~木~~檫树为14899·6，松树为31211·5毫米。

(三)、不同地被物上的地表径流

除落到森林中的雨水，除了林冠层的作用外，大部分渗入到土壤中，没有及时渗入土中的降水就形成地表径流流出森林这一系统。从而完成森林生态系统与其他生态系统的信息和物质交流。不同的地被物其径流系数不一致，因而在相同降水条件下所产生的地表径流量也就不等。

我们通过对三种不同地被物的观测分析。(1)理论上当土壤孔隙饱和后产生地下渗漏，而当降水大于土壤的渗透能力时才产生地表径流。但由于人工林在造林时的全垦整地和郁闭度较大的原故，试验区Ⅰ(混交林)、Ⅱ(湿地松纯林，下同)林下无杂草灌木。人为干扰使土壤板结。所以在土壤非毛管孔隙远未饱和时就产生了地

表径流。一般降水量在4毫米时出现地表径流。(2)径流时间滞后降水时间，其值的大小随降水强度的不同^而不同。径流持续时间（见表六）是灌丛地大于混交林大于湿地松纯林。在50·8毫米的大雨时，径流持续时间混交林比松纯林延长近1个小时，这有利于水分下渗到土层中。(3)地表径流量湿地松纯林大于混交林大于灌丛地。在50·8毫米大雨时，松纯林的最高水位比混交林高3·9厘米，地表径流量比混交林多2·65倍。地表径流量的大小还与土壤湿度有很大关系。在连续下雨的情况下其地表径流量较大。8—9月份干旱少雨季节同一降水级其地表流量要小。表六中18·4毫米降水是选取了几天连续下雨的情况，其水头高和地表径流都较大。(4)第三区由于地被物密度大，土壤结构较松散，地表无人为的踩压，土层厚度较大，其降水主要为填充土壤孔隙并以地下渗漏形式输出本系统，故其地表径流量相当小。

由此可见，地表径流量、径流时间^均受土壤和植被的影响较大。就减少径流量而言，土壤中吸持和滞留的水分提供了较大空间，植被的影响又以多层次的混交林和林地下木及地被物较浓密的森林类型为佳。