

# 黄土丘陵区油松人工林和山杨林林冠对降水的再分配及其对土壤水分的影响

刘向东 吴钦孝 赵鸿雁 韩 冰

(中国科学院水利部西北水土保持研究所)

## 摘 要

本文分析了人工油松(*Pinus tabulaeformis*)林和山杨(*Populus davidiana*)林内的年降水量和林冠的年截留量。得出林内降水量( $p_i$ )和林外降水量( $p$ )呈直线正比例关系,人工油松林 $p_{i1} = 0.928p - 0.98$ ;山杨林有叶期 $p_{i2} = 0.889p - 0.442$ ;山杨林无叶期为 $p_{i3} = 0.985p - 0.278$ 。林冠截留量( $I$ )与林外降雨量( $p$ )呈幂函数关系。人工油松林是 $I_1 = 0.711p^{0.461}$ ,山杨林有叶期为 $I_2 = 0.521p^{0.668}$ 。林内降水分布不均,最大处为林内平均降水量的1.34倍,最小处为林内降水量的80%。在雨后短时间内,林内土壤水分也分配不均。

关键词 油松 山杨 林内降水 林冠截留 土壤水分

## REDISTRIBUTION OF PRECIPITATION BY CANOPIES OF ARTIFICIAL CHINESE PINES AND MOUNTAIN POPLARS AND ITS INFLUENCE ON SOIL MOISTURE IN LOESS HILLY REGION

Liu Xiangdong Wu Qinxiao Zhao Hongyan Han Bing

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation under The Chinese Academy of Sciences and The Ministry of Water Conservancy)

## Abstract

The annual precipitation and its interception in canopies were measured in stands of *Pinus tabulaeformis* and *Populus davidiana*. It turned out that the precipitation under the canopies ( $P_i$ ) and in the field ( $P$ ) were in linear positive correlation, and it was  $P_{i1} = 0.928p - 0.9$  for *Pinus tabulaeformis*;  $P_{i2} = 0.889p - 0.442$  for *Populus davidiana* in the period with leaves,  $P_{i3} = 0.985p - 0.278$  for *Populus davidiana* without leaves.

The interception of precipitation in the canopies(I) and precipitation in the field were in power function correlation, and it was  $I_1 = 0.711p^{0.461}$  for *Pinus tabulaeformis*;  $I_2 = 0.521p^{0.563}$  for *Populus davidiana* in the period with leaves.

The distribution of precipitation under the canopy was uneven. The maximum observed was equal to 1.34 times of the average precipitation, and the minimum was equal to its 0.8 times, in consequence, the soil moisture in the stands was also uneven during a certain period after rain.

**Key words** *Pinus tabulaeformis* *Populus davidiana* precipitation under canopy, interception in canopy soil moisture

人工油松林和山杨林是黄土丘陵半湿润区的主要森林类型。前者代表常绿针叶林,后者代表落叶阔叶林。研究它们林冠对降水的再分配,是森林水量平衡的重要研究内容,不仅对阐明森林保持水土,涵养水源具有重要意义,而且对合理经营现有天然林和继续营造理想的人工林也具有重要作用。

## 1 试验区的自然概况

试验林地为宜川县铁龙湾林场富曲营林区。该区地处黄龙岗东缘,海拔1500m,年平均气温9.8℃,年平均降水量574.4mm,土壤为灰褐色森林土,地带性植被属落叶阔叶林。供观测的山杨林属中龄林,主要分布于阴坡,郁闭度0.7,每公顷2100株,平均高10.0m,胸径11.0cm。供观测的人工油松林为1963年造林,分布于东、北、西北坡,初植密度400株/亩,1983年进行过抚育间伐,目前每公顷2100~2400株,平均高9~10m,胸径10~11cm,郁闭度0.7~0.8。

## 2 研究方法

### 2.1 林内降水量与林冠截留量

在对林分类型进行踏查的基础上,选择有代表性的林分为长期观测对象。在林冠下放置10个雨量筒,在林冠郁闭度适中的地方,安置自记雨量计。在林外空地安放雨量筒和自记雨量计各1个,以作对照。

### 2.2 林冠下降水的分布与土壤水分

选择油松优势木,在树冠的东、南、西、北方向,距树干40、80、120、160cm处,各放置1个雨量筒,观测典型树冠下的降水分布,并在雨后观测土壤含水量;在油松林内两树间、四树间、林窗、灌丛下、上层油松下层灌丛……等不同小环境处安放雨量筒各1个,观测林内降水分布,并在雨后观测土壤含水量。

## 3 结果及分析

### 3.1 林内年降水量和林冠年截留量

落到林冠上的降水量( $P$ ),在向林地转移过程中被分为透过降水量( $P_i$ )、树干

径流量 ( $S$ )、树冠截留量 ( $I$ ); 在数值上可以表示为:

$$P = P_i + S + I$$

上式中的  $P$ 、 $P_i$ 、 $S$  均可直接测得,  $I$  则为一个残差, 调整后为:

$$I = P - P_i - S$$

树干径流量一般认为很小, 我们作短期观测时为同期降水量的2.0%左右, 为保持资料的系统连续性, 这里忽略不计, 这样上式为:

$$I = P - P_i$$

这就表明, 只要观测好林内外的降水量就可以通过计算求得林冠截留量和林冠截留率。

表1所列数据表明, 人工油松林(以下称油松林)林内年平均降水量485.85mm, 为林外降水量的80.2%, 其中降雨量462.45mm, 为林外降雨量的82.5%, 降雪量23.4mm, 为林外降雪量的52.25%; 林冠年截留量为119.64mm, 年截留率为19.76%, 其中对降雨的截留量为98.17mm, 年截留率为17.51%, 对降雪的截留量为21.47mm, 年截留率为47.85%, 由于油松冬季仍有茂密的枝叶, 对固态降水的截留量较大, 截留率较高。山杨林林内年平均降水量501.05mm, 占林外年降水量的84.4%, 其中降雨量466.21mm, 占林外年降雨量的84.0%, 降雪量34.84mm, 占林外年降雪量的90.1%; 林冠年截留92.48mm, 年截留率为15.6%, 其中对降雨的截留量为88.65mm, 年截留率为15.98%, 对降雪的截留量为3.83mm, 年截留率9.9%。

表1 人工油松林和山杨林林内年平均降水量和林冠年平均截留量

类 型	降水形态	林外降水量 (mm)	林内降水量 (mm)	林冠截留量 (mm)	林冠截留率 (%)	资料年代
人工油松林	降 雨	560.62	462.45	98.17	17.51	1988年5月 至1990年12月
	降 雪	44.87	23.40	21.47	47.85	
	合 计	605.49	485.85	119.64	19.76	
山 杨 林	降 雨	554.86	466.21	88.65	15.98	1988年5月 至1990年10月
	降 雪	38.67	34.84	3.83	9.90	
	合 计	593.53	501.05	92.48	15.58	

由上述分析可见, 油松林林冠截留损失量, 不管是对降雨还是对降雪, 均较山杨林大, 这种差异将对林地土壤水分产生影响, 这个问题在以后讨论。

### 3.2 林内降水量和林冠截留量的逐月和季节变化

众所周知, 林内降水量和林冠截留量随林外降水量而变化, 而林外降水量有逐月变化和季节变化, 因而, 林内降水量和林冠截留量亦有逐月变化和季节变化。由图1、2可见, 油松林和山杨林林内降水量和林冠截留量逐月变化趋势基本与林外降水量的变化趋势同步, 即林内降水量和林冠截留量随林外降水量的增加而增大。其季节变化特点是, 冬春季节较少: 油松林林内降水量占全年林内降水量的20.6%, 林冠截留量占全年的33.1%; 山杨林林内降水量占全年林内降水量的24.6%, 林冠截留量占全年的10.8%。雨季较多: 油松林林内降水量占全年林内降水量的62.0%, 林冠截留量占全年的43.6%;

山杨林林内降水量占全年的58.8%，林冠截留量占全年的66.0%。

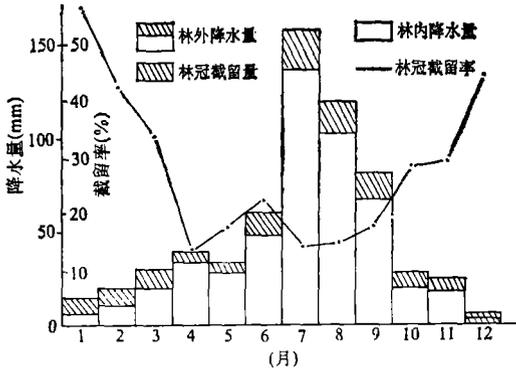


图1 人工油松林林内降水量、林冠截留量、林冠截留率的逐月变化

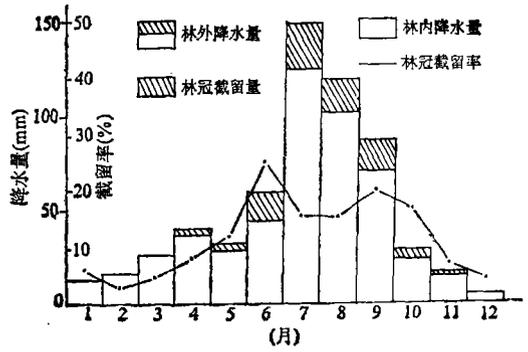


图2 山杨林林内降水量、林冠截留量、截留率的逐月变化

两林分的林冠截留率的逐月变化趋势则有所不同，油松林基本呈凹型变化趋势，即月降水量小，截留率高，月降水量多，截留率低。变化趋势是1月份最高，以后逐月下降，到7~8月最低，至11~12月接近最高值。山杨林则呈马鞍型变化趋势，从1~6月，截留率随降水量的增加而增大，从9~12月又随降水量的减少而降低，7、8两月较6月和9月低。

油松林和山杨林是两类性质完全不同的林分，它们在林内降水量、林冠截留量、林冠截留率等方面的差异是显而易见的。由于油松是常绿树种，全年均保持有茂密的枝叶，尤其对降雪有较强的截留能力，因而表现出降水量少截留率大，降水量多截留率小的变化规律，出现凹型。而山杨林从秋末至春初无叶，林冠截留量和截留率均减小，只有在有叶期以后，截留率才随降水量的增加而减小，表现出马鞍型的变化规律。

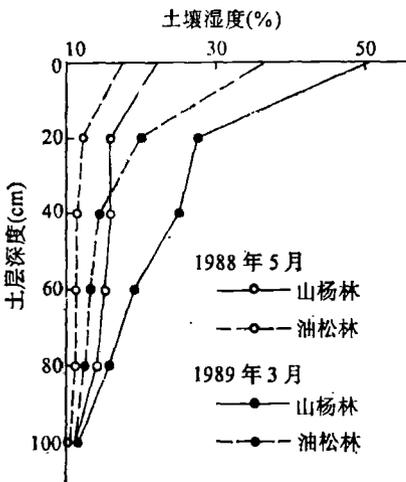


图3 山杨林和油松林春季土壤水分状况

山杨林从10月中旬开始落叶，翌年5月初开始展叶，无叶期长达6月之多，无叶期林冠截留损失量少，进入林地土壤的降水量增多，这是山杨林地土壤水分生态环境较油松林好的原因（参见图3）。

### 3.3 不同降水量级的林内降水量和林冠截留量

由表2、3、4可知，林内降水量随林外降水量级的增加而增大，且呈直线正比关系，经回归分析，其方程为：

$$\begin{aligned}
 P_{i1} &= 0.928p - 0.980 & n &= 8 & r &= 0.999 \\
 P_{i2} &= 0.889p - 0.442 & n &= 10 & r &= 0.999 \\
 P_{i3} &= 0.985p - 0.278 & n &= 6 & r &= 0.999
 \end{aligned}$$

式中的 $P_{i1}$ 、 $P_{i2}$ 、 $P_{i3}$ 分别为油松林、山杨林有叶期、山杨林无叶期的林内降水

量, 比较上述方程可见, 在同一降水量级时, 油松林和山杨林有叶期的林内降水量差异甚小, 均比山杨林无叶期小(图4)。求上式的 $P_i = 0$ 可知, 当油松林外降水量 $P > 1.06\text{mm}$ 、山杨林有叶期 $P > 0.5\text{mm}$ , 山杨林无叶期 $P > 0.2\text{mm}$ 时, 林内才开始出现降水量。比较实测资料, 油松林的这一测值最大为 $0.9\text{mm}$ , 山杨林有叶期为 $0.5\text{mm}$ , 山杨林无叶期为 $0.2\text{mm}$ , 接近回归值。

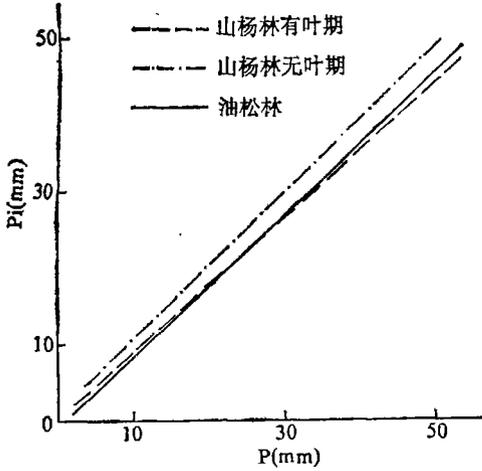


图4 油松林和山杨林内外降水关系图

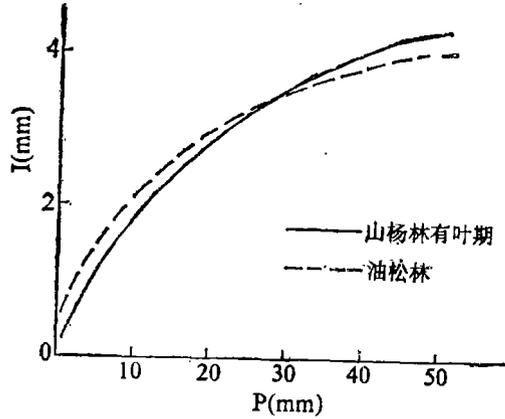


图5 油松林和山杨林有叶期的林冠截留量与林外降水量关系图

用幂函数模拟油松林和山杨林有叶期林冠截留量与林外不同降雨量级的关系, 获得较好结果, 其方程为:

$$I_1 = 0.711P^{0.461} \quad n = 8 \quad r = 0.99$$

$$I_2 = 0.521P^{0.563} \quad n = 10 \quad r = 0.99$$

式中 $I_1$ 为油松林林冠截留量,  $I_2$ 为山杨林有叶期的林冠截留量。

由图5可见, 在同一降水量级时, 两者差异不大, 但比山杨林无叶期高(参见表2、3、4)。

表2 油松林在不同降水量级下的林内降水量和林冠截留量

林外降水量级 (mm)	降水次数	林外降水量 (mm)	林内降水量 (mm)	林冠截留量 (mm)	截留率 (%)
0.0~0.5	7	0.40	0.0	0.40	100.00
0.5~1.0	6	0.80	0.13	0.67	83.75
1.1~5.0	43	2.77	1.50	1.27	45.85
5.1~10.0	39	6.69	4.81	1.88	28.10
10.1~20.0	22	14.87	12.07	2.80	18.82
20.1~30.0	14	25.11	22.23	2.88	11.47
30.1~40.0	5	33.56	30.32	3.24	9.65
40.1~50.0	5	45.92	41.90	4.02	8.75

### 3.4 不同林分密度的林内降水量与林冠截留量

表5是在3个油松林下观测到的降水资料。从表中可以看出, 林分密度越大, 林冠

表3 山杨林有叶期在不同降水量级下的林内降水量和林冠截留量

降水量级 (mm)	降水次数	林外降水量 (mm)	林内降水量 (mm)	林冠截留量 (mm)	截留率 (%)
0.0~0.5	7	0.33	0.03	0.30	90.90
0.5~1.0	3	0.87	0.36	0.51	58.62
1.1~5.0	24	2.63	1.78	0.85	32.32
5.1~10.0	16	6.71	5.28	1.43	21.31
10.1~15.0	6	12.0	10.23	1.77	14.75
15.0~20.0	3	17.83	15.30	2.53	14.19
20.1~25.0	2	22.55	19.57	2.95	13.24
25.1~30.0	4	27.23	24.30	2.97	10.76
30.1~40.0	1	31.3	27.30	4.0	12.78
40.1~50.0	2	45.9	40.20	5.70	12.00

表4 山杨林无叶期在不同降水量级的林内降水量和林冠截留量

降水量级 (mm)	降水次数	林外降水量 (mm)	林内降水量 (mm)	林冠截留量 (mm)	截留率 (%)
0.0~0.5	3	0.2	0.0	0.20	100.0
0.5~1.0	1	0.6	0.15	0.25	41.67
1.1~5.0	8	2.35	2.15	0.20	8.51
5.1~10.0	9	6.61	6.29	0.32	4.84
10.1~20.0	5	14.22	13.59	0.63	4.46
20.1~40.1	3	24.4	23.83	0.57	2.34

郁闭度越高,林内降水量减小,林冠截留量和截留率较高。1号林分为初植时的密度,虽然天然整枝强烈,但郁闭度仍达0.85,林内降水量仅占同期林外降水量的70.5%;林冠截留率占29.5%;2号林分在1983年进行过抚育间伐,采伐强度为蓄积量的50%,林分密度较1号林分小60%,郁闭度降低了0.1,林冠截留量减少了7.8%;3号林地于1990年间伐,林分密度较1号林分小76.0%,郁闭度低0.35,林冠截留量减少了9.1%。

表5 油松林不同林分密度的林冠截留量

标地号	林分密度 (株/ha)	郁闭度 (%)	林外降水量 (mm)	林内降水量 (mm)	林冠截留量 (mm)	截留率 (%)
1	5400	85	72.4	51.1	21.3	29.5
2	2100	75	72.4	56.7	16.7	21.7
3	1275	50	72.4	57.6	14.8	20.4

### 3.5 林内降水分布不均及其对土壤水分的影响

由于油松林林冠层表面参差不齐,可能使降水在达到林冠前就发生小幅度变化。又由于枝叶截留和聚集的降水,或直接滴入林地,或沿树枝—树干流入林地,使其林内降水分布不均,从而也影响到土壤水分的分布。

观测结果表明,典型的油松林冠具有向外缘汇集降水的作用,一般距树干越远,降水量越多,到树冠边缘可能接近林外降水量(表6)。以6次降水的总和为例,在距树

**表6 降水在典型油松树冠下的分布 降水量(mm)**

林外降水量 (mm)	东				西				(距树干cm)
	160	120	80	40	40	80	120	160	
1.9	0.8	0.6	0.4	0.1	0.2	0.5	0.8	1.2	
5.1	2.7	1.4	0.7	0.0	0.8	0.8	3.0	4.0	
15	11.0	11.8	10.1	8.4	5.5	8.6	10.2	8.6	
25	18.3	18.3	12.6	16.8	19.2	24.1	27.0	22.7	
27	23.7	23.5	23.0	25.5	27.0	26.0	30.0	27.1	
27	22.8	21.0	16.7	22.5	17.0	20.4	26.4	22.2	
Σ 101	79.7	76.6	62.9	73.3	69.7	80.4	87.4	85.5	

林外降水量 (mm)	南				北				(距树干cm)
	160	120	80	40	40	80	120	160	
1.9	0.9	0.9	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.8	
5.1	2.8	2.6	1.3	0.8	0.3	0.6	1.7	2.6	
15	10.7	10.7	8.2	5.0	12.0	11.8	17.1	16.0	
25	21.7	20.3	21.8	16.8	21.8	21.2	23.6	23.8	
27	25.4	26.4	25.5	24.2	21.0	26.0	26.9	26.5	
27	24.0	23.8	20.2	17.0	17.7	25.8	25.0	30.0	
Σ 101	85.5	84.7	77.3	63.9	72.9	85.5	94.8	99.7	

干40cm处,为林外降水量的63.3%~72.6%;在距树干160cm处,为林外降水量的78.9%~98.7%。油松林林冠的这种作用,可影响林地土壤水分的分布。雨后天在距树干不同距离观测0~60cm土层的含水量,其结果亦有类似降水的分布规律(表7)。例如,距树干40cm时,土壤含水量为16.6%~19.8%,距树干120cm时,为20.0%~21.6%。

**表7 距油松树干不同距离的土壤湿度 (%)**

日期	120cm	100cm	80cm	60cm	40cm	40cm	60cm	80cm	100cm	120cm
4月22日	20.8	22.4	22.2	17.7	16.6	19.8	25.0	23.8	27.7	20.0
5月1日	21.6	20.5	20.9	18.2	18.1	22.5	22.1	23.4	20.4	20.9

树干径流量虽然仅占降水量的2.0%,但它集中在树干基部周围,使该处的降水量为林内平均降水量的2~6倍。

在油松林下不同小生境观测降水的结果表明,油松林内的降水量是分布不均的,表8所列数据表明,林外降水量在5.0mm以下,林内各小生境的降水量差异较大,变异系数为0.36~1.36;林外降水量在20.0mm以上,则差异缩小,变异系数在0.17~2.0之间。表中10次降水总量为189.5mm,林内降水量最多处林窗和两树间,分别占林外降水量的103.1%~108.9%;最少处为上林冠,下有灌丛和树干周围,分别占64.7%~80.7%;

表8 人工油松林内降雨的分布状况表 (mm)

观测日期	8月7日	8月16日	8月11日	7月10日	7月9日	7月29日	7月30日	8月15日	8月12日	7月21日	Σ
林外降水量 (mm)	1.4	0.5	2.3	3.1	5.8	23.6	31.3	36.1	38.0	47.4	189.5
1 两树间	0.1	0.2	0.3	0.8	1.8	21.3	35.1	44.4	46.8	55.0	205.8
2 两树间	0.2	0.2	0.7	1.1	2.4	20.5	33.9	43.4	42.7	54.0	199.1
3 两树间	0.3	0.3	0.7	1.1	2.3	13.8	33.3	32.0	30.2	43.1	157.1
4 两树间	0.2	0.4	0.8	0.9	2.1	18.0	31.4	25.0	29.2	30.4	138.4
5 两树间	0.0	0.3	0.4	0.7	1.7	12.3	22.3	30.0	29.0	30.2	126.9
6 两树缝 隙	0.0	0.3	0.6	1.1	2.4	13.7	23.7	37.3	35.1	48.0	162.2
7 两树冠 结合处	0.0	0.2	0.2	0.6	1.8	14.3	25.6	32.5	28.5	39.9	143.6
8 四 中 树	0.1	0.2	0.7	1.2	2.5	18.9	28.5	23.1	33.7	41.9	157.7
9 四 中 树	0.0	0.2	0.4	0.8	1.5	13.9	24.2	29.8	25.7	36.1	132.6
10 四 中 树	0.1	0.1	0.7	0.7	1.2	14.3	24.5	24.3	25.7	33.5	125.1
11 四 中 树	0.0	0.2	0.7	1.2	2.5	13.8	23.6	25.6	29.6	34.7	131.9
12 树干 20cm	0.1	0.1	0.8	0.8	1.4	14.2	21.9	31.5	28.1	32.0	130.9
13 树干 30cm	0.1	0.2	0.7	1.0	2.5	20.4	37.9	31.5	41.1	40.4	174.8
14 树干 40cm	0.0	0.0	0.2	0.3	0.7	14.9	24.5	26.3	26.9	30.9	124.9
15 树干南 30cm	0.1	0.1	1.6	1.3	3.1	18.1	31.5	25.9	35.5	35.8	153.0
16 树干南 60cm	0.5	0.7	2.1	2.2	3.5	18.9	32.3	24.7	38.1	45.9	168.9

续表 8 人工油松林内降雨的分布状况表(mm)

观测日期	8月7日	8月16日	8月11日	7月10日	7月9日	7月29日	7月30日	8月15日	8月12日	7月21日	Σ
林外降水量(mm)	1.4	0.5	2.3	3.1	5.8	23.6	31.3	36.1	38.0	47.4	189.5
17 树干北 30cm	0.2	0.4	1.2	1.1	2.4	13.2	20.4	27.0	26.8	30.0	122.7
18 树干北 90cm	0.0	0.2	0.5	0.6	1.8	14.9	25.2	29.4	28.5	41.3	142.4
19 树下灌 丛边	0.4	0.7	2.5	2.0	2.6	19.2	31.1	35.7	38.4	47.4	180.0
20 大林窗	0.3	0.6	2.5	2.2	3.2	22.2	35.8	37.4	42.5	48.7	195.4
21 大株窗 灌丛下	0.1	0.4	1.4	1.0	1.5	13.5	25.8	32.7	31.7	43.6	151.7
22 大林窗 灌丛下	0.0	0.0	0.5	0.5	1.0	14.7	26.9	24.0	34.5	38.8	140.9
23 小林窗 灌丛下	0.0	0.1	0.4	0.5	1.3	14.3	28.7	23.0	21.9	26.0	121.2
24 小林窗	0.0	0.3	1.3	1.5	2.5	12.0	28.0	34.7	35.1	43.2	158.6
25 小林窗	0.8	0.5	1.9	1.8	3.8	22.1	34.8	37.0	41.0	50.1	193.8
$\bar{X}_{25}$	0.14	0.28	0.95	1.08	2.14	16.27	28.40	30.94	33.06	40.04	153.30
变动系数	1.36	0.67	0.71	0.46	0.36	0.19	0.17	0.19	0.19	0.20	0.17

表9 油松林下不同小生境雨后的土壤增温状况

观测日期	6月18日					7月7日				
	土层深 (cm)	覆盖度	0~10	10~20	Σ	0~10	10~20	20~40	40~60	Σ
			Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
1	四树中间	0.7	16.8	7.2	24.0	21.6	14.2	6.2	0.0	42.0
2	树干 40cm	0.9	9.8	0.0	9.8	20.9	10.2	9.7	3.6	44.2
3	小林窗	0.8	17.3	5.0	22.3	21.6	12.2	11.0	4.3	49.1
4	四树中间	0.3	11.3	0.0	11.3	28.1	9.9	7.7	1.5	47.2
5	四树中间	0.3	14.0	1.2	15.2	18.5	11.5	3.4	0.0	33.4
6	树干 20cm	0.5	13.3	0.4	13.7	22.1	13.5	5.4	0.0	41.0
7	灌丛下		14.3	0.0	14.3	23.0	12.7	13.3	6.1	55.1
8	油松林和灌丛下		14.4	0.0	14.4	24.0	10.4	3.6	0.0	38.0
9	大林窗		16.8	7.2	24.0	19.4	12.9	6.6	0.1	39.0
10	大林窗灌丛下		15.2	0.0	15.2	18.5	13.2	9.5	3.1	44.3
11	四树中间		17.2	0.2	17.4	19.7	12.3	7.9	0.9	40.8
12	树干南 30cm		19.2	0.0	19.2	20.5	10.7	6.8	1.2	39.2
13	树干南 60cm		11.0	0.0	11.0	16.8	11.2	5.8	0.0	33.6
14	树干北 30cm		8.9	0.0	8.9	18.7	13.2	8.4	0.3	40.6
15	树干北 60cm		16.6	0.0	16.6	26.0	13.1	12.2	4.5	55.8
16	林窗灌丛下		15.3	0.4	15.7	22.0	14.6	7.0	0.0	43.0
17	树冠边缘西		16.3	0.0	16.3	21.8	14.1	8.5	3.4	47.8
18	树冠边缘北		10.8	0.0	10.8	20.9	8.0	2.7	0.0	31.6
19	树冠边缘南		14.2	0.0	14.2	20.6	11.2	6.6	0.6	39.0
20	树冠边缘东		14.6	0.0	14.6	22.4	13.5	7.8	0.8	44.5

续表 9 油松林下不同小生境雨后的土壤增湿状况

观测日期	6月18日					7月7日				
	0~10	10~20	Σ	0~10	10~20	20~40	40~60	Σ		
土层深 (cm)										
21 林窗灌木下	12.0	0.0	12.0	21.3	12.1	9.7	4.1	47.2		
22 林窗灌木下	14.2	0.0	14.2	19.9	10.2	5.6	1.5	37.2		
23 四树旁南 30cm	10.3	0.0	10.3	20.3	9.7	4.1	0.0	34.0		
24 四树旁南 60cm	12.0	0.0	12.0	18.9	11.3	10.1	0.0	40.3		
25 四树旁西 30cm	11.6	0.0	11.6	17.6	11.7	10.8	0.0	39.5		
26 四树旁西 60cm	12.5	0.0	12.5	22.4	11.6	5.8	0.0	39.8		
27 四树旁北 30cm	10.7	0.0	10.7	18.8	11.8	6.4	0.9	37.9		
28 四树旁北 60cm	11.9	0.0	11.9	16.4	10.3	3.7	0.0	30.4		
29 四树旁东 30cm	15.9	0.0	15.9	21.2	13.3	6.1	0.0	40.6		
30 四树旁东 60cm	10.5	0.1	10.6	18.6	11.5	7.0	1.8	38.9		
31 树干北 30cm	8.7	0.0	8.7	17.5	9.6	7.2	2.1	36.5		
32 树干北 60cm	9.9	0.0	9.9	15.5	9.7	3.7	0.0	38.9		
33 树干南 60cm	9.0	0.2	9.2	15.5	9.9	2.6	0.0	38.0		
34 树干北 30cm	9.3	0.3	9.6	16.2	10.9	4.3	0.0	31.4		
Σ			13.8					39.9		
变异系数			0.2					0.17		
林外降水量 (mm)			17.3					52.8		
林内降水量 (mm)			14.3					45.9		

降水最多处与最少处相差70%。

雨后在上述小生境观测土壤含水量的结果表明,林内各小生境土壤的增湿程度不同,当林外降水量为17.3mm时,林内平均降水量为14.3mm,0~40cm土层内平均增加贮水量13.8mm,增湿最高处为24.0mm,为林内平均增湿量的1.74倍;增湿最低处为8.7mm,为63.0%,两者相差1.8倍。当林外降水量为52.8mm,林内平均降水量为45.9mm时,0~60cm土层平均增加贮水量39.9mm,增湿最高处为55.8mm,为林内平均增湿量的1.4倍,增湿最低处为28.0mm,为70.1%;两者1.0倍(参见表9)。

## 4 结 论

4.1 人工油松林林内年平均降水量482.5mm,占林外年降水量的80.2%;林冠截留量119.6mm,占19.8%;山杨林林内年平均降水量501.1mm,占林外年均降水量84.4%,林冠年平均截留量92.5mm,占15.6%。油松林截留损失量较山杨林大,主要差异是在秋末春初,后者处于无叶时期,林冠截留量大大减少,这将使山杨林地土壤水分条件较人工油松林好。

4.2 林内降水量与林外降水量级呈直线正比关系:人工油松林 $Pi_1 = 0.928p - 0.980$ ,山杨林有叶期 $Pi_2 = 0.889p - 0.442$ ,山杨林无叶期 $Pi_3 = 0.985p - 0.278$ 。林冠截留量与林外降水量级呈幂函数关系;人工油松林 $I = 0.711p^{0.461}$ ,山杨林有叶期 $I = 0.521p^{0.563}$ 。

4.3 林内降水量和林冠截留量随降水量而有逐月变化和季节变化,且与降水量同步。但人工油松林林冠的截留率变化趋势为凹型,山杨林则为马鞍型。

4.4 人工油松林密度增大,林内降水量减少,截留损失量增加,由于林冠的发育受林分密度的影响,这种增减并非呈比例关系。

4.5 人工油松林典型树冠具有向外缘汇集降水的作用以及树干径流、林下灌丛截留降水等,使林内降水分布不均,变异系数为0.17~0.20。雨后,林内土壤水分也分布不均,变异系数为0.17~0.29。

## 参 考 文 献

- [1] Richard Lee、张建列译。《森林水文学》,东北林学院出版,1984年
- [2] 邓世宗等。不同森林类型林冠对大气降水量再分配的研究,《林业科学》,1990年第3期
- [3] 刘向东等。黄土丘陵区人工油松林和山杨林林冠截留作用的研究,《水土保持通报》,1991年第2期