

油松人工林枝叶容水量与蒸发速率的研究*

刘向东 吴钦孝 赵鸿雁 杨 华**

(中国科学院
水利部西北水土保持研究所)

摘 要

通过研究油松树枝叶容水量与蒸发速率的结果表明,油松 (*Pinus tabulaeformis*) 树枝叶容水量与树枝叶重量呈直线正比关系 ($C = 16.434 + 0.226W$); 前 3 min 的平均蒸发速率为 $0.0237 \text{ g/g} \cdot \text{min}$; 水湿树枝叶在停止降水后即开始蒸发变干, 其变干历时与该时段的平均相对湿度呈递增指数函数关系 ($t_1 = 11.53 e^{0.0288 R^{\text{rh}}}$), 与平均气温呈递减指数函数关系 ($t_2 = 3256.07 \cdot e^{-0.144c}$)。

油松针叶的蒸发速率为 $0.0137 \text{ g/g} \cdot \text{min}$, 为蒸腾强度的 3.43 倍。其日变化规律和季节变化规律均与蒸腾强度相似。

关键词 油松人工林 容水量 蒸发

STUDY ON WATER HOLDING CAPACITY OF BRANCHES AND NEEDLES AND THEIR EVAPORATION RATE IN PLANTATION OF CHINESE PINE

Liu Xiangdong Wu Qinxiao Zhao Hongyan Yang Hua

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

Abstract

This paper has studied the water holding capacity of branches and needles of *P. tabulaeformis* plantation and its evaporation rate. The results of the study showed that the water holding capacity stood in a linear relation with the weight of branches and needles ($C = 16.434 + 0.226w$); the evaporation rate in the first 3 min averaged $0.0237 \text{ g/g} \cdot \text{min}$; the evaporation from wet branches and needles began as only after rain stoping, and the drying period of time for branches and needles stood in a relation of increasing indicial function with average relative humidity in that period of

* 国家自然科学基金资助项目

** 杨华的工作单位为陕西省宜川县林业局

time ($t_1 = 11.53e^{0.028866t}$), also as well in a relation of decreasing index function with average air temperature ($t_2 = 3256.07e^{-0.14}$). The evaporation rate of needles of *P. tabulaeformis* averaged $0.0137\text{g/g}\cdot\text{min}$, or the 3.43 times of transpiration intensity, and its daily and seasonal variation patterns were similar to that of evaporation intensity.

Key words *Pinus tabulaeformis* plantation water holding capacity evaporation

研究树枝叶容水量与蒸发速率是阐明林冠截留降雨机制的课题,在森林水文学研究中具有一定意义。

1 研究方法

1.1 树枝叶容水量与蒸发速率

用称重法测定树枝叶的容水量与蒸发速率。作法是:在树冠中部以上采集树枝,插入盛有干沙的小桶内,立即称重。在树枝基部捆一喇叭状的塑料薄膜,覆盖小桶,防止水分进入桶内。用喷雾器喷水 3~5 min,待枝叶全部吸水后停止。取去薄膜,每隔 1、2、3、5、10 min 各称重一次,以后每隔 10 min 称一次,直到水分蒸发完为止。测定时间从早上 7 h 开始,连续进行,至 20 h 结束。

1.2 针叶蒸发速率

采用快速称重法与测定蒸腾强度同时进行。具体作法是:采集树冠中部针叶,立即称重。然后浸水 1 min,取出控去余水,再次称重,求得吸水量。经过 2 min 后,又称重,求得蒸发量。测定时间从 7~10 月,每旬一天,从早上 8.0 h 到 20 h,每 2 h 一次。

气候因子的资料,取至空旷地小气候观测站。

2 研究结果

2.1 树枝叶容水量

所谓树枝叶容水量系指树枝叶表面吸收水重,即树枝叶的饱和吸水量。研究表明,树枝平均容水量占树枝叶重量的 27.1% (表 1),与树枝叶重量呈直线正比关系 (图 1):

$$C = 16.434 + 0.226W$$

$$n = 53 \quad r = 0.94$$

式中 C——树枝容水量,以 g 计;

W——树枝重量,以 g 计。

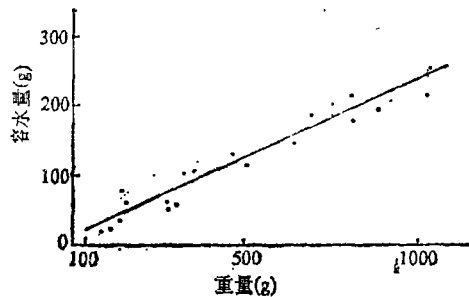


图 1 油松树枝容水量与树枝重量的关系

水湿树枝 (树枝吸水饱和) 在停止供水以后,立即开始蒸发,前 1 min 的平均蒸发速率为 $0.0433\text{g/g}\cdot\text{min}$, 3 min 的平均蒸发速率为 $0.0237\text{g/g}\cdot\text{min}$ 。所谓蒸发速率是指在单位时间内每克树枝蒸发掉的水分。蒸发速率受气候因子的影响,变化较大,尤

其是开始阶段。前 1 min 蒸发速率变动在 0.013 1~0.084 7g/g·min 之间，6 min 时，变动在 0.013 7~0.039 5g/g·min 之间。在测定的气温、相对湿度中，以相对湿度关系

表 1 油松树枝含水量与蒸发速率

试验次数	树枝重 (g)	吸水重 (g)	吸水率 (%)	蒸发速率 (g/g·min)		
				1	3	6
1	59	22	37.29	0.033 9	0.056 5	0.039 5
2	73	25	34.24	0.068 5	0.045 7	0.029 7
3	80	29	36.25	0.062 5	0.025 0	0.017 8
4	111	35	31.53	0.060 0	0.051 1	0.037 5
5	118	42	35.59	0.084 7	0.030 7	0.025 4
6	138	54	39.13	0.029 0	0.041 1	0.030 2
7	215	70	32.56	0.046 5	0.031 0	0.019 4
8	230	82	35.65	0.087 0	0.036 2	0.027 5
9	269	94	34.94	0.063 2	0.042 1	0.026 6
10	300	90	30.00	0.050 0	0.027 8	0.025 0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
39	366	104	28.42	0.016 4	0.028 2	0.025 0
40	390	109	22.20	0.024 5	0.020 4	0.017 0
41	448	157	35.04	0.026 8	0.027 5	0.017 5
42	545	146	26.79	0.038 5	0.022 0	0.014 0
43	704	188	23.68	0.037 8	0.021 0	0.014 9
44	1 045	218	20.86	0.014 4	0.008 0	0.004 0
平均	369.6	100.0	27.10	0.043 3	0.023 7	0.019 3

较密切。

当水湿树枝蒸发到针叶表面开始变干时，树叶开始蒸腾失水。此时蒸发蒸腾伴随进行，直至树枝变干。蒸腾失水一般占10%以下。水湿树枝变干过程，受气象因子的影响，表现出不同的变干历时。一般早晚较长，中午前后较短，变化在30~200min之间。水湿树枝变干所需历时，与该时段的相对湿度呈递增指数函数关系（图2），与平均气温呈递减指数函数关系（图3），其关系式为

$$t_1 = 11.53 \cdot e^{0.0288rh} \quad n = 47 \quad r = 0.98$$

$$t_2 = 3256.706 \cdot e^{-0.144c} \quad n = 48 \quad r = 0.79$$

式中 t ——水湿树枝变干所需时间 (min)； rh ——平均相对湿度 (%)； c ——平均温度 (℃)

不同水湿树枝的变干过程(历时)的相对蒸发量 (E) 与时间 (t) 呈幂函数变化趋势 (表2)。

2.2 针叶蒸发速率

针叶蒸发速率系指针叶吸水后单位时间内每克针叶蒸发掉的水分。测定结果表明，

表 2 油松水湿树枝不同变干（水分蒸发完）过程

变干历时 (min)	试验次数	平均树枝重 (g)	吸水量 (g)	前 3 min蒸发速率 (g·g/min)	变干过程的方程	
31	4	259	72	0.029 6	$E_1 = 12.511t^{0.631}$	$n = 6 \quad r = 0.99$
41	10	250	69	0.032 0	$E_2 = 20.283t^{0.46}$	$n = 7 \quad r = 0.99$
51	9	302	107	0.032 3	$E_3 = 10.936t^{0.612}$	$n = 8 \quad r = 0.98$
61	6	537	130	0.024 6	$E_4 = 12.991t^{0.632}$	$n = 9 \quad r = 0.99$
81	5	470	113	0.021 7	$E_5 = 10.747t^{0.537}$	$n = 10 \quad r = 0.99$
101	2	651	169	0.015 1	$E_6 = 9.853t^{0.531}$	$n = 11 \quad r = 0.99$
121	1	448	157	0.027 5	$E_7 = 11.640t^{0.497}$	$n = 12 \quad r = 0.97$
141	3	369	96	0.018 0	$E_8 = 4.471t^{0.618}$	$n = 13 \quad r = 0.996$
161	2	372	99	0.023 3	$E_9 = 13.630t^{0.394}$	$n = 14 \quad r = 0.999$
201	2	682	147	0.016 1	$E_{10} = 7.188t^{0.442}$	$n = 15 \quad r = 0.96$

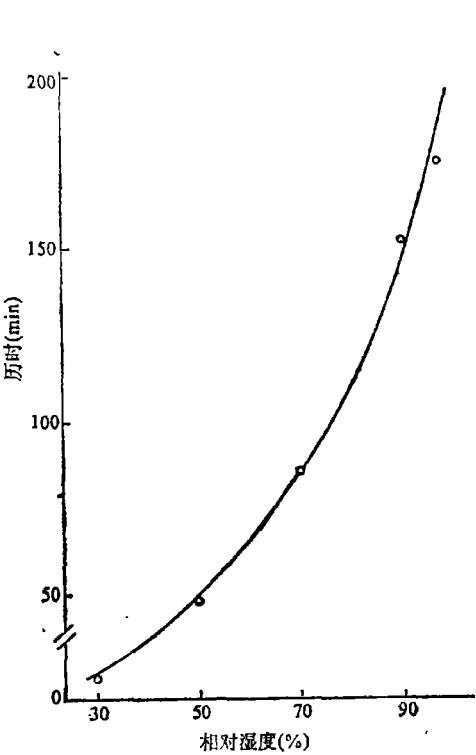


图 2 水湿树枝变干历时与相对湿度的关系

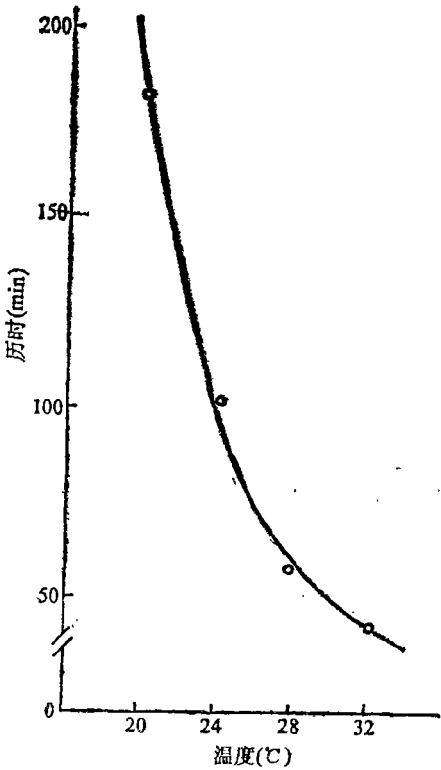


图 3 油松水湿树枝变干历时与温度的关系

油松针叶蒸发速率平均为0.0137 0 g/g·min. (表 3) , 与蒸腾强度比较, 为 3.43 倍。在测定的 4 个月中, 7 月份较大, 10 月份最小, 基本上和蒸腾强度的变化趋势相一致。

油松针叶的蒸发速率在一日内的变化也很明显。早晚温度较低, 湿度较高, 蒸发速率较小, 中午前后, 气温较高, 相对湿度较低, 蒸发速率较大 (见图 4) 。这种变化规律也与蒸腾强度日变化规律相一致。

表 3 油松水湿针叶蒸发速率与蒸腾强度比较表

项 目	7 月	8 月	9 月	10 月	合 计
蒸发速率 (g/g·min)	0.017 9	0.014 3	0.011 3	0.011 1	0.013 7
蒸腾强度 (g/g·min)	0.004 8	0.003 7	0.004 4	0.003 0	0.004 0
增加倍数	3.73	2.86	1.57	2.70	2.43

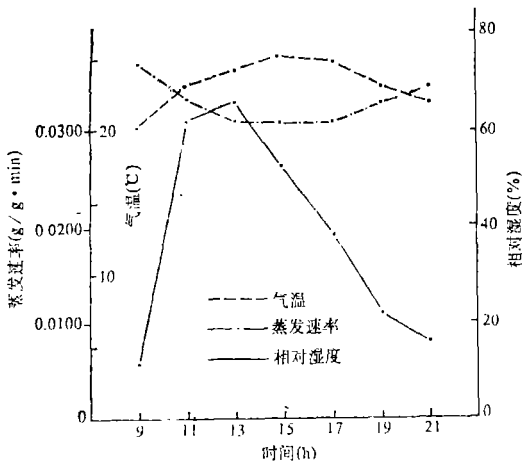


图 4 油松水湿针叶蒸发速率与气温、相对湿度
的关系

(林冠一次最大截留量 4 ~ 5 mm)，但未测定干流量，如果减去干流量则与林冠 截留量接近。

油松水湿树枝蒸发速率开始较快，以后逐步减慢，前 3 min 的 平 均 蒸 发 速 率 为 0.023 7 g/g·min。

油松水湿树枝的变干（蒸发）过程，受气象因子制约，表现出不同的变干历时。其 时间长短与相对湿度呈递增指数函数关系，与气温呈递降指数函数关系。各种变干历时的 相对蒸发量（占总蒸发量的%）均符合 $E = at^b$ 关系。

3.2 油松水湿针叶的蒸发速率为 0.013 7 g/g·min，为蒸腾强度的 3.43 倍。早晚蒸 发速率较小，中午前后的蒸发速率较大，与气温、相对湿度关系比较密切。

韩冰同志参加部分内业计算，谨致谢意。

参 考 文 献

[1] Richard Lee. 张建列译.《森林水文学》，东北林学院出版，1984
[2] 刘向东等.对六盘山森林截留降水的研究，《林业科技通讯》，1982，3 期

3 结 论 及 讨 论

3.1 油松树枝容水量相当于 树 枝 重 量 的 27.1%，树枝容水量与树枝 重量呈直线正比关系 ($C = 16.434 + 0.226W$)。试验树枝采自生活的 树 冠，可见，树冠容水量也与树冠的枝 叶重量呈 $C = a + bW$ 关系。试验 地 油 松 人 工 林 平 均 单 株 枝 叶 重 17.3 ~ 20.3kg，每公顷重 41.5t。利用上 述 公 式 计 算，油松人工林林冠枝叶一次 吸水为 25.8t/ha，相 当 于 2.6mm 降 水。这一值与实测林冠截留 量 偏 小