

陕北黄土丘陵区油松人工群落

蒸腾强度的初步研究^{*}

刘向东 吴钦孝 赵鸿雁 梁韩生^{**}

(中国科学院
水利部 西北水土保持研究所)

摘 要

本文研究了组成人工油松 (*Pinus tabulaeformis*) 群落主要植物的蒸腾强度及其日变化和季节变化, 并计算了群落的蒸腾强度, 结果表明, ①组成群落各植物在生长期间的平均蒸腾强度为0.259 3~0.991 6 g/g·h, 其中乔木层为0.259 3 g/g·h, 灌木层为0.498 2~0.991 6 g/g·h, 草本层为0.577 2~0.848 8 g/g·h; ②各植物蒸腾强度的日变化符合多项式 $E = e^a \cdot e^{b \cdot T^c \cdot r^d}$; ③蒸腾强度有相似的季节变化趋势, 但各植物的节律稍有差异; ④人工油松群落蒸腾强度为0.284 5 g/g·h, 其中乔木层为0.262 4 g/g·h, 灌木层为0.619 7 g/g·h, 草本层为0.780 8 g/g·h。

关键词 人工油松群落 蒸腾强度

A PRELIMINARY STUDY ON TRANSPIRATION INTENSITY OF CHINESE PINE COMMUNITY IN LOESS HILLY REGION

Liu Xiangdong Wu Qinxiao Zhao Hongyan Liang Hansheng
(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation under The
Chinese Academy of Sciences and The Ministry of Water Conservancy)

Abstract

According to the transpiration intensity of main species in the community and its variations in a day and season the transpiration intensity of the community was calculated in the paper. The results of the study indicated that (1) the average transpiration intensity of species in *P. tabulaeformis* community in growth period amounted to 0.259~0.992 g/g·h, among which it is 0.259 g/g·h for tree layer, 0.498~0.992 g/g·h for shrub layer and 0.577~0.849 g/g·h for herb

^{*} 国家自然科学基金资助项目

^{**} 梁韩生同志的工作单位为陕西省宜川县林业局

layer; (2) the daily variation of transpiration intensity of all species accorded with the mathematical model $E = e^a \cdot e^{bt} \cdot T^c \cdot r^d$; (3) transpiration intensity exhibited an analogic tendency to variation in season for all species, but existed a little difference in rhythm of those species; (4) the transpiration intensity of *P. tabulaeformis* community is $0.285 \text{ g/g} \cdot \text{h}$, among which it is $0.262 \text{ g/g} \cdot \text{h}$ for tree layer, $0.620 \text{ g/g} \cdot \text{h}$ for shrub layer and $0.781 \text{ g/g} \cdot \text{h}$ for herb layer.

Key words *Pinus tabulaeformis* community transpiration intensity

人工油松群落是黄土丘陵半湿润区人工建造的主要类型,具有一定的稳定性和良好的群落结构,不仅有很强的保持水土、涵养水分的功能,而且也有较高的生产能力,在黄土高原林业生产建设中占有重要地位。研究群落蒸腾强度及其蒸腾耗水量,是评价群落水分利用的基础,从而为合理建造、经营高效能的油松群落提供科学依据。

1 试验区的概况和群落组成

试验观测的标准地设在宜川县铁龙湾林场富曲营林区。自然概况和林分基本特征如前文,其群落组成如下:

乔木层: 由10油松组成,另星分布有杜梨 (*Pyrus betulaefolia*), 郁闭度0.7。

灌木层: 优势种有黄刺玫 (*Rosa xanthina*) 忍冬 (*Lonicera ferdinadii*)、绣线菊 (*Spiraea pubescens*) 胡颓子 (*Elaeagnus umbellata*), 伴生种有悬钩子 (*Rubus sp*)、连翘 (*Forsythia suspensa*) 普氏柠条 (*Caragana purdomii*)、陕西荚蒾 (*Viburnum Schensicnum*) 多花栒子 (*Cotoneaster multiflora*) 山桃 (*Prunus davidiana*)、山樱桃 (*Prunus sp*) 等, 覆盖度20%。

草本层: 优势种有大披针叶苔草 (*Carex lanceolata*), 伴生种有铁杆蒿 (*Artemisia gmelini*)、大油芒 (*Spodiopogon sibiricus*) 野菊 (*Chrysanthemum indicum*) 野棉花 (*Anemone vitifolia*)、隐子草 (*Cleistogenes sp*)、卢豆苗 (*Vicia amoena*) 等, 覆盖度40%。

2 研究方法

2.1 群落植物蒸腾强度的测定

1990年4~10月,用快速称重法分别测定群落各组成成份的蒸腾强度,乔木层有油松的各龄针叶和杜梨,灌木层有黄刺玫、忍冬、绣线菊、胡颓子、连翘、悬钩子、山桃、山杏、南蛇藤、丁香等,草本层有大披针叶苔草、铁杆蒿、大油芒、隐子草、野棉花、翻白草等。观测点设在林中空地。

2.2 群落植物叶的生物量调查

选择标准地进行每木检尺,采伐5株平均木,测定叶的生物量。在油松林分内,每20m机械布设 $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ 样方一个,调查灌木层的种类组成,并测定叶的生物量。在样方内选择2个 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 样方(对角线排列),调查草本层种类组成及叶的生物量。

2.3 气象因子：气温、相对湿度等因子资料，摘自临近林外气象观测点。

3 结果与分析

3.1 群落植物的蒸腾强度

人工油松群落有30余种植物，各植物种的形态、结构、生理生态学特性各异，因此，蒸腾强度有所不同。表1列出了21种植物在生长期白昼的平均蒸腾强度。由表

表1 人工油松群落蒸腾强度

组 成 平均蒸腾强度(g/g·h)			组 成 平均蒸腾强度(g/g·h)		
乔木层	油 松	0.259 3	灌 木 层	山樱桃	0.649 0
	杜 梨	0.607 9		柠 条	0.742 6
灌	黄刺玫	0.681 9		荚 蒾	0.599 8
	忍 冬	0.646 9	草	大披针叶苔 草	0.577 2
	胡颓子	0.593 0		铁杆蒿	0.669 7
	连 翘	0.481 1		翻白草	0.752 1
木	悬钩子	0.991 6	本	野棉花	0.649 7
	绣线菊	0.864 2		大油芒	0.848 8
	南蛇藤	0.647 4	层	隐子草	0.821 9
层	山 桃	0.670 6		芦豆苗	0.701 1
	丁 香	0.498 2			

表2 人工油松群落植物日蒸腾强度变化模型 (E=e^a·e^{bt}·T^c·r^d)

植 物 种		a	b	c	d	R	S	FF
乔木层	油 松	-4.04	-0.353	2.307	-0.851	0.99	0.13	47.5**
灌	黄刺数	-81.83	0.919	16.720	6.760	0.93	0.64	6.28*
	绣线菊	-18.36	0.065	4.978	0.777	0.98	0.21	29.00**
	忍 冬	28.13	0.413	-0.807	-6.651	0.92	0.80	5.71*
木	连 翘	-2.78	0.202	2.655	-1.607	0.99	0.13	71.10**
	山 桃	-32.93	0.428	8.150	1.620	0.97	0.35	14.47**
	野樱桃	-12.88	0.172	4.080	-0.004	0.98	0.18	26.00**
层	山 杏	-27.66	0.316	7.175	1.203	0.97	0.32	16.10**
	丁 香	-34.69	0.360	6.760	2.978	0.95	0.21	9.00*
	枸 子	4.97	0.449	1.572	-2.707	0.99	0.21	34.30**
	悬钩子	-75.29	0.615	15.324	6.548	0.95	0.48	9.11*
草	苔 草	-3.633	-0.004	2.373	-0.812	0.98	0.23	20.95**
本	野棉花	-49.58	0.556	11.093	3.375	0.97	0.37	14.02**
层	翻白草	-27.54	0.310	6.983	1.385	0.98	0.26	19.23**
	异叶败	-9.99	0.383	3.65	-0.529	0.95	0.29	9.60**

可见, 针叶树的蒸腾强度最低, 油松为 $0.259\text{g/g}\cdot\text{h}$; 阔叶树种和草本植物的蒸腾强度较高, 灌木为 $0.481\sim 0.992\text{g/g}\cdot\text{h}$, 其中优势种黄刺玫、忍冬、绣线菊、胡颓子平均为 $0.696\text{g/g}\cdot\text{h}$, 草本植物为 $0.577\sim 0.849\text{g/g}\cdot\text{h}$, 其中优势种大披针叶苔草为 $0.577\text{g/g}\cdot\text{h}$ 。在灌木层中, 比较高的有悬钩子、绣线菊, 比较低的有连翘、丁香, 在草本层中比较高的禾本科大油芒、隐子草, 比较低的为大披针叶苔草。

3.2 蒸腾强度的日变化

在众多的研究报告中, 蒸腾强度的日变化规律是早晚较低, 中午前后较高。我们测定的人工油松群落各组成成份的蒸腾强度日变化规律亦然。这种变化规律与气温、相对湿度、光照强度的日变化规律有关(图1)。一日内的蒸腾强度随时间而变化。如以开始测定的时间(t)为1(早上8h), 第二次测定时为2(上午10h), 以此类推, 以该时段的气温($^{\circ}\text{C}$)、相对湿度(r)等参数进行多元回归分析, 则群落植物的日蒸腾强度的变化规律符合 $E = e^a \cdot e^{b \cdot t} \cdot T^c \cdot r^d$ 。经计算, 各植物的方程式参数如表2。

由表2可见, 群落主要组成成份的复相关系数均在0.9以上, F检验表明, 乔木层的油松, 灌木层中的绣线菊、连翘、栒子、山桃、山杏、野樱桃, 草本层中的大披针叶苔草, 野棉花、翻白草等均在 $\alpha = 0.05$ 水平上达极显著水平, 其余也达显著水平。

在论述了蒸腾强度与气温、相对湿度的关系以后, 可知日平均蒸腾强度亦与日平均气温、相对湿度的关系。图2为油松、忍冬、大披针叶苔草在各月每个观测日的平均蒸腾强度, 由图可见, 蒸腾强度的起伏变化基本上与平均气温的起伏变化一致, 与相对湿度的起伏变化相反。

3.3 蒸腾强度的季节性变化

植物生长发育具有季节性变化, 其蒸腾强度也随之表现出节律性。尽管各植物的蒸腾强度各异, 但在季节性变化上确有共同的特征。试验区植物的生长发育一般从4月上中旬开始, 至10月中下旬结束。各植物的蒸腾强度在开始生长的4~5月较小, 6~8月进入生长旺季, 蒸腾强度亦较高, 9~10月生长缓慢或停止, 蒸腾强度又减小(表3)。由于组成群落的生物学特性不同, 其节律性有所差异。组成群落的建群种油松, 因全年均保持有茂密的针叶, 蒸腾作用进行得比较早, 结束得比较晚, 我们在4月5日

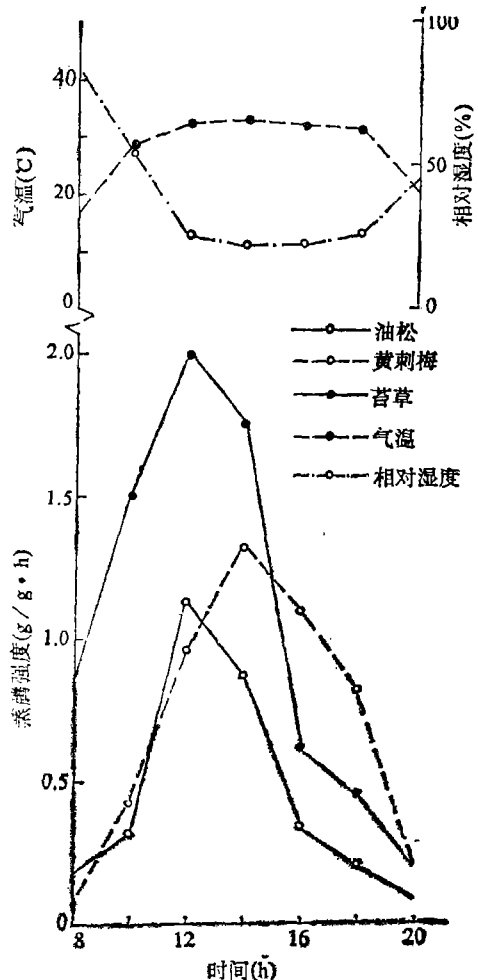


图1 蒸腾强度的日变化进程

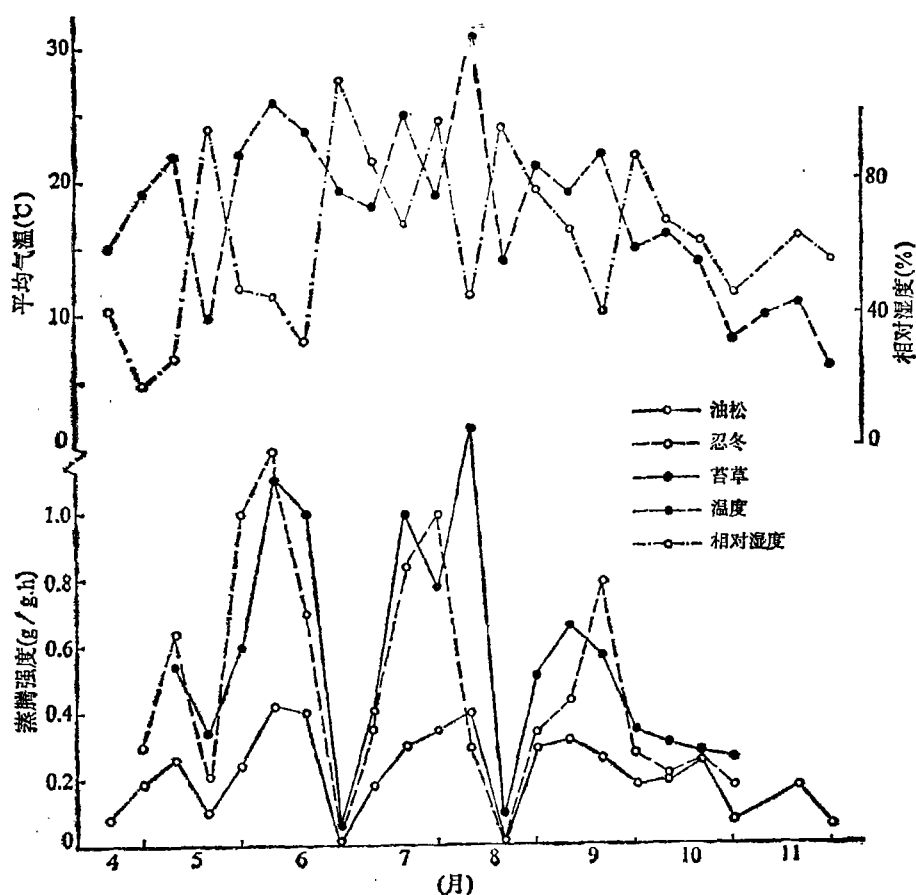


图2 人工油松群落各层优势种日平均蒸腾强度与白昼平均气温和相对湿度的关系

测得2~4龄针叶的平均蒸腾强度为 $0.068 \sim 0.098 \text{ g/g} \cdot \text{h}$ ，在11月25日为 $0.068 \sim 0.082 \text{ g/g} \cdot \text{h}$ 。油松于4月中旬开始抽梢，5月底至6月初幼龄针叶(下称1年生)形成，新生幼叶生长旺盛，形成后即进入高蒸腾期，因而蒸腾作用较大，6月5日的蒸腾强度为 $0.400 \text{ g/g} \cdot \text{h}$ ；4年生针叶(实为3.5年)在10月中旬开始枯黄，并逐渐凋落，蒸腾作用即消失。因此，油松从4~5月和10月下旬以前，只有3个年龄的针叶蒸腾，本身耗水量较小，6~10月中旬有4个年龄的针叶同时进行蒸腾，耗水量较大。杜梨于4月下旬开始展叶，10月下旬落叶，蒸腾作用于4月下旬至10月。

灌木层中的黄刺玫、忍冬、胡颓子、悬钩子等蒸腾作用开始于4月中旬，结束于10月下旬；枸杞、野樱桃等开始于4月中旬，结束于10月中旬；荚蒾、山杏等开始于4月下旬，结束于10月下旬；柠条、绣线菊开始于5月初，分别结束于10月中、下旬。

草本层的优势种大披针叶苔草，叶片在冬季不完全死亡，新叶又从4月上旬开始生长，因此，叶片蒸腾作用进行得较早，结束较晚，从4~11月均有蒸腾。4月15日测得的蒸腾强度为 $0.617 \text{ g/g} \cdot \text{h}$ ，10月25日为 $0.185 \text{ g/g} \cdot \text{h}$ ，铁杆蒿从4月中旬发芽展叶，10月下旬落叶，蒸腾作用亦较长；大油芒、隐子草等5月上旬开始发芽，10月

表 3 人工油松群落蒸腾强度的季节变化 (g/g·h)

种 类	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
乔木层								
油 松	0.1542	0.2138	0.4347	0.2875	0.3616	0.2594	0.1798	0.1236
杜 梨	0.4969	0.5752	0.8302	0.7398	0.7972	0.3523	0.3524	
灌木层								
黄刺玫	0.5975	0.5173	0.8426	0.7640	0.9242	0.5994	0.5141	
忍 冬	0.6600	0.5278	1.0470	0.7188	0.8955	0.3968	0.2956	
灌 胡颓子	0.5131	0.5004	0.7652	0.6414	0.8208	0.4386	0.3920	
绣线菊		0.8095	0.9627	0.9192	1.2797	0.5369	0.5218	
悬钩子	0.9873	0.9183	1.4000	0.7697	1.3629	0.4933	0.3404	
木 山 桃	0.4067	0.5672	0.9894	0.7753	0.9702	0.4379	0.2837	
丁 香	0.3853	0.5165	0.7800	0.645	0.5044	0.2703	0.2838	
柠 条		0.5550	0.8898	0.8593	1.2255	0.4296	0.2451	
层 连 翘	0.3756	0.3845	0.6413	0.4816	0.7979	0.3011	0.2863	
荚 蒾	0.4576	0.5155	0.7452	0.5680	0.7813	0.3913	0.3813	
野樱桃	0.6850	0.5940	0.8577	0.8720	0.8245	0.3414	0.3136	
草 大披针叶苔草	0.5096	0.6847	0.8715	0.7691	0.4045	0.5714	0.2296	
本 铁杆蒿	0.4798	0.6539	1.5577	0.9344	1.2013	0.5921	0.3508	
层 野棉花	0.6032	0.5396	0.6144	0.8431	1.1390	0.6950	0.4247	

• 阔叶植物为4月25日的测值

中旬枯黄，蒸腾作用相对较短。

3.4 人工油松群落蒸腾强度

所谓油松群落蒸腾强度，系指 1 g (或 1 kg) 油松群落的叶在 1 h 内蒸腾掉的水分，其单位相当于植物叶片蒸腾强度的单位。由于人工油松群落有建群种、优势种、伴生种之分，各组成成份叶的生物量差距很大，因此，群落蒸腾强度只能用下式计算：

$$E_T = \frac{\sum_{i=1}^n W_i E_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

式中 E_T ——群落蒸腾强度；

W_i ——组成群落植物叶的生物量 (面积 1 公顷或 1 亩)；

E_i ——组成群落植物叶的蒸腾强度。

由上式计算，人工油松群落蒸腾强度为 0.284 g/g·h，其中乔木层为 0.262 g/g·h，灌木层为 0.619 g/g·h，草本层为 0.780 g/g·h，乔灌木层为 0.281 g/g·h。

群落蒸腾强度的日变化也符合多项式 $E_T = e^a \cdot e^{bt} \cdot T^c \cdot r^d$ 。经计算该方程式为：

$$E_T = 0.004 \cdot 4e^{0.0028t} \cdot T^{1.2525} \cdot r^{0.1037}$$

$$R = 0.92 \quad S = 0.198 \quad FF = 22.24 \quad n = 16$$

(下转第56页)

特征。

参 考 文 献

- [1] 霍应强. 森林水文生态综合鉴定法研究, 《人民黄河》, 1980年5期
- [2] 刘向东等. 六盘山林区森林树冠截留、枯枝落叶层和土壤水文性质的研究, 《林业科学》, 1989年25卷3期
- [3] 苏宁虎. 森林植物凋落动态的数学模型, 《林业科学》, 1989年25卷2期

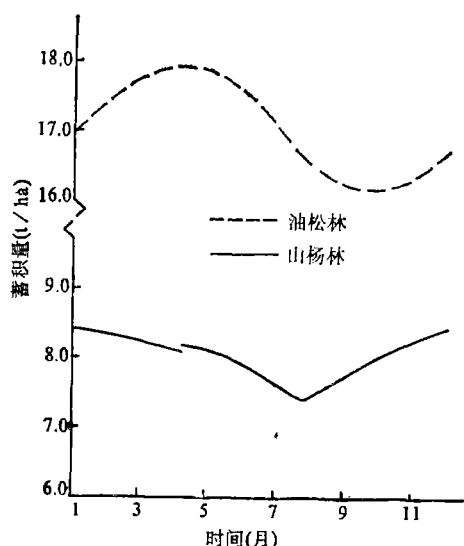


图1 枯枝落叶层蓄积动态曲线

(上接第26页)

4 结 论

4.1 人工油松群落植物的蒸腾强度为 $0.259 \sim 0.991 \text{ g/g} \cdot \text{h}$, 其中建群种油松为 0.259% , 灌木层优势种黄刺玫为 $0.681 \text{ g/g} \cdot \text{h}$ 、忍冬为 $0.646 \text{ g/g} \cdot \text{h}$, 胡颓子为 $0.593 \text{ g/g} \cdot \text{h}$ 、绣线菊为 $0.684 \text{ g/g} \cdot \text{h}$, 其他伴生种为 $0.498 \sim 0.992 \text{ g/g} \cdot \text{h}$ 。草本层优势种大披针叶苔草为 $0.577 \text{ g/g} \cdot \text{h}$, 其他伴生种为 $0.669 \sim 0.849 \text{ g/g} \cdot \text{h}$ 。

4.2 群落各植物蒸腾强度随气温和相对湿度而变化, 其日变化符合多项式 $E = e^a \cdot e^{bt} \cdot T^c \cdot r^d$ 。

4.3 群落各植物蒸腾强度具有季节性变化, 即开始生长的4~5月较小, 6~8月为生长旺季, 蒸腾强度较高, 9~10月生长缓慢或停止, 蒸腾强度又减小。由于组成群落的植物有不同的生物生态学特性, 其节律有所差异。油松为常绿树种, 蒸腾作用开始于4月, 结束于11月; 阔叶树种一般开始于4月中下旬, 结束于10月中下旬; 大披针叶苔草的叶片在冬季仍有部分保持常绿, 新生叶发芽较早, 蒸腾节律与油松相似, 其他草本植物开始于4月中下旬, 结束于10月中旬。

4.4 人工油松群落蒸腾强度用 $E_T = \frac{\sum_{i=1}^n W_i E_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$ 计算, 在生长季节内, 人工油松群落

蒸腾强度为 $0.284 \text{ g/g} \cdot \text{h}$, 其中乔木层为 $0.262 \text{ g/g} \cdot \text{h}$, 灌木层为 $0.619 \text{ g/g} \cdot \text{h}$, 草本层为 $0.780 \text{ g/g} \cdot \text{h}$ 。

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] 刘增文等. 人工油松林蒸腾耗水及林地水分动态特征的研究, 《水土保持通报》, 1990年第6期