

## 陕北黄土丘陵区主要成林树种耗水量研究

王得祥, 康博文, 姜海龙, 赵生惠

(西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100)

**摘 要:**应用 TDP 茎流计对黄土丘陵区主要成林树种刺槐(*Robina pseudoacacia*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、白桦(*Betula platyphylla*)和元宝枫(*Acer truncatum*)的树干茎流量进行测定,结果表明:树干茎流量的日变化随环境因子变化表现出明显规律,白天在 13:00~15:00 达到最大,傍晚到黎明前茎流量趋于停止;在干旱条件下,刺槐的日最大、日均茎流量分别为 264.1 cm<sup>3</sup>/h 和 112.92 cm<sup>3</sup>/h;油松分别为 960.5 cm<sup>3</sup>/h 和 267.98 cm<sup>3</sup>/h;侧柏为 691.2 cm<sup>3</sup>/h 和 195.53 cm<sup>3</sup>/h;白桦为 3 165.5 cm<sup>3</sup>/h 和 1 154.44 cm<sup>3</sup>/h;元宝枫为 4 001.6 cm<sup>3</sup>/h 和 1 346.2 cm<sup>3</sup>/h。以测试树种的日均树干茎流量衡量,树种的耗水量大小顺序为元宝枫>白桦>油松>侧柏>刺槐。

**关键词:**树种;树干茎流量;耗水量

**中图分类号:**S718.43 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-7461(2004)03-0001-03

### A Study on the Water Flow in the Trunks of Different Tree Species in the Loess Hilly Region

WANG De-xiang, KANG Bo-wen, JIANG Hai-long, ZHAO Sheng-hui

万方数据

(College of Forestry, NW Sci-Tech Univ. of Agr. and For., Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** By using TDP sap flow measurements, the water consumption of 5 main tree species in the loess hilly region were measured. The resulted shows that the daily maximum and average water flow in the stem of *Robina pseudoacacia*, *Platycladus orientalis*, *Pinus tabulaeformis*, *Betula platyphylla* and *Acer truncatum* were 264.1 cm<sup>3</sup>/h and 112.92 cm<sup>3</sup>/h, 960.5 cm<sup>3</sup>/h and 267.98 cm<sup>3</sup>/h, 691.2 cm<sup>3</sup>/h and 195.53 cm<sup>3</sup>/h, 3 165.5 cm<sup>3</sup>/h and 1 154.44 cm<sup>3</sup>/h, 4 001.6 cm<sup>3</sup>/h and 1 346.2 cm<sup>3</sup>/h respectively. The order of water consumption from high to lower was *Acer truncatum*, *Robina pseudoacacia*, *Platycladus orientalis*, *Pinus tabulaeformis*, *Betula platyphylla*.

**Key words:** tree species; water flow in the stem; water consumption

水分是黄土丘陵区植树造林的主要限制因子之一。该区植被重建的类型及稳定性无不受制于水分条件。在林业生产及植被建设实践中,除通过生物措施,工程措施和灌溉技术改进,提高林木的成活率和保存率外,对林木自身节水特性,通过对节水树种的选择研究及不同立地条件下水资源量的测定,从根本上解决适地适树,合理配置和经营模式确定等困扰半干旱地区植被建设及林业发展问题。

树木的耗水性是指根系吸收土壤水分并通过叶片蒸腾耗散的能力,Langford 等<sup>[1]</sup>将树木单株蒸腾耗水量表示为单位面积边材或单位叶面积或单位面

积树冠投影的液流量(m<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>·s<sup>-1</sup>)。由于根系吸水 and 叶面蒸腾分别受土壤水分状况和环境因子的影响,因而对不同立地条件下树种之间的耗水性进行比较,有一定出入。孙鹏森等<sup>[2,12]</sup>在借鉴 Penman 和刘昌明等<sup>[3]</sup>潜在蒸发概念基础上,提出了潜在蒸腾的概念,即以土壤充足供水条件下树木的最大蒸腾耗水量为指标,借以判断不同树种耗水量的大小,但是树木的蒸腾耗水受水分传输通道传输能力影响,潜在蒸腾大的树种未必耗水多,因此采用该指标进行耗水量大小比较也有一定局限性。二者比较,以树种单位面积边材的日均茎流量衡量耗水量大小

收稿日期:2004-03-29

基金项目:陕西省自然基金项目“陕北黄土丘陵区节水树种选择研究”(2001-SM-09);黄土高原林木培育实验室开放研究课题“黄土丘陵不同立地土壤贮水动态及林草配置方式研究”(K02-08)

作者简介:王得祥(1966-),男,青海乐都人,副教授,博士,主要从事生态学方向的教学、科研工作。

更为可行。本研究于 2002 年 5 月,用 TDP 茎流计(The thermal dissipation probe)直接测定陕北黄土丘陵区主要成林树种:刺槐(*Robina pseudoacacia*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)、油松(*Pinus tabulaeformi*)、白桦(*Betula platyphylla*)和元宝枫(*Acer truncatum*)的耗水特性,克服以往间接测定造成较大误差的弊端,为选择节水树种对半干旱、半湿润地区人工植被的恢复和重建具有借鉴意义。

1 材料与方法

研究区设在黄土丘陵沟壑区的西北农林科技大学延安树木园内,暖温带大陆性季风气候,年平均气温 9.4℃,≥10℃积温 3 268.4℃;年降雨量 550 mm,年蒸发量 1 585 mm,年平均相对湿度 62%;土壤以黄绵土为主,pH8.35;属典型的半湿润偏旱区。

1.1 测试树种

依据测试条件,并考虑到针阔叶树种兼顾及测定树种的直径适宜程度,试验树种为该区主要成林树种刺槐、侧柏、油松、白桦和元宝枫。

1.2 研究方法

1.2.1 树干茎流量测定 (1)树干茎流量大小测定采用 TDP 茎流测定系统,分别用 TDP30 和 TDP80 两种规格探头,每间隔 1 h 连续 5 min 测定树干茎流量,用 ZENO-3200 数据自动采集器记录数据;同步测定相关环境因子;(2)根据林木胸径计算有茎流木质部面积(A)。

1.2.2 树干茎流量计算 Grainier 提出的热扩散法测定树干茎流量的原理为:将同时内置有热电偶的

一对探针插入边材中,通过检测热电偶间的温差,计算(干茎流)液流热耗散(液流携带的热量),建立温差与液流速率关系,进而确定液流速率的大小<sup>[13]</sup>。树干茎流量( $Q_a$ )依据下式计算:

$$Q_a = A \times V \tag{1}$$

$$V = 0.000\ 119 \times K^{1.231}$$

$$K = (\delta TM - \delta T) / \delta T$$

式中: $Q_a$ —茎流量( $\text{cm}^3/\text{h}$ ); $\delta T$ —加热的上方探头与下方环境探头的温度差( $^{\circ}\text{C}$ ); $\delta TM$ —记录最大温差( $^{\circ}\text{C}$ )(黎明前茎流为 0); $K$ —计算变量; $V$ —茎流速度( $\text{m}/\text{s}$ ); $A$ —有茎流木质部面积( $\text{cm}^2$ );

2 结果与分析

2.1 树干茎流量及其变化

2002 年 5 月上、中、下旬 3 次测定的不同树种单株茎流量平均值。从表 1 可看出,树干茎流量日变化随环境因子的变化表现出一定规律性,从清晨开始缓慢增加至 14:00 时前后达到最大值,然后又缓慢下降,止午夜前后茎流量总体趋于停止。测定的 5 个树种,树干茎流量因不同树种、根吸收能力、叶蒸腾量、水分传导率不同,具有明显差异。在 1 d 中,刺槐的最大和日均茎流量分别为 264.1 和 112.92  $\text{cm}^3/\text{h}$ ;油松为 960.5 和 267.98  $\text{cm}^3/\text{h}$ ;侧柏为 691.2 和 195.53  $\text{cm}^3/\text{h}$ ;白桦为 3 165.5 和 1 154.44  $\text{cm}^3/\text{h}$ ;元宝枫为 4 001.6 和 1 346.2  $\text{cm}^3/\text{h}$ 。

2.2 针阔叶树种茎流量变化

表 1 不同供试树种单株茎流量计算表  
Table 1 The water flow in the stems of different tree species

$\text{cm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

树种	茎 流 量											
	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
刺槐	6.0	54.6	54.6	142.5	264.1	264.1	264.1	264.1	264.1	264.1	264.1	264.1
油松	0	0	0	311.4	311.4	585.5	960.5	960.5	960.5	585.5	585.5	311.4
侧柏	0	0	81.0	81.0	216.4	411.5	411.5	691.2	691.2	691.2	411.5	411.5
白桦	0	253.2	1252.5	2062.9	2062.9	2062.9	2062.9	3165.5	3165.5	3165.5	2062.5	2062.5
元宝枫	0	227.2	227.2	593.5	1099.8	2715.2	4001.6	4001.6	4001.6	4001.6	4001.6	2715.2

树种	茎 流 量											
	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00
刺槐	142.5	142.5	54.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
油松	311.4	311.4	118.2	118.2	0	0	0	0	0	0	0	0
侧柏	216.4	216.4	81.0	81.0	0	0	0	0	0	0	0	0
白桦	2062.5	1252.5	253.2	253.2	253.2	253.2	0	0	0	0	0	0
元宝枫	2715.2	1099.8	227.2	227.2	227.2	227.2	0	0	0	0	0	0

表 1 可看出,树干茎流量因树种不同而差异悬殊。元宝枫与侧柏的最大树干茎流量差值 3 310.4

$\text{cm}^3/\text{h}$ ,日平均差值 1 150.67  $\text{cm}^3/\text{h}$ 。以测试树种的日均茎流量衡量,上述树种的耗水量大小顺序为元

宝枫>白桦>油松>侧柏>刺槐。

实际测定中,刺槐的树干茎流量较针叶树种(侧柏,油松)的茎流量要小,与白桦和元宝枫的差异更为悬殊。本研究分析认为,茎流量测定时土壤含水量很低(表2),在这种情况下,刺槐树干茎流量较小是特定的耐旱性机理、土壤含水量、根系活力、栓塞现象等因素综合作用下的一种适应机制。刺槐的阔叶特性决定了本身具有较高的蒸腾速率,但树干茎流量小说明该树种对林地土壤水分的要求不高,属于低水势下耐旱植物类型。其主要依据为(1)植物自身的耗水特性和耗水量的多少并不能完全反映其抗旱性;(2)刺槐在土壤水分供应充足的雨季,潜在蒸腾速率达46.6~58.3 kg/(m<sup>2</sup>·h),高于相同条件下的油松、侧柏<sup>[9]</sup>;而在土壤供水不足时,单株刺槐叶面积大幅度下降(平均单叶面积减少,叶片数量减少)甚至发生大量落叶和枯梢现象,使单株蒸腾耗水量大幅度下降<sup>[6~8]</sup>;(3)根据赵忠等对黄土高原主要造林树种根系活力与土壤含水量关系的研究可知,在土壤干旱条件下,侧柏的根系活力始终处于较高水平,而刺槐的根系活力一直处于较低的水平,说明需水较少<sup>[5]</sup>;(4)刺槐自10:00~15:00茎流量保持小而稳定,水分传导发生明显的栓塞现象,与刘立科等的研究结论相一致<sup>[10]</sup>。

表2 测定期间林木所处位置土壤含水量

Table 2 Soil water content on different sites

土壤深度 /cm	土壤含水量/%			
	侧 柏	油 松	刺 槐	元宝枫
0~10	11.35	11.22	10.21	11.39
10~20	11.23	10.87	10.16	9.76
20~30	10.98	10.31	9.03	7.78

3 结论与讨论

3.1 结论

树干茎流量的日变化随环境因子变化表现出明显规律,白天13:00~15:00达到最大,傍晚至黎明前树干茎流趋于停止。

在干旱条件下,刺槐的日最大、日均茎流量分别为264.1 cm<sup>3</sup>/h和112.92 cm<sup>3</sup>/h;油松分别为960.5 cm<sup>3</sup>/h和267.975 cm<sup>3</sup>/h;侧柏为691.2 cm<sup>3</sup>/h和195.53 cm<sup>3</sup>/h;白桦为3 165.5 cm<sup>3</sup>/h和1 154.44 cm<sup>3</sup>/h;元宝枫为4 001.6 cm<sup>3</sup>/h和1 346.2 cm<sup>3</sup>/h。将日均茎流量作为衡量指标,测试树种的耗水量大

小顺序为元宝枫>白桦>油松>侧柏>刺槐。

3.2 讨论

本次测定仅限于5月份,试验数据只能反映该阶段的规律。要准确分析、确定各树种的耗水量以及以此推算全林分的水分消耗,需要在全年、不同立地、不同密度的林分中进行。

将探针插入边材的过程中,边材和心材间的界限不好确定,由于有茎流木质部面积(A)的误差,会导致树干茎流量计算误差,需要确定不同树种、不同年龄阶段的心边材比例,才能在最大程度上减小误差。

致谢:在野外测中得到延安树木园职工、延安大学生物系实验室陈宗理主任的帮助,在此表示感谢!

参考文献:

[1] Granier A. Evaluation of transpiration in a Douglas-fir stand by means of sap flow measurements[J]. Tree Physiology, 1987(3): 309-319.

[2] Langford K J. Change in yield of water following a bushfire in a forest of Eucalyptus regions[J]. J Exp Bot, 1976, 29:87-114.

[3] 孙鹏森. 京北水源保护林树种不同尺度耗水特性及林分配置的研究[D]. 北京林业大学, 2000.

[4] 刘昌明, 于沪明. 土壤-作物-大气系统水分运动实验研究[M]. 北京: 气象出版社, 1997.

[5] 郭连生, 田有亮. 对几种针阔叶树种耐旱性生理指标的研究[J]. 林业科学, 1989, 25(5): 389-394.

[6] 赵忠, 李鹏. 渭北黄土高原主要造林树种根系分布特征及抗旱性研究[J]. 水土保持学报, 2000 16(1): 96-99.

[7] 王华田, 张火灿, 刘俊. 论黄土丘陵区造林树种选择的原则[J]. 世界林业研究, 2001, 14(5): 74-76.

[8] 王国梁, 刘国彬, 常欣, 等. 黄土丘陵区小流域植被建设的土壤水文效应[J]. 自然资源学报, 2002, 17(3): 340-343.

[9] 王有田, 杨雪松. 黄土半干旱地区油松与侧柏林分适宜土壤含水量研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(1): 80-83.

[10] 刘淑明, 孙长忠, 孙丙寅, 等. 供水对黄土高原主要造林树种水分利用效率的影响[J]. 西北林学院学报, 2004, 19(2): 15-17.

[11] 刘立科. 木本植物栓塞脆弱性的研究[D]. 西北农林科技大学, 2000.

[12] 王华田. 林木耗水研究评述[J]. 世界林业研究, 2003, 16(2): 23-27.

[13] 孙鹏森, 马履一, 王小平, 等. 油松树干液流的时空变异性研究[J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(5): 1-6.