

## 樟子松树干液流的时空变异性研究

吴丽萍<sup>1</sup>, 王学东<sup>1</sup>, 尉全恩<sup>1</sup>, 史 福<sup>2</sup>, 陈正新<sup>1</sup>, 朱智宏<sup>1</sup>, 张云娥<sup>1</sup>

(1. 内蒙古水科院, 呼和浩特 010020; 2. 察右中旗水利局, 内蒙古察右中旗)

**摘 要:** 应用热脉冲技术, 对内蒙古自治区乌兰察布盟中旗的主要造林树种樟子松的液流变化进行了 1 年的观测, 对液流量的日变化、各位点液流及全年液流量的变化进行了深入地研究。结果表明: 樟子松在正常生长状态下, 树干液流量日进程呈现单峰型曲线, 全天总液流量为 25.61 L, 全年总液流量为 3 423.35 L; 樟子松木质部不同部位输水能力差异较大, 液流速度最大的位点位于形成层外 5~10 mm 处; 樟子松单位边材面积日累计液流量  $Q_a$  为 1.56  $m^3/m^2$  左右, 整个过程呈现“S”形。

**关键词:** 樟子松; 热脉冲; 液流量

**中图分类号:** S718.554.2; S791.253

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2003)04-0066-03

## Study on Spatial and Temporal Variability for Stem-sap Flow of *Pinus sylvestris* var. *mongolica*

WU Liping<sup>1</sup>, WANG Xue-dong<sup>1</sup>, YU quan-en<sup>1</sup>,  
SHI Fu<sup>2</sup>, CHEN Zheng-xin<sup>1</sup>, ZHU Zhi-hong<sup>1</sup>, ZHANG Yun-e<sup>1</sup>  
(1. Water Science Academy of Inner Mongolia, Hohhot 010019; 2. Water Management Bureau of Central Chahar Banner, Inner Mongolia, China)

**Abstract:** *Pinus sylvestris* var. *mongolica*, which is a major species for afforestation in Central Chahar banner, Wulanchabu League, Inner Mongolia, had been investigated by employed heat impulse technique to analyze daily change, yearly fluctuation, and different points capacity of stem-sap flow. Results showed that daily change curve of the stem-sap flow was single peak and daily capacity of the stem-sap flow was 25.61 L and yearly capacity was 3 423.35 L. For xylem, transferring water ability was obviously differentia in different positions, and liquid flow reached maximum at the xylem outside 5~10 cm. Daily accumulation capacity of sapwood liquid flow was 1.56  $m^3/m^2$ , entire process of daily liquid flow presented S-form in temporal scale.

**Key words:** *Pinus sylvestris* var. *mongolica*; heat impulse; stem-sap flow

近几十年来, 国内外研究者一直寻找准确定量估算整树耗水量的技术, 陆续提出一些不同的测定方法<sup>[1]</sup>。在自然界土壤—植物—大气构成连续的水流路径, 树干木质部部位上升液流速度及液流量制约着整株树木的蒸腾量, 因而对树干液流进行标记并测定其流动速度就可以简捷地确定树冠蒸腾耗水量。进入 90 年代, 热技术的采用成为估算整树耗水的必要手段而得到了广泛的应用, 热脉冲技术能在树木自然生活状态下, 以致确定树冠蒸腾耗水量<sup>[2,3]</sup>。该方法由 Huber (1932) 首先提出使用<sup>[13]</sup>, 以后由 Marshall (1958)、Swanson 和 Whitfield (1981)、Edwards (1990) 等人改进完善<sup>[11,14,15]</sup>。樟子松是我国北方重要的造林树种, 但目前尚未见到利用热

脉冲技术对其耗水特性进行系统的研究。本论文的主要目的, 是为乌盟后山地区大面积造林筛选低耗水树种, 确定合理造林密度寻求方法和提供理论依据, 也希望它对解决干瘠山地造林的成活问题和水源保护区正确评价生态用水量, 建立高效持续水源保护林提供参考。

### 1 研究地区自然条件及研究方法

#### 1.1 研究地区自然条件

实验于 2001 年 5~9 月在内蒙古自治区乌兰察布盟中旗进行, 地理位置为东经 111°54'43"~122°51'20", 北纬 41°01'06"~41°49'51", 该区属“三北”地区阴山山脉北部地区, 海

收稿日期: 2003-03-05

作者简介: 吴丽萍(1960-), 女, 高级工程师, 主要从事水土保持研究工作。

拔高度在 1 700 m。属暖温带半干旱大陆性季风气候, 年平均温度 2 2 , 极端最低气温- 35 2 , 极端最高气温 32 2 , 年降水量 348 mm, 主要集中在 6~ 8 月份, 年蒸发量为 1 918 4 mm, 年平均相对湿度为 59%, 全年总日照时数为 3 087 h, 雨热同期, 无霜期 75~ 105 d。

1.2 试验材料与方法

研究材料选择乌盟后山地区主要造林树种樟子松为主, 实验选择材料以 30 株树木的平均胸径为依据选取标准木, 入选者要求长势良好, 树干通直, 冠幅适中, 树皮光滑, 无病虫害。表 1 为标准木的参数。

表 1 樟子松被测样木的液流测定参数

林龄/a	树高/m	边材直径/cm	心材直径/cm	水分体积分比	木材体积分比	伤口直径/mm	输出面积/cm <sup>2</sup>
22	12	7.5	2.66	0.434	0.452	2.0	301.91

利用热脉冲技术测定树干木质部不同深度液流速度, 具

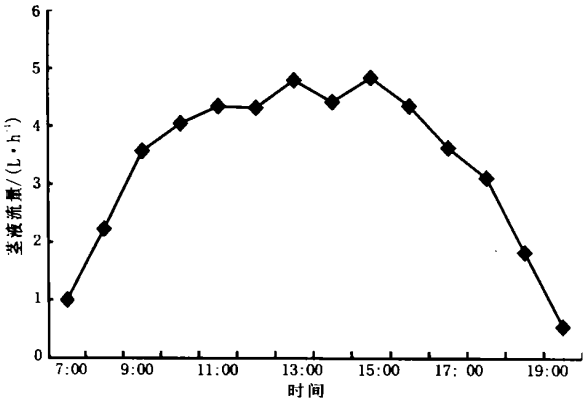


图 1 樟子松茎液流量的日变化

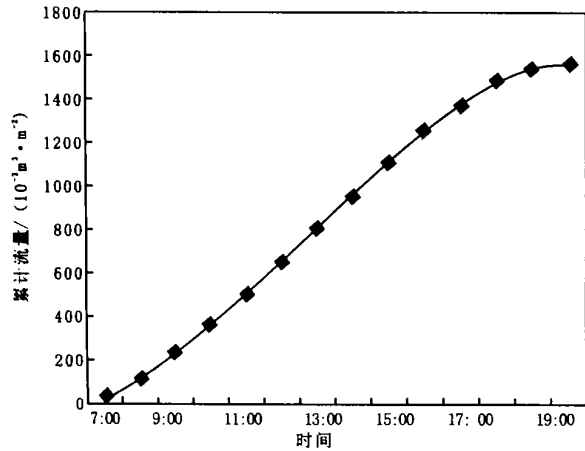


图 3 樟子松单位边材面积日累计液流量

2.2 茎干液流的径向变化规律

液流的输送主要在木质部进行。液流速率在径向位点上的分布, 是当前植物生理学研究的重点问题, W. R. N. Edwards 提出二次曲线的理论, 即在木质部中液流的分布遵从二次曲线<sup>[12]</sup>。此次试验中根茎液流量的计算就是在这一理论前提下进行的。如图 2 所示, 樟子松在 8 月份的晴天, 树

体操作方法参见文献[7, 8], 将各测定参数和热脉冲速度记录仪所得各位点的数据输入电脑, 利用相应的计算机软件, 自动进行流速流量转换分析和损伤校正, 计算出液流的各项指标。

2 结果与分析

2.1 正常条件下樟子松树干液流量日变化规律

图 1 为 2001 年 8 月 27 日对樟子松树干液流的测定。测定期间天气晴朗, 大气温度为 16~ 27 , 1~ 2 级微风, 日出时间 6: 00, 日落时间 20: 00。由图 1 可以看出: 樟子松树干液流流量日变化显著, 7: 00 左右液流开始启动, 8: 00~ 10: 00 液流量急剧增大, 14: 00 左右达到最大值, 15: 00 左右开始下降, 17: 00 左右急剧下跌, 20: 00 左右达到平稳状态。整个过程呈现单峰型曲线。

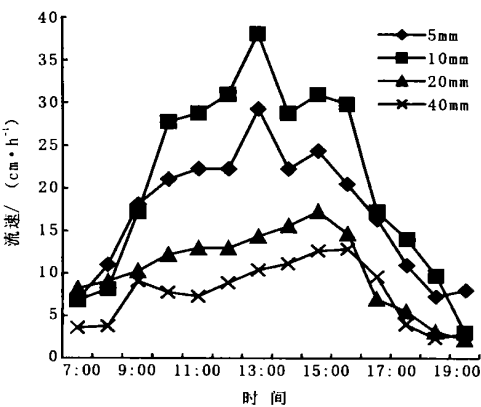


图 2 樟子松树干不同部位液流流速

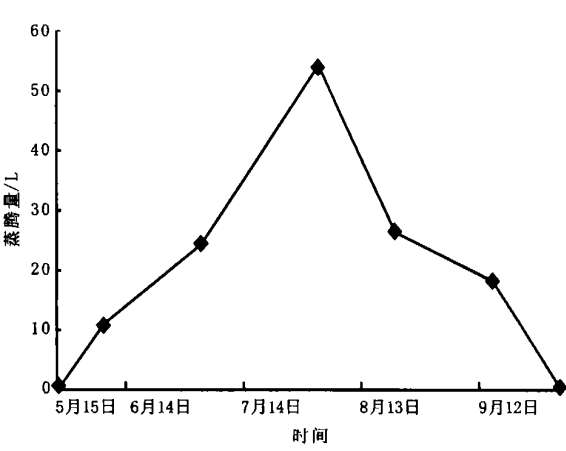


图 4 樟子松全年液流量变化

干木质部不同深度液流速率变化过程中, 可以看出: 木质部不同径向深度的液流速率有着明显的差异, 但是其变化趋势相同。树干液流速率在深度为 10 mm (木质部中) 的地方最大, 其次 5 mm、20 mm、40 mm。这一结果表明, 樟子松树干木质部不同深度处水力传导度存在着差异。

2.3 累计液流量( $Q_a$ )与液流量( $Q_s$ )

由于树木的液流量 99.8% 以上是用于蒸腾耗水, 所以可用液流量直接反映树木的耗水能力。但同一树种不同个体之间、不同树种之间边材和心材面积比率的差异很大, 即使有相同或相似的直径, 其液流量差别也很大。本文在根据国际上通用的命名规则, W. R. N. Edwards<sup>[12]</sup>所建议使用的统一命名法规则的基础上, 进行各项液流指标的计算。区分单木液流量 $Q$ 、单位边材面积累计液流量 $Q_a$ 与液流通量 $Q_s$ 进行计算。 $Q$ 是基于单木的液流量, 即一天中通过样木树干某一高度横断面的液流量。 $Q_a$ 为单位边材面积的日累计液流量, 因为 $Q_a$ 不考虑心材的影响, 同时消除了不同样木个体的差异, 更有利于说明树种的耗水量。

图 3 是樟子松单位边材面积日累计液流量, 由图 3 可见, 测定期间, 樟子松的 $Q_a$ 为  $1.563 \text{ m}^3/\text{m}^2$  左右, 早晨液流量很小, 8:00 开始增加, 10:00 为加速阶段, 17:00 增长变慢, 这与最大液流位点的活动规律是相对应的, 整个过程呈现“S”形。樟子松单木液流量 $Q$ 为  $25.61 \text{ L/d}$ 。液流通量 $Q_s$ 是基于单位边材面积计算所得, 作为一个耗水指标, 具有较强的可比性; 同时, $Q_s$ 具有瞬时变动的特性, 其日变化见图

1。如果利用树种的边材面积作为标量, 那么在推算林分耗水的过程中, $Q_s$ 是非常重要的参数。

#### 2.4 樟子松全年液流量变化

从 5~9 月份测定了樟子松树干全年液流量变化(图 4), 由图 4 可见, 樟子松在整个生长期的不同时期树干液流量有明显差异, 5 月 15 日左右液流开始启动, 7 月中旬达到最高值, 以后逐渐下降, 9 月底液流基本停止。全年樟子松树干总液流量为  $3423.35 \text{ L}$ 。

### 3 结论与讨论

(1) 樟子松在正常生长状态下, 树干液流量日进程呈现单峰型曲线, 且升降平缓, 全天总液流量为  $25.61 \text{ L}$ 。

(2) 樟子松木质部不同部位输水能力差异较大, 液流速度最大的位点位于形成层外  $5\sim 10 \text{ mm}$  处, 且外层液流启动较早, 关闭较晚。

(3) 樟子松单位边材面积日累计液流量 $Q_a$ 为  $1.56 \text{ m}^3/\text{m}^2$  左右, 整个过程呈现“S”形。全年总液流量为  $3423.35 \text{ L}$ 。

#### 参考文献

- [1] 刘奉觉, 郑世锴, 巨关升, 等. 树木蒸腾耗水量测算技术的比较研究[J]. 林业科学, 1997, 33(2): 117-125
- [2] 刘奉觉, 郑世锴, 巨关升, 等. 用热脉冲速度记录仪测定树干液流[J]. 植物生理学报, 1993, 29(2): 110-115
- [3] 刘奉觉, 郑世锴, 巨关升, 等. 用测定木质部液流速度的方法确定树木的蒸腾耗水量[J]. 林业科技通讯, 1989, 30(4).
- [4] 刘奉觉, Edwards W R N, 郑世锴. 杨树树干液流时空动态研究[J]. 林业科学研究, 1993, 6(4): 368-372
- [5] 李海涛, 陈灵芝. 用于测定树干木质部蒸腾液流的热脉冲技术研究概况[J]. 植物学通报, 1997, 14(4): 24-29
- [6] 李海涛, 陈灵芝. 应用热脉冲技术对棘皮桦和五角枫树干液流的研究[J]. 北京林业大学学报, 1998, 20(1): 1-6
- [7] 高岩, 等. 应用热脉冲技术对小美旱杨耗水量的研究[J]. 内蒙古农业大学学报, 2001, 22(1): 44-48
- [8] 高岩, 张汝民, 刘静. 应用热脉冲技术对小美旱杨树干液流的研究[J]. 西北植物学报, 2001, 21(4): 644-649
- [9] Edwards W R N, Warwick N W M. Transpiration from a kiwifruit vine as estimated by the heat pulse technique and the Penman-Monteith equation[J]. New Zealand Journal of Agriculture, 1984, 27: 537-543
- [10] Edwards W R N, Jarvis P G. A method for measuring radial differences in water content of intact tree stems by attenuation of gamma radiation[J]. Plant, Cell and Environment, 1983, 6: 255-260
- [11] Edwards W R N. Operator's manual of custom heat velocity data logger[S]. Background Theory. Chapter 2, 1991. 3-4
- [12] Edwards W R N, Becker P. A unified nomenclature for sap flow measurements[J]. Tree Physiology, 1996, 17: 65-67
- [13] Huber, B. Observation and measurements of sap flow in plant[J]. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, 1932, 50: 89-109
- [14] Marshall D C. Measurement of sap flow in conifers by heat transport[J]. Plant Physiology, 1958, 33: 385-396
- [15] Swanson R H, Whitfield D W A. A numerical analysis of heat pulse velocity theory and practice[J]. Journal of Experimental Botany, 1981, 32: 221-239