

7种园林绿化树种蒸腾耗水特性研究

苗婷婷 杨婷婷,丁增发,夏尚光

(安徽省林业科学研究院,安徽 合肥 230031)

摘要:以香樟、桂花、无患子、黄山栎树、沙朴、紫弹朴和珊瑚朴等7种园林绿化树种为研究对象,采用盆栽实验方法,用Li-6400便携式光合测定仪和ACS-D11电子天平等仪器,通过对其在不同天气条件下的瞬时蒸腾速率、日耗水量等进行了测定和研究。结果表明:①在水分充足条件下,7种供试树种在不同天气条件下的耗水速率基本一致,均是早晚低、中午前后高,呈双峰或单峰曲线;②日耗水量在不同天气条件下差异达到了极显著水平,而在不同树种间差异达到了显著水平,其中紫弹朴的日耗水量是极显著高于香樟,且显著高于其他5个树种。

关键词:园林绿化树种;瞬时蒸腾速率;耗水量;耗水速率

中图分类号:S688 文献标识码:A 文章编号:1003-5508(2014)06-0084-04

A Study of Transpiration Water Consumption Characteristics of Seven Garden Species

MIAO Ting-ting YANG Ting-ting DING Zeng-fa XIA Shang-guang

(Anhui Academy of Forestry, Hefei 230031, China)

Abstract: Studies were made of instantaneous transpiration rate and daily water consumption of 7 common garden species (*Cinnamomum camphora*, *Osmanthus fragrans*, *Sapindus mukorossi*, *Koelreuteria integrifoliola*, *Celtis sinensis*, *Celtis biondi*, *Celtis julianae*) under different weather conditions by use of Li-6400 portable photosynthesis system and ACS-D11 electronic balance and by adopting a pot experiment. The results showed that ① under the conditions of sufficient water, the changes tendency of water consumption rate of 7 tested species in different weather conditions were basically the same, lower in the morning and the evening, higher at around midday, displaying the unimodal or bimodal curve; ② The differences of daily water consumption under different weather conditions reached an extremely significant level, the differences of different tree species reached a significant level, among them the daily water consumption of *Celtis biondi* was extremely significantly higher than that of *Cinnamomum camphora*, and significantly higher than that of the other 5 tree species.

Key words: Garden tree species, Instantaneous transpiration rate, Water consumption amount, Water consumption rate

城市园林绿化树种是城市生态系统环境的重要组成部分,发挥着巨大的生态调节功能,但随着全球气候变化和水资源日益短缺,其自身耗水量过大,在涵养水源和水资源利用等方面出现了矛盾,因此选择低耗水性的树种成为建立高效节水型城市绿地系

统的主要依据之一^[1~6]。本文从植物蒸腾耗水的角度出发,选择7种安徽省内常见的城市绿化树种,对它们在不同天气条件下的瞬时蒸腾速率和实际耗水速率进行了测定,分析研究其潜在耗水能力、耗水量及与环境因子的关系等内容,为合理选择城市园

收稿日期:2014-04-03

基金项目:安徽省林业科学研究院院长基金项目。

作者简介:苗婷婷(1983-),女,硕士,主要从事水土保持、森林生态研究,E-mail:ejsmtt@163.com。

* 通讯作者:夏尚光(1968-),博士,高级工程师,主要研究方向为森林生态等,E-mail:18956011560@163.com。

林绿化树种,更好地发挥生态效益提供理论依据。

1 试验地概况

试验地安排在安徽省林业科学研究所内,位于合肥市,地处中纬度地带,江淮之间,为亚热带湿润季风气候,日照时数为2 100 h,年平均气温在15℃~16℃,极端最低气温-20.6℃,极端最高气温41.0℃,无霜期227 d,年平均降水量为988.4 mm。主要土壤类型为黄棕壤。

2 材料与方法

2.1 材料

选取2 a生,苗高地径基本一致的,生长良好且无病虫害的香樟(*Cinnamomum camphora*)、桂花(*Osmanthus fragrans*)、无患子(*Sapindus mukorossi*)、黄山栾树(*Koelreuteria integrifoliola*)、沙朴(*Celtis sinensis*)、紫弹朴(*Celtis biondii*)、珊瑚朴(*Celtis julianae*)共7种常见园林绿化树种作为研究对象,于2012年2月底进行盆栽培养,每盆栽种1株,每个品种选择3株做重复实验。

2.2 方法

当盆栽苗木成活生长后,根据实验设计,分别选取晴天和阴天两种情况进行观测,观测前1天傍晚先浇透水,第2天早上开始测定前,用保鲜膜和塑料袋密封好盆底和盆口,防止水分的蒸发和渗漏。在2012年7月18日(晴)、8月17日(阴),选取各植株中上部,无遮挡的健康、完整叶片,于8:00~18:00以及翌日的8:00对盆栽的实验苗木,每隔2 h用ACS-D11电子天平称重,同时用Li-6400便携式光合测定仪测定蒸腾速率并记录太阳辐射强度、空气温度、空气相对湿度等环境因子值;共设3组重复,用空白盆栽容器作为对照,以消除容器中土壤蒸发的影响。

2.3 数据分析

主要使用Excel2003作图,DPS数据处理系统进行方差分析。

3 结果与分析

3.1 不同天气条件下各树种耗水速率日变化

在水分充足条件下,分别选择1个典型的晴天和阴天,测定各树种的耗水速率,计算平均值,绘制

成日变化曲线图。由图1可看出,晴天时,珊瑚朴的耗水速率日变化曲线呈单峰型,主要峰值范围出现在12:00~14:00之间;其他供试苗木均呈典型双峰型,主要峰值范围出现在10:00~12:00和14:00~16:00之间。其中,香樟的耗水速率较低,最大值仅为0.0163 kg·h⁻¹;而黄山栾树和紫弹朴的耗水速率较高,最大值为0.0433 kg·h⁻¹和0.0395 kg·h⁻¹,分别是香樟的2.66和2.42倍。桂花、沙朴和无患子不仅日变化趋势一致,且变化幅度比较接近。

阴天时,由图2可知,各树种的耗水速率日变化曲线均呈现明显的单峰型,主要峰值范围在12:00~14:00之间。其中,香樟和桂花的耗水速率较低,最大值仅为0.0237 kg·h⁻¹和0.0283 kg·h⁻¹;而紫弹朴的耗水速率较高,最大值达到了0.0663 kg·h⁻¹,分别是香樟和桂花的2.80和2.34倍。

对比图1和图2可知,供试树种在不同天气条件下蒸腾耗水进程基本一致,均是早晚低、中午前后高,呈双峰或单峰曲线;其中,紫弹朴的耗水速率在不同天气条件下都较高,香樟的耗水速率在不同天气条件下都较低。

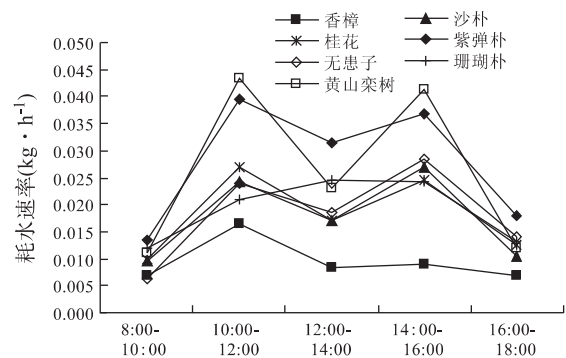


图1 晴天时各树种耗水速率日变化

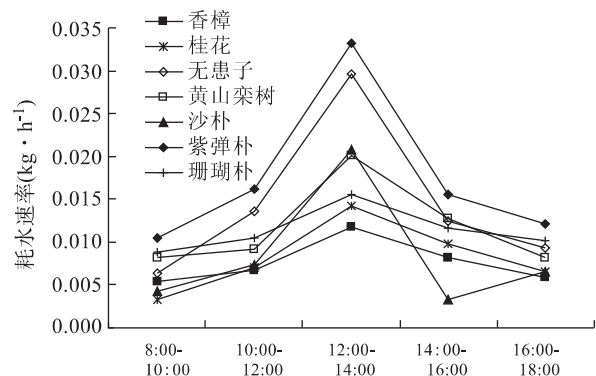


图2 阴天时各树种耗水速率日变化

3.2 不同天气条件下各树种日耗水量变化及差异

对各树种在不同天气条件下日耗水量(当日8:

00-翌日 8:00) 进行汇总统计,结果如表 1 所示。由表 1 可看出,晴天时各树种的日耗水量明显大于阴天,晴天时各树种耗水量范围为 $525 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1} \sim 1451 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$,阴天时范围为 $426 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1} \sim 944 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 。采用 Duncan 氏新复极差法(SSR)对不同天气条件下各树种的日耗水量进行双因素方差分析,结果见表 2。由表 2 可知,日耗水量在不同天气水平达到了极显著差异水平($p = 0.0020 < 0.01$),而在不同树种间差异显著($0.01 < p = 0.0383 < 0.05$)。其中紫弹朴的日耗水量是极显著高于香樟,且显著高于其他 5 个树种。这说明不同天气条件下、不同树种间的水分消耗能力均存在很大的差异,苗木的耗水量可以作为一个关键的评价指标来筛选节水树种。

表 1 7 种供试苗木的日耗水量($\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$)

树种	测定时间		
	晴天	阴天	均值
香樟	525	426	475.50cB
桂花	962	440	701.00bcAB
无患子	974	776	875.00abAB
黄山栾树	1372	641	1006.50abAB
沙朴	937	454	695.50 bcAB
紫弹朴	1451	944	1197.50 aA
珊瑚朴	1007	617	812.00 abcAB
均值	1032.57 aA	614.00bB	

注:不同大写字母代表差异极显著($p < 0.01$),小写字母代表差异显著($p < 0.05$)。

表 2 方差分析表

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
不同树种间	657286.8571	6	109547.8095	4.835	0.0383
不同天气间	613207.1429	1	613207.1429	27.066	0.0020
误差	135936.8571	6	22656.1429		
总变异	1406430.8571	13			

3.3 耗水速率与瞬时蒸腾速率的关系

用 Li-6400 光合仪测定的瞬时蒸腾速率反映的是苗木的潜在耗水能力,而耗水速率则反映了苗木的实际耗水情况,这两个指标比较不同树种间蒸腾耗水特性从理论上来说所得结论应该一致,然而对比图 1 和图 3 可看出,测定结果并不一致。不仅是一天(7月18日)中变化趋势不同,而且是不同树种间耗水特性也不尽相同。例如沙朴和桂花的耗水速率日变化曲线为双峰型,而瞬时蒸腾速率曲线则为单峰型。用平均耗水速率比较供试树种大小为:香樟 < 沙朴 < 无患子 < 桂花 < 珊瑚朴 < 黄山栾树 < 紫弹朴;而用瞬时蒸腾速率比较则为:无患子 < 珊瑚朴 < 香樟 < 黄山栾树 < 紫弹朴 < 沙朴 < 桂花。这说明了蒸腾作用是一个复杂的生理过程,不仅受外界

环境条件的影响,而且还受植物本身的调节和控制,因此测定瞬时蒸腾速率很容易产生误差,其只能为比较不同树种耗水特性提供参考,不能表征各树种的实际耗水量。这一结论与王得祥,康博文,马长明等^[7-9]人研究结果类似。

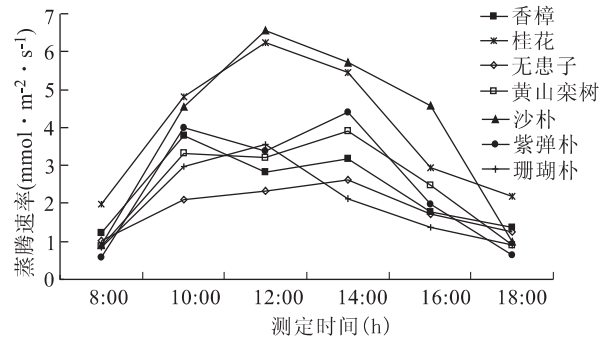
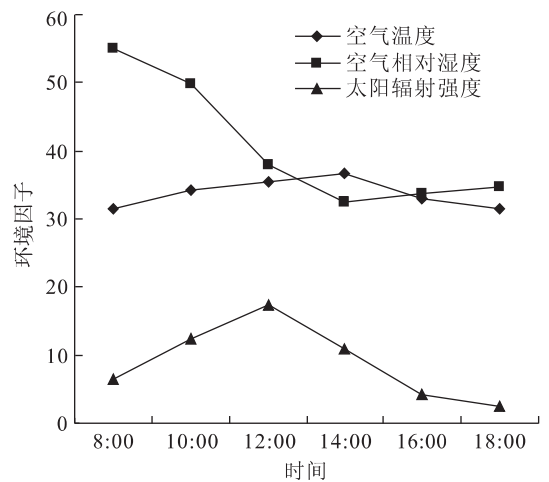


图 3 晴天时各树种瞬时蒸腾速率日变化

3.4 影响蒸腾速率的环境因素

在土壤供水充分的条件下,影响蒸腾的环境因子主要有光照强度、大气温度、相对湿度等^[9,10]。由图 4 可知,在晴天条件下,测定供试树种瞬时蒸腾速率时,其太阳辐射强度和空气温度变化均为单峰曲线。光强的最大值为 $1734 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,出现在上午 12:00 时,空气温度的高峰值为 36.7°C ,出现在下午 14:00。空气相对湿度则从早上 8:00 的 55% 逐渐降低,在 14:00 达到低谷 (32.47%),之后又缓慢回升。各树种瞬时蒸腾速率的日变化趋势与光强和空气温度的日变化趋势大致相近,均是在早(8:00)晚(18:00)较低,中午前后(10:00~14:00)高;但蒸腾速率最大值并不都是出现在光强最大时,主要原因是各树种的最适应光强范围不同,从而导致产生了植物午休现象^[11-13]。



空气温度($^\circ\text{C}$) 空气相对湿度(%) 太阳辐射强度($100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

图 4 环境因子日变化

4 结论与讨论

(1) 在水分充足条件下,晴天时,珊瑚朴的耗水速率日变化曲线呈单峰型,主要峰值范围出现在 12:00~14:00 之间;其他供试苗木均呈典型双峰型,主要峰值范围出现在 10:00~12:00 和 14:00~16:00 之间。阴天时,各树种的耗水速率日变化曲线均呈现明显的单峰型,主要峰值范围在 12:00~14:00 之间。7 种供试树种在不同天气条件下蒸腾耗水进程基本一致,均是早晚低、中午前后高,呈双峰或单峰曲线;其中,紫弹朴的耗水速率在不同天气条件下都较高,香樟的耗水速率在不同天气条件下都较低。

(2) 对各树种的日耗水量(当日 8:00~翌日 8:00)进行汇总统计,发现晴天时的日耗水量明显大于阴天,晴天时耗水量范围为 $525 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1} \sim 1451 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$,阴天时为 $426 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1} \sim 944 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 。通过双因素方差分析,结果表明日耗水量在不同天气条件下差异达到了极显著水平($p = 0.0020 < 0.01$),而在不同树种间差异达到了显著水平($0.01 < p = 0.0383 < 0.05$),其中紫弹朴的日耗水量是极显著于香樟,而显著于其他 5 个树种。这说明不同天气条件下、不同树种间的水分消耗能力均存在很大的差异,苗木的耗水量可以作为选择合理节水性树种的一个关键的评价指标。

(3) 本文中测定的瞬时蒸腾速率和耗水速率的结果不仅在同一树种的日变化趋势上有所差异,而且在比较不同树种间耗水特性方面也不尽相同。这说明蒸腾作用是一个复杂的生理过程,不仅受外界环境条件的影响,而且还受植物本身的调节和控制。瞬时蒸腾速率只能为比较不同树种耗水特性提供参考,不能表征各树种的实际耗水量,但是它对研究植物的耗水特性仍然有重要的意义,因为从植物耗水

研究体系来看,它是研究单木、林分甚至生态系统耗水特性的一个基础与前提。

(4) 在土壤供水充分的条件下,影响蒸腾的环境因子主要有光照强度、大气温度、相对湿度等。各树种瞬时蒸腾速率的日变化趋势与光强和空气温度的日变化趋势大致相近,均是在早(8:00)晚(18:00)较低,中午前后(10:00~14:00)高;但蒸腾速率最大值并不都是出现在光强最大时,主要原因是各树种的最适应光强范围不同,从而导致产生了植物午休现象。

参考文献:

- [1] 招礼军. 我国北方主要造林树种耗水特性及抗旱造林技术研究[D]. 南京:南京林业大学,2003.
- [2] 武金翠. 合肥市主要园林植物及典型绿地耗水规律的研究[D]. 合肥:安徽农业大学,2007.
- [3] 招礼军,李吉跃,于界芬,等. 干旱胁迫对苗木蒸腾耗水日变化的影响[J]. 北京林业大学学报,2003,25(3):42~47.
- [4] 王梓,王瑞辉,应文思. 3种园林灌木的蒸腾耗水特征[J]. 湖南林业科技,2008,25(1):27~30.
- [5] 王颖. 北京地区常见城市绿化树种蒸腾耗水特性的研究[D]. 北京:北京林业大学,2004.
- [6] 王玉涛. 节水抗旱优良沙柳种源的筛选与抗旱造林技术研究[D]. 北京:北京林业大学,2005.
- [7] 王得祥,康博文,刘建军,等. 主要城市绿化树种苗木耗水特性研究[J]. 西北林学院学报,2004,19(4):20~23.
- [8] 康博文,侯琳,王得祥,等. 几种主要绿化树种苗木耗水特性的研究[J]. 西北林学院学报,2005,20(1):29~33.
- [9] 马长明,翟明普,王海峰,等. 退耕区主要树种苗木耗水特性的研究[J]. 西北林学院学报,2007,22(1):15~19.
- [10] 周平,李吉跃,招礼军. 北方主要造林树种苗木蒸腾耗水特性研究[J]. 北京林业大学学报,2002,24(5/6):50~55.
- [11] 武维华. 植物生理学[M]. 北京:科学出版社,2003:47~66.
- [12] 邹丽伟,王瑞辉. 长沙市4种园林植物蒸腾耗水特性研究[J]. 湖南林业科技,2011,38(3):24~27.
- [13] 于界芬. 树木蒸腾耗水特点及解剖结构的研究[D]. 南京:南京林业大学,2003.