

北京 3 个园林观赏树种苗木耗水特性初探

车文瑞, 马履一, 王瑞辉, 樊敏, 段劼

(北京林业大学 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 利用 Li-6400 便携式光合仪和 BP-3400 天平等仪器, 对北京市常用园林观赏乔木白玉兰 *Magnolia denudata*, 鹅掌楸 *Liriodendron chinense* 和刺槐 *Robinia pseudoacacia* 的蒸腾耗水特性进行研究。结果表明: 春季的蒸腾速率大于夏季和秋季, 3 个树种日平均蒸腾速率分别为春季 2.32, 2.23 和 1.85 $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 夏季 1.61, 1.58 和 1.46 $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 秋季 1.67, 1.66 和 1.47 $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; 3 个树种均为春季耗水型, 日平均耗水率分别为春季 2.284 6, 1.952 9 和 1.123 7 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$, 夏季 1.066 8, 0.965 8 和 0.300 7 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$, 秋季 1.130 0, 0.783 7 和 0.446 6 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$; 3 个树种年平均日耗水率分别为 1.493 8, 1.234 1 和 0.623 6 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$, 由年平均日耗水率可见, 3 个树种耗水能力由大到小依次为白玉兰、鹅掌楸和刺槐。图 4 表 1 参 19

关键词: 树木生理学; 白玉兰; 鹅掌楸; 刺槐; 蒸腾速率; 耗水率; 北京

中图分类号: S687; S718.43 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2008)05-0609-05

Water consumption and transpiration for seedlings of three ornamental tree species in Beijing

CHE Wen-rui, MA Lü-yi, WANG Rui-hui, FAN Min, DUAN Jie

(Key Laboratory for Silviculture and Conservation of the Ministry of Education, Beijing Forestry University,
Beijing 100083, China)

Abstract: The objective is to contribute to the theoretical basis for reasonable selection of greening tree species and its water management. Water consumption characteristics due to transpiration for three ornamental tree species; namely *Magnolia denudata*, *Liriodendron chinense*, and *Robinia pseudoacacia*; were systematically studied in Beijing using a Li-6400 Portable Photosynthesis System and BP-3400 precision electronic balance. Results showed that 1) the spring transpiration rate of these three trees was higher than summer and autumn; 2) daily water consumption for these species was greatest in spring; and 3) the annual average daily water consumption rates were in the order: *M. denudata* ($1.493\ 8\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$) > *L. chinense* ($1.234\ 1\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$) > *R. pseudoacacia* ($0.623\ 6\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$). The rate of annual average daily water consumption is important for evaluating the water consumption capability of a tree.[Ch, 4 fig. 1 tab. 19 ref.]
Key words: tree physiology; *Magnolia denudata*; *Liriodendron chinense*; *Robinia pseudoacacia*; transpiration rate; water consumption rate; Beijing

随着社会经济的快速发展, 人民生活水平的不断提高, 人类对环境提出更高的要求, 对城市绿地建设予以更高的期望。而城市绿地在发挥巨大生态和景观效益的同时, 自身的养护需要消耗大量的水资源。目前, 全球性水资源危机日益严重, 北京也同样面临着水资源短缺的困扰。长期以来, 植物耗

收稿日期: 2007-11-14; 修回日期: 2008-03-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30371147); 北京市自然科学基金资助项目(6052016); 北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室资助项目(JD100220535); 教育部高等学校博士学科点专项科研基金项目(20030022009)

作者简介: 车文瑞, 硕士研究生, 从事植物水分生理研究。E-mail: chewenrui@163.com。通信作者: 马履一, 教授, 博士生导师, 从事城市林业、森林培育及树木生理等研究。E-mail: maluyi@bjfu.edu.cn

水的研究主要集中在山区造林绿化树种方面^[1-9], 对于城市园林观赏树种的研究较少^[10,11]。本文以北京市常用园林观赏树种白玉兰 *Magnolia denudata*, 鹅掌楸 *Liriodendron chinense* 和刺槐 *Robinia pseudoacacia* 为研究对象, 采用盆栽试验模拟与自然状况相似的环境, 通过对蒸腾速率、光合速率、环境因子以及蒸腾耗水量的观测研究, 探讨3种乔木的耗水特性, 为城市绿化树种的合理配置和水分管理提供理论依据。

1 试验地概况和研究方法

1.1 试验地概况

试验地位于北京林业大学校园, 39°56'N, 116°17'E, 地势平坦, 海拔75 m, 表土层为褐土, 厚约35 cm。该区属暖温带半湿润大陆性季风气候, 年平均气温为12.8℃, 年有效积温4500℃, 无霜期从4月初起, 约189 d, 年降水量为500~700 mm, 7-9月降水量占全年降水量的70%左右, 年平均蒸发量约为降水量的3倍, 为1835.8 mm。

1.2 试验材料

选择北京市3个常用观赏树种白玉兰、鹅掌楸和刺槐作为试验材料, 均为3年生, 且同一树种的苗木大小和株形基本一致。

1.3 研究方法

将选好的苗木栽植于直径35 cm, 高25 cm的塑料花盆中, 盆土取自苗圃, 容重为1.45 g·cm⁻³, 然后对所有苗木进行正常浇水管理, 每种苗木设置5个重复。

分春、夏、秋3个观测时段, 且在每个时段内选择5个典型晴天, 对供试苗木进行盆栽试验。3个观测时段分别为2006年5月13日-5月25日, 7月2日-7月15日, 9月10日-9月25日。在观测的前1天给苗木浇足水分, 并用塑料袋密封盆底和盆口, 防止水分的蒸发和渗漏。在选定的观测日里, 从早晨6:00到下午18:00, 每隔2 h观测1次。

1.4 测定指标

蒸腾速率、光合速率用Li-6400便携式光合测定系统(美国)测定; 耗水量用BP-3400精密天平测定(最大量程为34 kg, 精度为0.1 g)。叶面积先用坐标纸测定单叶面积, 再点数盆栽苗木的叶片数量, 计算每盆苗木的总叶面积; 耗水率以2 h为一个时间段计算, 是耗水量与叶面积的比值, 单位为kg·m⁻²。

2 结果与分析

2.1 蒸腾速率的日变化

2.1.1 不同季节各树种蒸腾速率的日变化 图1表明, 白玉兰、鹅掌楸和刺槐3个树种在春、夏、秋3个季节的蒸腾速率都呈现早晚低、中午前后高的规律; 春夏季呈双峰形曲线, 每日中午12:00左右出现短暂的“午休”现象; 秋季都为单峰形曲线, 在10:00-14:00出现峰值。产生苗木蒸腾速率日变化的主要原因是太阳的朝出夕落^[10], 蒸腾会随着太阳辐射的增强和气温的升高而增大, 当中午气温超过30℃或太阳辐射过强时, 植物部分气孔关闭, 导致蒸腾减弱^[12]。3树种在不同季节蒸腾的差异与树种对温度和光照的敏感度有关^[13]。

3个树种不同季节的日平均蒸腾速率分别为: 白玉兰, 春季232 mmol·m⁻²·s⁻¹, 夏季161 mmol·m⁻²·s⁻¹, 秋季167 mmol·m⁻²·s⁻¹; 刺槐, 春季1.85 mmol·m⁻²·s⁻¹, 夏季1.46 mmol·m⁻²·s⁻¹, 秋季1.47 mmol·m⁻²·s⁻¹; 鹅掌楸, 春季2.23 mmol·m⁻²·s⁻¹, 夏季1.58 mmol·m⁻²·s⁻¹, 秋季1.66 mmol·m⁻²·s⁻¹, 都呈现春季最大, 夏季最小, 秋季居中的规律。这可能是由于春季树木抽芽展叶需要消耗大量的水分。另外, 北京春季风大干燥, 也会导致树木蒸腾速率增大; 而夏季较强的太阳辐射、较大的空气湿度和较高的气温, 都可能导致植物部分气孔关闭, 从而使树木夏季蒸腾速率减弱。

2.1.2 同一季节各树种蒸腾速率的日变化 对3个树种春季(5月份)、夏季(7月份)和秋季(9月份)的蒸腾速率数据进行分析后发现, 相同季节蒸腾速率的日变化呈现出相近的趋势, 日平均蒸腾速率的

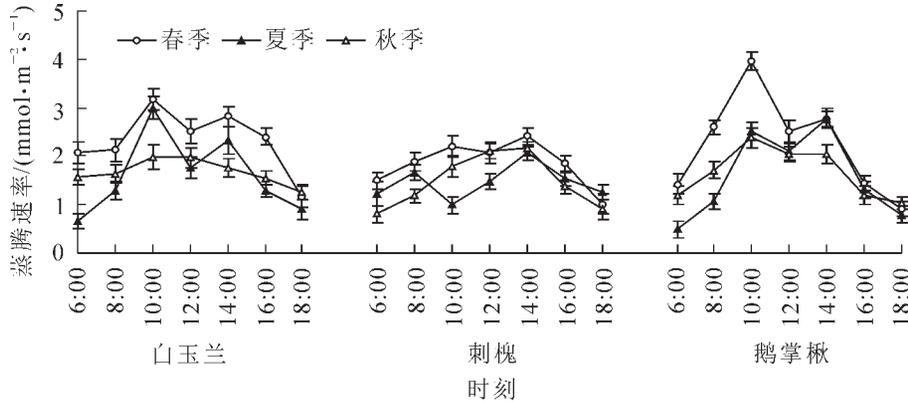


图 1 3 种乔木不同季节蒸腾速率日变化

Figure 1 Diurnal changes of transpiration of the three arbors in spring, summer and autumn

比较结果也趋于一致。以夏季(7月)为例, 将 5 个典型晴天测得的数据求平均值, 并绘制蒸腾速率的日变化曲线(图 2)。夏季 3 个树种日平均蒸腾速率分别为: 白玉兰 $1.61 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 鹅掌楸 $1.58 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 刺槐 $1.46 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。结果表明, 白玉兰蒸腾速率较鹅掌楸和刺槐大。用 Lico-6400 测定的是苗木的瞬时蒸腾速率, 可以反映苗木的潜在耗水能力^[12]。由此可见, 白玉兰的潜在耗水能力较强, 鹅掌楸次之, 刺槐较弱。

2.2 水分利用效率的日变化

水分利用效率是植物在单位蒸腾耗水量下所积累干物质的量, 可以用光合速率(CO_2 , μmol)与蒸腾速率(H_2O , mmol)的比值来表示, 其值越大说明植物对土壤水分的利用越经济^[14]。如图 3 所示, 3 个乔木树种水分利用效率日变化曲线表现出相近趋势, 早晨起步较低, 然后迅速上升达到全天最高值, 而后持续下降, 水分利用效率的峰值出现在 8:00。3 个树种全天水分利用效率平均值按照从大到小排列为: 刺槐(2.06) > 鹅掌楸(1.14) > 白玉兰(0.90), 可见刺槐的水分利用效率最高。

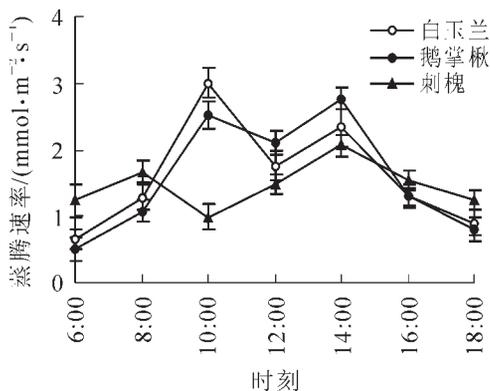


图 2 夏季 3 种乔木蒸腾速率的日变化

Figure 2 Diurnal changes of transpiration of the three arbors in summer

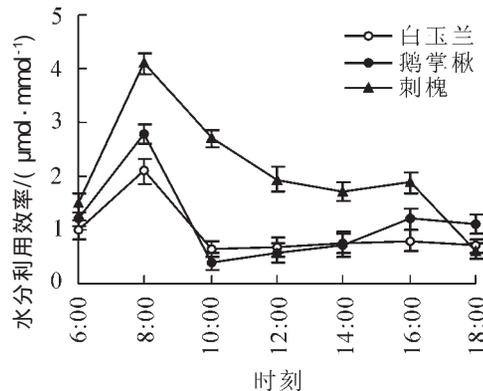


图 3 3 种乔木树种水分利用效率的日变化

Figure 3 Diurnal changes of water use efficiency of the three arbors

2.3 不同季节各树种的耗水率

耗水率为单位时间段内耗水量与苗木叶面积的比值, 是树木固有的生理特性, 具有遗传上的稳定性, 是衡量树种耗水能力的重要指标^[15]。在同一环境条件下对不同树种耗水率进行比较, 能够直接得出树种之间现实耗水量的差异, 了解不同树种的耗水特性, 并能够精确推算实际的耗水量^[16]。

2.3.1 不同季节各树种日耗水进程 图 4 表明, 不同季节 3 个乔木树种的日耗水进程基本一致, 都是 6:00 - 8:00 耗水率低, 10:00 - 14:00 耗水率高。如白玉兰在春季 6:00 - 8:00 的耗水率为 $0.2033 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 在 10:00 - 12:00 可达到 $0.5246 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 。从图 4 还可以看出, 3 个树种在春季的日耗水进程变化明显, 而在夏季和秋季的变化比较平缓。树种日耗水进程的差异是由于气孔运动对环境因子的

反应不同造成的^[12], 了解这种差异, 就可以在利用多种植物进行配置时, 选择日耗水进程不同的树种, 保持一天中土壤水分的均衡供应^[13]。

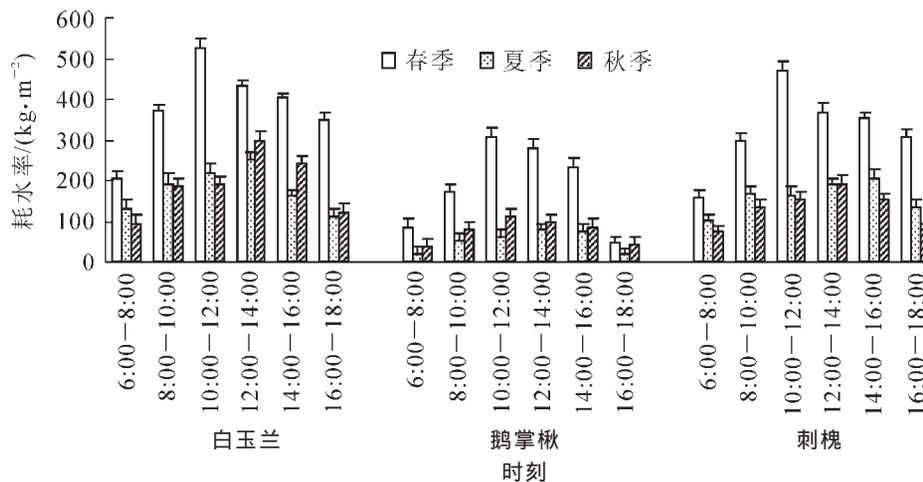


图4 3种乔木不同季节的日耗水进程

Figure 4 Water consumption process of the three arbors in spring, summer and autumn

2.3.2 不同树种季节耗水率及年平均日耗水率比较 白玉兰等3个乔木树种不仅每日不同时间段的耗水率有差异, 不同季节的日耗水率差异也很大。如表1所示, 白玉兰春季的日耗水率为 $2.2846 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$, 而夏季和秋季的日耗水率则分别为春季的47%和49%。根据这种差异, 可将不同树种的季节耗水特征进行归类。有学者以标准差率为准, 若标准差率大于20%, 则认为该季节的耗水率显著高于其他季节^[13]。公式为:

$$Z = [(W_{\text{季节}} - W_{\text{平均}}) / W_{\text{平均}}] \times 100\%$$

其中, $W_{\text{季节}}$ 为季节的日耗水率平均值, $W_{\text{平均}}$ 为年度日耗水率平均值, Z 为标准差率(%)。经过计算, 3个树种均属于春季耗水型, 其中, $Z_{\text{白玉兰}} = 52.9\%$, $Z_{\text{鹅掌楸}} = 58.2\%$, $Z_{\text{刺槐}} = 80.2\%$ 。由此可见, 3个树种春季耗水率显著大于夏季和秋季。

表1 同一树种不同季节日耗水率比较

Table 1 Comparison between daily water consumption in different seasons for the same tree species

树种	日耗水率/($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$)			
	春季(5月)	夏季(7月)	秋季(9月)	年平均
白玉兰	2.284 6	1.066 8	1.130 0	1.493 8
鹅掌楸	1.952 9	0.965 8	0.783 7	1.234 1
刺槐	1.123 7	0.300 7	0.446 6	0.623 6
平均	1.787 1	0.777 8	0.786 7	1.117 2

3树种年平均日耗水率为 $1.1172 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$, 其中白玉兰和鹅掌楸年平均日耗水率分别为 1.4938 , $1.2341 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$, 均大于该平均值。可见, 这2个树种是耗水率较高的树种, 而刺槐的年平均日耗水率为 $0.6236 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ 。在相同环境条件下, 植物耗水率的大小取决于遗传特性^[16], 3个树种耗水率的差异可能与其自身生理特征有关。

3 结论

对白玉兰、鹅掌楸和刺槐进行耗水性研究, 可以得出以下结论: 在水分充足条件下, 3个树种在不同季节的蒸腾速率都是早晚低、中午前后高, 春夏季呈双峰形曲线, 秋季都为单峰形。从日平均

蒸腾速率的大小来看, 3 个树种均表现为春季最大, 秋季最小, 夏季居中。在相同季节里, 白玉兰的日平均蒸腾速率较刺槐和鹅掌楸大。3 个树种水分利用效率早晨起步较低, 然后迅速上升至全天最高值, 其后持续下降, 水分利用效率的峰值出现在 8:00。从全天的平均值来看, 刺槐的水分利用效率略高于鹅掌楸和白玉兰。3 个树种在不同季节的日耗水进程基本一致, 耗水率都是 6:00 - 8:00 较低, 10:00 - 14:00 较高。另外, 春季的日耗水进程变化明显, 夏季和秋季的变化比较平缓。从季节耗水率来看, 白玉兰、鹅掌楸和刺槐都是春季耗水型, 3 个树种在春、夏、秋 3 个季节的日耗水率均为: 白玉兰 > 鹅掌楸 > 刺槐。年平均日耗水率也表现为: 白玉兰 > 鹅掌楸 > 刺槐。通过研究不同树种不同时间内的耗水规律可以指导园林植物绿化配置。例如, 在同一绿地上, 应避免配置大量高耗水树种, 也不要将相同季节耗水型的树种配置在一起。根据本试验结果, 应避免将白玉兰、刺槐、鹅掌楸配置在同一块绿地中。同一季节的日平均蒸腾速率为: 白玉兰 > 鹅掌楸 > 刺槐, 与年平均日耗水率表现一致。这 2 个指标在反映 3 个树种耗水特性方面是一致的。可见, 白玉兰等 3 个树种的耗水能力从大到小依次为白玉兰, 鹅掌楸和刺槐。这与相关学者^[16]用平均液流通量得到的结论是一致的。

3 个树种春季耗水均明显高于夏秋季, 这与它们春季的蒸腾速率都较其他季节大有关。春季是树木抽梢、开花和展叶的季节, 对水分的需求量很大。白玉兰在早春开花, 先开花后展叶, 需要消耗大量的水分。此外, 北京的春季干旱, 雨天较少, 这都会促进植物蒸腾。因此, 春季是水管理的关键时期。

参考文献:

- [1] 孙鹏森. 北京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: 北京林业大学, 2000.
- [2] 马履一, 王华田, 林平. 北京地区几个造林树种耗水性比较研究[J]. 北京林业大学学报, 2003, 25(2): 1 - 7.
- [3] 朱妍, 李吉跃, 史剑波. 北京 6 个绿化树种盆栽蒸腾耗水量的比较研究[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(1): 65 - 70.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 张迎辉, 王华田, 赵文飞, 等. 水分胁迫对 3 个藤本树种蒸腾耗水性的影响[J]. 江西农业大学学报, 2005, 27(5): 723 - 728.
- [8] 杨建伟, 周索, 韩蕊莲, 等. 土壤干旱对刺槐蒸腾变化及抗旱性研究[J]. 西北林学院学报, 2006, 21(5): 32 - 36.
- [9] 高建社, 符军, 刘永红, 等. 氮磷肥配施效应对杜仲光合及蒸腾特性的影响[J]. 浙江林学院学报, 2004, 21(3): 254 - 257.
- [10] 李丽萍, 马履一, 王瑞辉. 北京市 3 种园林绿化灌木树种的耗水特性[J]. 中南林业科技大学学报, 2007, 27(2): 44 - 51.
- [11] 孟凡荣, 乔芳, 张志强. 北京城区 3 种绿化树种蒸腾耗水性比较[J]. 福建林学院学报, 2005, 25(2): 176 - 180.
- [12] 武维华. 植物生理学[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 47 - 66.
- [13] 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.
- [14] 王瑞辉. 北京主要园林树种耗水性及节水灌溉制度研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2006.
- [15] 茹桃勤, 李吉跃, 孔令省, 等. 刺槐耗水研究进展[J]. 水土保持研究, 2005, 12(2): 135 - 140.
- [16] 樊敏. 北京常用 3 种观赏乔木耗水特性研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2007.
- [17] GRANIER A, HUC, R, BARIGAH S T. Transpiration of natural rainforest and its dependence on climatic factors[J]. Agric For Meteorol, 1996, 78: 19 - 29.
- [18] ABRISQUETA J M, RUIZ A, FRANCO J A. Water balance of apricot trees (*Prunus armeniaca* L. cv. Bùida) under drip irrigation[J]. Agric Water Manage, 2001, 50(3): 211 - 227.
- [19] VAN KANTEN R, VAAST P. Transpiration of arabica coffee and associated shade tree species in sub-optimal, low-altitude conditions of Costa Rica[J]. Agrofor Sys, 2006, 67: 187 - 202.