

庐山鹅掌楸 (*Liriodendron chinense*) 幼苗蒸腾特性研究

郭志华 王伯荪 张宏达

(中山大学生命科学学院, 广州 510275)

摘要 庐山山地上的鹅掌楸幼苗, 在夏季晴天土壤供水充足的条件下, 其叶片蒸腾速率的日变化为午后高峰型, 日蒸腾量为 $70.92 \text{ mol H}_2\text{O m}^2\text{d}^{-1}$, 最大蒸腾速率达 $3.9 \text{ mmol H}_2\text{O m}^2\text{s}^{-1}$; 叶/气温度差、气孔导度、相对湿度等因素对蒸腾速率的影响最显著; 鹅掌楸幼苗的水分利用率日平均为 $4.142 \text{ mmol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$, 最高可达 $11.8 \text{ mmol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ 。

关键词 鹅掌楸; 蒸腾特性; 庐山

THE CHARACTERISTICS OF TRANSPIRATION IN LEAVES OF *LIRIODENDRON CHINENSE* SEEDLINGS IN LUSHAN

Guo Zhihua Wang Bosun Zhang Hungta

(Life Science School, Zhongshan University, Guangzhou 510275)

Abstract The characteristics of transpiration in leaves of *Liriodendron chinense* seedlings measured by a CI-301PS Portable Photosynthesis System showed that the highest transpiration rate in soil with sufficient water appeared in the afternoon of sunny summer. The leaf/air temperature difference, stomatal conductance, relative humidity and other factors markedly affected the transpiration rate. The daily average water use efficiency of *L. chinense* seedlings was $4.142 \text{ mmol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$.

Key words *Liriodendron chinense*; Seedlings; Transpiration; Lushan

鹅掌楸 (*Liriodendron chinense* (Hemsl.) Sarg.) 是我国稀有的孑遗树种, 属国家二级保护植物^[1], 其与北美鹅掌楸 (*L. tulipifera* Linn.) 一起构成了东亚和北美间断分布的典型代表^[2]。它们生存距今虽已 1300 万年, 但仍能互交可育、形态相似^[3]。在庐山, 鹅掌楸是常绿阔叶、落叶阔叶混交林的优势种之一^[4], 生长发育良好。因此, 研究当今自然环境条件下鹅掌楸的蒸腾特性有助于对其生理生态学特征的认识, 以便为其保护和利用提供依据, 本文报道了我们在这方面工作的结果。

1 材料与方 法

供试材料为栽培于庐山植物园(海拔 1100 m)内的鹅掌楸, 两年生。选中部向阳的当年生新枝的中位叶进行光合测定, 重复 5-6 次。时间 7 月 6 日至 7 月 12 日。由于连续降水, 土壤水分充足。

华南师范大学地理系邓槐同学参加野外调查, 文中插图由华南师范大学地理系张毅清绘, 谨此致谢。

用美国 CID 公司生产的 CI-301PS 便携式光合作用测定系统进行测定。用其开放系统测定气温 (T_a , $^{\circ}\text{C}$), 叶温 (T_l , $^{\circ}\text{C}$), 光合有效辐射 (PAR, $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$), 净光合速率 (P_n , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), 空气相对湿度 (RH, %), 大气 CO_2 浓度 (CO_2 , $\mu\text{mol/L}$), 胞间 CO_2 浓度 (C_i , $\mu\text{mol/L}$), 气孔导度 (G_s , $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) 和蒸腾速率 (E , $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)。测得的气温和空气相对湿度用天津气象海洋仪器厂生产的 MC-5 型温湿表校正 (1995 年 5 月由广东省气象局检定)。叶/气温差 (ΔT , $^{\circ}\text{C}$) 由计算得出, 叶/空气水汽压差 (ΔE_w , $^{\circ}\text{C}$) 由查表求出^[9]。

本文所有计算均由作者自编 C 语言程序在微机上运行。

2 结果与讨论

2.1 蒸腾速率及其影响因子的日变化

从图 1 可知, 影响鹅掌楸幼苗蒸腾速率的内部因素和外界生态条件的日进程有三种类型: 一是午间降低的双峰型, 如净光合速率和气孔导度; 一是午间高峰型, 如光合有效辐射、气温、叶温、叶/气温差、叶/空气水汽压差等; 另一类型是午间低谷型, 如相对湿度、胞间 CO_2 浓度和大气 CO_2 浓度等。

而鹅掌楸叶片蒸腾速率的日进程在夏季晴天表现为午后高峰型。由于土壤水分供应充足, 因此并未出现土壤干旱时的双峰型或午前高峰型^[9]。蒸腾高峰出现在 13 时左右, 与光合“午休”时间基本一致¹⁾, 它们都出现在午后强辐射、高温、低湿的条件下。日平均蒸腾速率为 $1.79 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 最大蒸腾速率为 $3.9 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 日蒸腾量为 $70.92 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{d}^{-1}$ 。

2.2 影响蒸腾速率的因子分析

由于蒸腾速率受光合有效辐射、气温、叶温、相对湿度、土壤水势、胞间 CO_2 浓度、气孔导度及叶/空气水汽压差等的影响^[7-9], 不同因子对鹅掌楸幼苗蒸腾速率的影响程度不同。因此, 可用逐步回归分析的方法找出对蒸腾速率影响最大的因子^[10]。

本文根据气温、叶温、叶/气温差、光合有效辐射、相对湿度、净光合速率、大气 CO_2 浓度、胞间 CO_2 浓度、气孔导度及叶/空气水汽压差等十个因子的 38 组观测数据进行逐步回归分析。

首先, 当 $\alpha=0.10$ 时, 设 $F_1=2.89$, $F_2=2.88$ 为挑选和剔除因子的 F 检验的临界值, 得回归方程: $E = -3.760 + 0.2795\Delta T + 5.2333G_s - 0.02265RH + 0.12888\Delta E_w + 0.01241C_i + 0.08231T_l$ (1)

显著性检验: $F = 92.844 > F_{0.10}^{(6,31)} = 1.85$, 复相关系数 $R = 0.87329$ 。可见, 回归方程显著相关。

当 $\alpha=0.01$ 时, 设 $F_1=7.56$, $F_2=7.50$ 为挑选和剔除因子的 F 检验的临界值, 得回归方程:

$$E = 2.561 + 0.38212\Delta T + 8.7942G_s - 0.03853RH \quad (2)$$

显著性检验: $F = 104.32 > F_{0.01}^{(3,34)} = 4.42$, 复相关系数 $R = 0.97494$ 。可见, 回归方程显著相关。

从上述回归方程可知: 对蒸腾速率影响最大的内外因子是叶/气温差、气孔导度和空气相对湿度, 其次是叶/空气水汽压差、胞间 CO_2 浓度和叶温等。其中, 叶/气温差、气孔导度、叶/空气水汽

1) 郭志华, 王伯荪, 张宏达. 庐山鹅掌楸 (*Liriodendron chinense*) 幼苗光合特性的研究 (待发表)

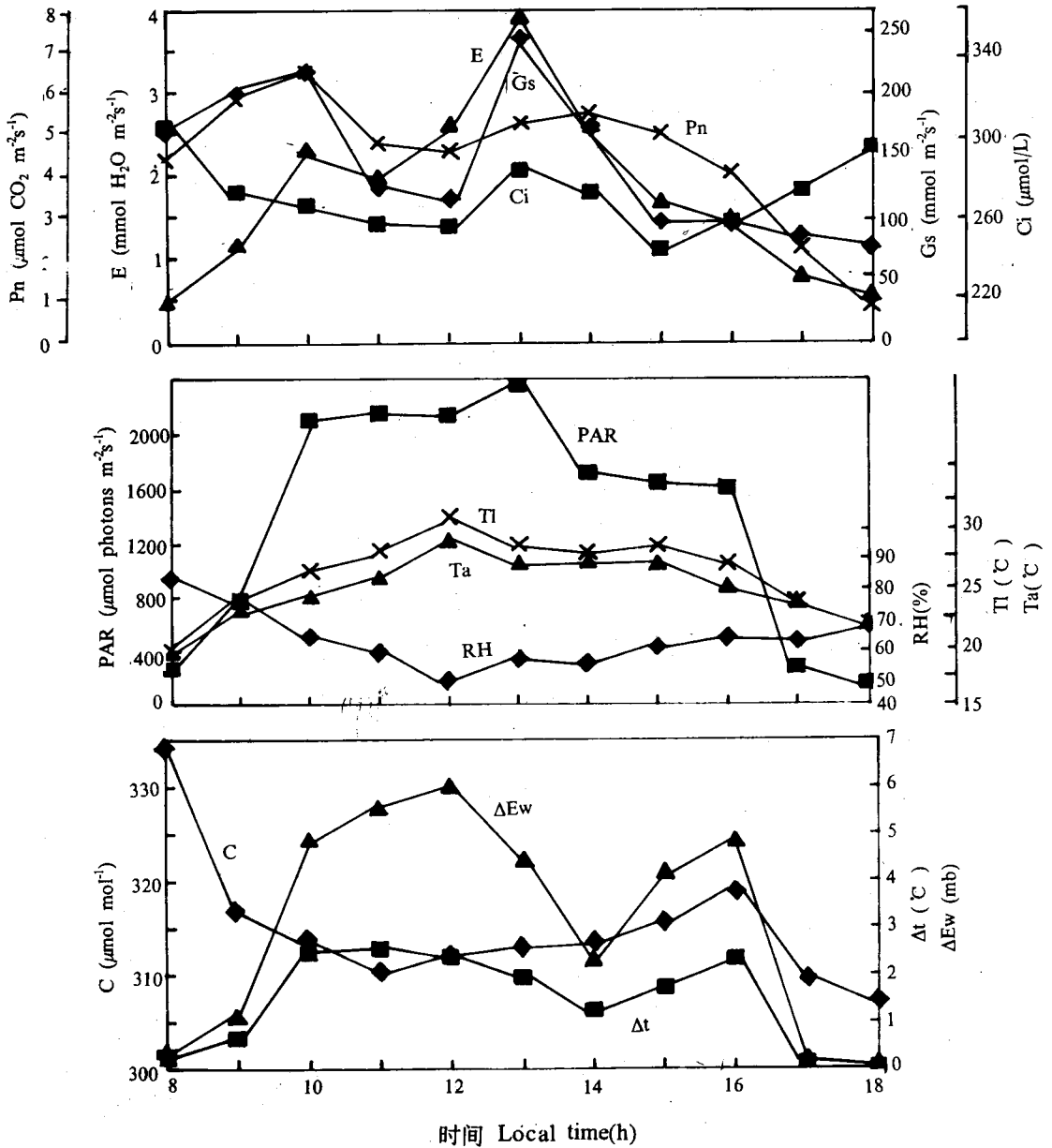


图 1 鹅掌楸叶片蒸腾速率及其影响因子的日进程

Fig. 1 Diurnal changes of transpiration rate in *L. chinense* leaves in relation to other environmental factors
 E: 蒸腾速率 Transpiration rate; Pn: 净光合速率 Net photosynthetic rate; Gs: 气孔导度 Stomatal conductance;
 Ci: 胞间 CO_2 浓度 Intercellular CO_2 concentration; PAR: 光合有效辐射 Photosynthetic active radiation; Ta: 气温
 Air temperature; Tl: 叶温 Leaf temperature; Δt : 叶/气温差 Leaf/air temperature difference; RH: 相对湿度 Relative
 humidity; ΔE_w : 叶/空气水汽压差 Leaf/air water vapour gradient; C: 大气 CO_2 浓度 Air CO_2 concentration

压差和胞间 CO_2 浓度与蒸腾速率之间为正相关，而空气相对湿度与蒸腾速率之间为负相关。这主要是因为，一天中，随着太阳辐射的增强，气温、叶温升高，空气相对湿度降低，叶/气温差和叶/空气水汽压差也随之升高，从而蒸腾速率升高。这种情况在午后表现最为明显。气孔导度

虽在午后降低,但从一天总的来看,还是与蒸腾速率之间有一定的正相关关系,特别是在午后13时左右蒸腾处于峰值时,气孔导度也处于一天的最高值(图1)。胞间 CO_2 浓度与蒸腾速率之间的正相关关系还有待作进一步研究。

虽然回归方程(1)(2)中都没有包含气温、大气 CO_2 浓度、净光合速率和光合有效辐射等,但这并不表明这些因子不影响鹅掌楸的蒸腾速率。这只能说明这些因子对蒸腾作用的影响相对较小或者是这些因子对蒸腾的影响已被那些显著因子所包含、反映。如气温(T_a)、光合有效辐射(PAR)、净光合速率(Pn)等都与蒸腾速率显著相关,其单相关系数分别为0.6504、0.8164和0.6651(均大于 $r_{0.01}^{(30)}=0.42$,显著相关),但 T_a 、PAR和Pn与 Δt 之间的相关性更显著,其单相关系数分别达0.8132、0.9178和0.7040, T_a 与 T_l ,PAR与RH,Pn与 ΔE_w 之间的相关系数也分别高达0.9654、-0.6211和0.8266等。这样, ΔT 、RH、 ΔE_w 、 T_l 等本身就包含了 T_a 、PAR和Pn等对蒸腾速率的影响作用。由于大气 CO_2 浓度白天在 $305-335 \mu\text{mol/L}$ 之间波动,因此,回归方程表明:在这样的大气 CO_2 浓度范围内, CO_2 浓度对鹅掌楸的蒸腾速率影响很小(其单相关系数仅为0.0094)。此外,由于净光合速率Pn在中午有明显“午休”现象,且时间较长¹⁾,而此时却是蒸腾的高峰期,因此,在土壤水分供应充足的夏季晴天,Pn对蒸腾速率E影响较小。

2.3 水分利用率 WUE

用净光合速率Pn与蒸腾速率E的比值表示鹅掌楸叶片的瞬时水分利用率(WUS)(图2)。结果表明:鹅掌楸向阳叶片的日平均水分利用率为 $4.142 \text{ mmol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ 。并且,其水分利用率的日变化以早上8时左右为最高,约为 $11.8 \text{ mmol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$;之后,水分利用率逐渐降低,并在13时左右达最低点,约为 $1.8 \text{ mmol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$;因为此时光合作用处于“午休”状态,Pn值降低,而蒸腾速率却是一天中最高的,因此水分利用率很低。接着水分利用率又升高,在15时左右达到另一峰值,约为 $3.9 \text{ mmol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$;下午17时以后水分利用率又逐渐下降。

参考文献

- 1 国家环境保护局自然保护司保护区与物种管理处. 珍稀濒危植物保护与研究. 北京:中国环境科学出版社, 1991, 166
- 2 吴任铨. 中国种子植物属的分布区类型. 云南植物研究, 增刊IV, 1991, 78
- 3 Parks C, Wendel J. Molecular divergence between Asian and North American species of *Liriodendron* (Magnoliaceae) with implications for interpretation of fossil floras. Amer J Bot, 1990, 77:1243-1256
- 4 郭志华, 卓正大. 庐山常绿阔叶、落叶阔叶混交林的聚类分析与极点排序. 华南师范大学学报(自然版), 1994, (2): 85-92
- 5 国家气象局编. 湿度查算表(甲种本). 北京:气象出版社, 1989, 319

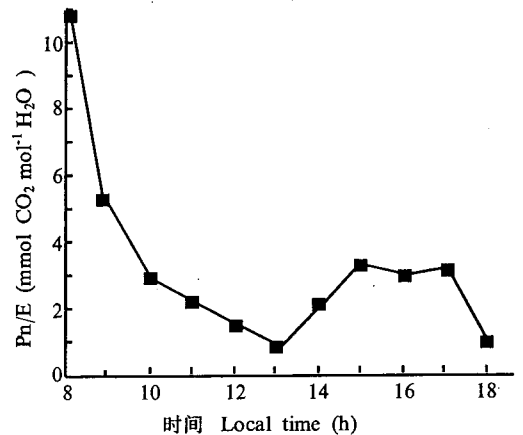


图2 鹅掌楸幼苗Pn/E的变化
Fig. 2 Diurnal variation in ratio of net photosynthetic rate (Pn) to transpiration rate (E) in *Liriodendron chinense* seedlings

- 6 杜占池, 杨宗贵. 作物与水分关系研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1992, 213-224
- 7 周海燕, 黄子琛. 不同时期毛乌素沙区主要植物种光合作用和蒸腾作用的变化. 植物生态学报, 1996, 20(2):120-131
- 8 杜占池, 杨宗贵. 不同土壤型羊草光合和蒸腾作用的比较研究. 植物学报, 1995, 37(1):66-73
- 9 陶汉之, 周良骥. 茶树蒸腾特性的研究. 应用生态学报, 1995, 6(4):349-354
- 10 方开泰, 全辉, 陈庆云. 实用回归分析. 北京: 科学出版社, 1988, 204-232

《热带亚热带植物学报》1998 年征订启事

《热带亚热带植物学报》是国家科委批准出版的植物学综合性学术刊物(季刊), 由中国科学院华南植物研究所和广东省植物学会联合主办, 国内外公开发行。主要刊载热带亚热带植物学研究的论文报告、科研简报、综述评等; 介绍植物学研究领域中各分支学科的研究成果, 研究进展和动态, 新技术和方法, 为推动植物学研究和开发热带亚热带植物资源, 为科学技术进步做贡献。

本刊全年四期, 每期 6 元, 另加邮费 10%, 全年合计为 26.40 元; 欢迎订阅。

邮局汇款至: 广东省广州市乐意居中国科学院华南植物研究所文献情报室
袁培莲收 邮政编码: 510650

欢迎订阅 1998 年度下列科技期刊

刊名	刊期	每期定价	编辑部地址或订阅处	邮编
经济林研究	季刊	5.00 元	湖南省株洲市中南林学院 《经济林研究》期刊社	412006
浙江农业学报	双月	4.00 元	杭州市石桥路 198 号浙江省农业科学院 《浙江农业学报》编辑部	310021
应用与环境生物学报	季刊	11.00 元	成都市人民南路 4 段 9 号中国科学院 成都生物研究所学报编辑部	610041