

文章编号: 101-1498(2007)01-0101-04

# 毛竹蒸腾动态研究<sup>\*</sup>

施建敏<sup>1</sup>, 郭起荣<sup>1,2</sup>, 杨光耀<sup>1\*\*</sup>

(1. 江西农业大学江西省竹子种质资源与利用重点实验室, 江西 南昌 330045; 2. 中国林业科学研究院, 北京 100091)

**摘要:**采用 Li-6400测定毛竹蒸腾作用在不同时间尺度上的动态变化,结果表明:毛竹夏、秋季的蒸腾日变化为双峰曲线,冬、春季的蒸腾日变化为单峰曲线;毛竹蒸腾年动态变化为单峰曲线,1月份最低,仅为  $0.29 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;8月份最高,达  $3.90 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;年均值为  $1.46 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。与毛竹光合动态相比,不同季节毛竹的蒸腾作用与光合作用日变化一致,年变化则略有不同,光合年动态变化为三峰曲线,而蒸腾作用年动态变化为单峰曲线。

**关键词:**毛竹;生理生态;蒸腾作用;动态变化

中图分类号: S795.7

文献标识码: A

## Study on the Transpiration Dynamic Variation of *Phyllostachys edulis*

SHI Jian-min<sup>1</sup>, GUO Qi-rong<sup>1,2</sup>, YANG Guang-yao<sup>1</sup>

(1. Jiangxi Provincial Key Laboratory for Bamboo Germplasm Resources and Utilization, Jiangxi Agriculture University, Nanchang 330045, Jiangxi, China; 2. Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

**Abstract:** Used Li-6400, the transpiration dynamic variation of *Phyllostachys edulis* was determined in different time scales. The results showed that the diurnal variation of transpiration rate (Tr) changed with season, bimodality in summer and autumn, and single peak curve in winter and spring. The annual variation of transpiration followed a single peak curve, the peak ( $3.90 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) occurred in August, the lowest was only  $0.29 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  in January, and the annual mean of Tr was  $1.46 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Compared with the photosynthetic dynamic variation of *Phyllostachys edulis*, the diurnal variation of transpiration and photosynthesis were identical in the same season; but the annual variation was difference, three-peak-curve to photosynthesis and single-peak-curve to transpiration.

**Key words:** *Phyllostachys edulis*; physio-ecology; transpiration; dynamic variation

中国现有竹林面积 421 万  $\text{hm}^2$ , 占全国森林面积的 3%, 而产值却占全国营林总产值的 18%, 全国毛竹 (*Phyllostachys edulis* (Carr.) H. de Lehaie) 林面积 270 万  $\text{hm}^2$ , 占竹林总面积的 64.1%<sup>[1]</sup>。由此, 毛竹的社会、经济和生态价值可见一斑。

20 世纪 50 年代以来, 我国竹类研究工作者围绕一些具有重要经济价值的竹种, 特别是毛竹的引种栽培和丰产培育开展了大量的研究工作, 并在实践中产生了显著成效, 毛竹生理生态研究则相对较少<sup>[2~4]</sup>。然而, 毛竹生理生态特性的研究对毛竹林

收稿日期: 2005-09-25

基金项目: 国家自然科学基金 (30460111) “江西毛竹特有品种——厚壁毛竹优良种质性状及繁育基础研究” 和国家林业局“厚壁毛竹区域化试验”

作者简介: 施建敏 (1978—), 男, 硕士, 主要从事植物学教学与科研工作

\* 江西省森林培育重点学科提供大力支持。许仕、谢冬明、陈尚钊、李彦连、郭联华、魏绪英等为野外试验热情帮助, 特此致谢!

\*\* 通讯作者: E-mail: yanggy@nc.jx.cn

的经营管理和利用却具有重要的实际意义。

1983年世界光合作用研究小组提出,在中国一定要研究竹子的光合作用,即光能转换效率与净初级生产力之间的关系<sup>[5]</sup>。1984年,在联合国环境署(UNEP)的资助下,国内研究者以毛竹为研究对象,先后开展了温度、湿度、光照强度和水分胁迫对毛竹光合作用气孔限制的研究;不同冠层竹叶光合日进程;竹龄与光合速率的关系;毛竹光合速率季节变化;毛竹实生苗生物量及光合速率的研究等<sup>[5~8]</sup>。此后,黄承才等<sup>[9]</sup>对中亚热带东部毛竹叶片光合进行了研究,陈存及等<sup>[10]</sup>测定了 9 个毛竹种源新竹的光合性状<sup>[10]</sup>。施建敏等<sup>[11]</sup>应用 Li-6400 对毛竹的光合作用动态进行了较为系统的研究。

相比之下,毛竹蒸腾作用的研究则更少,仅见张文勤<sup>[11]</sup>对有毛竹枯梢病的植株与健康植株的一些生理指标的测定中提及。为系统了解毛竹蒸腾作用在不同时间尺度上的动态变化,本文应用 Li-6400 进行了测定。

## 1 试验地概况

供试植物毛竹栽培于江西农业大学,115°49'11"~115°49'23" E,28°46'00"~28°46'30" N,海拔 49.5 m。地处江西省中部偏北,属中亚热带湿润季风气候,年平均气温 17.5℃,极端最高气温 40.6℃,极端最低气温 -9.3℃,全年平均降水量 1754.9 mm,平均无霜期 294 d,日照率 43%。试验地为红壤。

## 2 研究方法

在自然条件下,选择长势中等的当年生毛竹,取位于中部冠层的第 12~14 轮枝上、向南伸展的枝条上部第 2 或第 3 片成熟叶进行测定。蒸腾作用采用 Li-6400 便携式光合测定仪测定。

### 2.1 蒸腾作用日变化

分夏、秋、冬、春 4 季,分别在 2003 年 7 月、10 月和 2004 年 1 月、4 月的中旬,选择天气晴好的日子进行测定。从上午 8 时至下午 18 时,每隔 2 h 测定蒸腾速率,并作 3 次重复。

### 2.2 蒸腾作用年动态变化

从 2003 年 6 月至 2004 年 5 月,每月选择具典型天气条件的 3 d,于一天中光合作用较强的时间(上午 9:00—10:00)进行测定。选待测植株 3 株,每株测 6 片叶子,单个叶片测定重复 5 次,取多次测定的平均值。测定时,叶室条件与自然环境保持一

致,不作任何设定或调节。

## 3 结果与分析

### 3.1 蒸腾作用日变化

结果表明,蒸腾速率的日变化曲线与气孔导度在一天中的走势一致(图 1)。不同季节毛竹蒸腾速率日变化规律不一,夏、秋季为双峰曲线型,冬季和春季为单峰曲线型。

夏季晴天,上午光照强度逐渐增强、气温上升、空气相对湿度减小、气孔导度和叶面水气压亏缺增大,蒸腾速率直线上升,毛竹蒸腾速率第一个高峰在 12:00 出现,峰值为  $4.72 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;随后气孔部分关闭,从而导致蒸腾速率下降,到 14:00,蒸腾速率降至  $2.46 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,下降幅度为 47.88%;此后,因气孔导度回升,蒸腾速率在 16:00 又出现一个高峰( $3.86 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ),相当于第一峰值的 81.78%;最后,蒸腾速率因气孔逐渐关闭而逐渐下降。

相比夏季,秋季毛竹蒸腾作用的强度明显减弱,但蒸腾速率日变化也为双峰曲线,两高峰出现的时间分别比夏季提前 2 h。第一个高峰在上午 10:00 时出现,为  $2.10 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;蒸腾速率在中午 12:00 时为  $1.21 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,下降了 42.38%;第二峰值( $1.45 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )出现时间为 14:00,其回升幅度较小,仅升高  $0.23 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;此后,随着气孔的逐渐关闭而下降。

冬、春季的蒸腾作用全天都较弱,蒸腾速率日变化均为单峰曲线,但峰值出现时间不同,冬季毛竹蒸腾速率在 10:00 达到一天中的最大值,为  $1.12 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;而春季的蒸腾速率峰值( $1.20 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )出现在 14:00。

由上分析可知,不同季节毛竹蒸腾速率的日变化应是由气候因素的变化引起气孔导度的变化而致。

### 3.2 蒸腾作用年动态变化

毛竹蒸腾速率的年动态变化为单峰曲线型,且与其气孔导度、气温的年动态变化趋势相似(图 2)。夏季气温高、气孔导度大,蒸腾作用强烈;此后,随着秋、冬季气温降低,气孔导度减小,蒸腾速率急剧下降;春季气温回升,蒸腾速率又稍有增高。

毛竹蒸腾速率 8 月最高,为  $3.90 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;1 月最低,仅为  $0.29 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。毛竹四季的蒸腾速率平均为:夏季  $3.32 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、

秋季  $1.13 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、冬季  $0.47 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、春季  $0.93 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、年平均为  $1.46$

$\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。其中,夏季最高,分别是秋季的  $2.94$ 倍、冬季的  $7.06$ 倍和春季的  $4.96$ 倍。

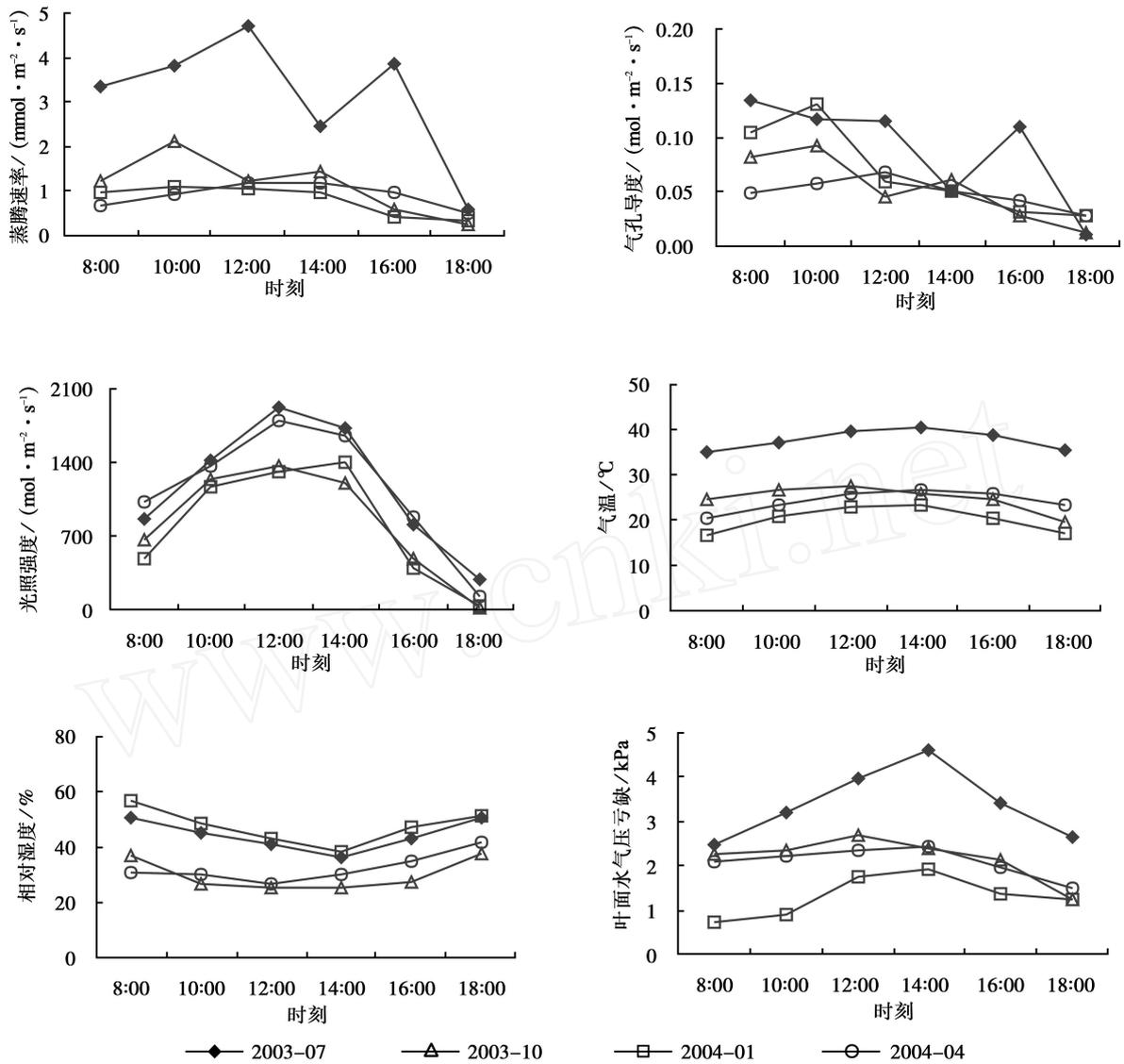


图 1 毛竹蒸腾作用及环境因子日变化

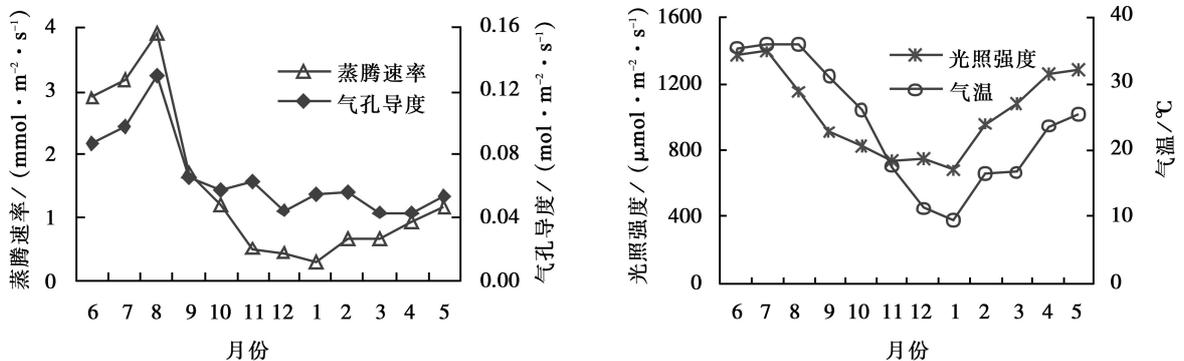


图 2 毛竹蒸腾作用及主要环境因子年动态变化

秋、冬季毛竹蒸腾速率下降的主要原因可能是光照降低、气温下降以及叶片生理活性的减弱。而光照、气温等环境条件较好的春季,蒸腾速率虽略有回升但仍较低,这很可能是竹叶衰老即将凋落(经过2003年夏季高温之后,2004年春试验林地毛竹大面积换叶),生理活性下降之故。

## 4 结论与讨论

### 4.1 毛竹蒸腾速率

竹类植物蒸腾特性的研究很少,目前仅见张文勤<sup>[12]</sup>及王俊刚等<sup>[13]</sup>对毛竹和雷竹(*Phyllostachys praecox* f. *prevemalis* Chenet Yao)蒸腾速率的测定。

张文勤<sup>[12]</sup>在1993年8月分别对当年生新毛竹健康植株和患有枯梢病植株的叶片蒸腾速率作了测定,结果为:健康植株叶片蒸腾速率  $80 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $=0.123 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ),而患病的植物叶片蒸腾作用明显增强,为  $120 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $=0.185 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )。本文的测定结果是新竹8月份的蒸腾速率为  $3.90 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,是张文勤测定结果的31.7倍。导致毛竹蒸腾速率相差如此悬殊的主要原因可能是研究方法的不一,张文勤应用的是常规离体测定,此法误差较大;而本文是用Li-6400进行的活体测定,精度更高。另外,不同测定年份的气候差异以及取样方法的不同均可影响所测蒸腾速率的大小。

王俊刚等<sup>[13]</sup>研究结果认为:1~2年生雷竹的蒸腾速率为  $0.683 \pm 0.025 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,3~5年生雷竹的蒸腾作用较弱( $0.233 \pm 0.013 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ),约为1~2年生雷竹的1/3。本文同时期(3月份)的测定结果表明:当年生毛竹3月份的蒸腾速率为  $0.671 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,与1~2年生雷竹的蒸腾速率相当。

### 4.2 毛竹蒸腾作用动态

毛竹夏、秋季的蒸腾日变化为双峰曲线,冬、春季的蒸腾日变化为单峰曲线;毛竹蒸腾年动态变化为单峰曲线,1月份最低,仅为  $0.29 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;8月份最高,达  $3.90 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。与毛竹光合动态相比<sup>[11]</sup>,不同季节毛竹的蒸腾作用与光合作用日变化一致;年变化虽略有不同,光合年动态变化为三峰曲线,蒸腾作用年动态变化为单峰曲线,但

是两者的季节变化动态是相同的,均为夏季 >秋季 >春季 >冬季。

由此可知,光合作用与蒸腾作用是相互统一的生理活动,光合能力强时蒸腾剧烈,光合能力降低时蒸腾也减弱,两者均受到植物本身的生理活性和气候条件的综合影响。

### 4.3 测定材料的讨论

本文研究的是当年生毛竹中部冠层枝条上部叶片的蒸腾作用在不同时间尺度上的动态变化,而不同年龄、不同冠层位置和方位、不同枝条部位的叶片蒸腾特性仍有待进一步的系统研究。

因为选择的是当年生植株,翌年应当换叶。故2004年春的测定数据应考虑该因素,其它“度”内叶子的蒸腾作用等生理指标有待深入研究。

### 参考文献:

- [1] 江泽慧. 在第四届中国竹子之乡联谊会暨全国竹(藤)业经济发展研讨会开幕式上的讲话[J]. 竹子研究汇刊, 2000, 19(3): 2~3
- [2] 马乃训. 我国的竹类科学研究[J]. 竹子研究汇刊, 1989, 8(1): 76~83
- [3] 夏有根, 徐尔娜, 许翠华, 等. 我国竹子研究概述[J]. 江苏林业科技, 2000, 27(3): 44~48
- [4] 郭起荣, 胡芳名. 竹林施肥研究与50年理论与实践[J]. 经济林研究, 2001, 19(3): 53~55
- [5] 黄启民, 杨迪蝶, 高爱新, 等. 不同条件下毛竹光合作用的研究[J]. 竹类研究, 1989, 8(2): 8~16
- [6] 许大全, 李德耀, 邱国雄, 等. 毛竹(*Phyllostachys pubescens*)叶光合作用的气孔限制研究[J]. 植物生理学报, 1987, 13(2): 154~160
- [7] 黄启民, 杨迪蝶, 高爱新. 毛竹光合作用的研究[J]. 林业科学, 1989, 25(4): 366~369
- [8] 杨迪蝶, 黄启民. 毛竹实生苗生物量及光合速率的研究[J]. 林业科学研究, 1990, 3(5): 461~465
- [9] 黄承才, 葛滢, 常杰. 中亚热带东部毛竹叶片光合及呼吸的研究[J]. 浙江林业科技, 2000, 20(5): 14~16
- [10] 陈存及, 邱尔发, 梁一池, 等. 毛竹不同种源光合特性研究[J]. 林业科学, 2001, 37(6): 15~19
- [11] 施建敏, 杨光耀, 郭起荣. 毛竹光合动态研究[J]. 林业科学研究, 2005, 18(5): 551~555
- [12] 张文勤. 毛竹枯梢病的一些生理生化指标研究[J]. 福建林学院学报, 1998, 18(1): 83~85
- [13] 王俊刚, 宋新青. 不同竹龄雷竹若干光合特性的比较研究[J]. 浙江林业科技, 2002, 22(1): 11~13