

# 厚壁毛竹蒸腾动态研究

施建敏, 杨光耀, 郭起荣

(江西农业大学, 江西省竹子种质资源与利用重点实验室, 南昌 330045)

**摘要:** 采用 Li-6400 便携式光合测定仪测定厚壁毛竹(*Phyllostachys edulis* 'Pachyloen') 蒸腾作用在不同时间尺度上的动态变化, 结果表明: 厚壁毛竹夏季的蒸腾日变化为双峰曲线, 秋、冬、春季的蒸腾日变化为单峰曲线; 厚壁毛竹蒸腾年动态变化为单峰曲线, 1 月份最低, 仅为  $0.33 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 6 月份最高, 达  $3.78 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 年均值为  $1.30 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。与毛竹的蒸腾作用动态相比, 两竹种不但在蒸腾速率上相近, 而且总体趋势也较为一致: 夏季、冬季和春季两竹种的蒸腾日变化类型相同, 唯有秋季的蒸腾日变化类型不一致, 厚壁毛竹的为单峰曲线, 而毛竹的为双峰曲线, 这反映了两竹种蒸腾作用对气候响应的差异; 厚壁毛竹和毛竹的蒸腾作用年动态变化均为单峰曲线。

**关键词:** 厚壁毛竹; 生理生态; 蒸腾作用; 动态变化

中图分类号: Q945.79; S795

文献标识码: A

文章编号: 1000-470X(2008)04-0397-05

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

SHI Jian-Min, YANG Guang-Yao, GUO Qi-Rong

(Jiangxi Provincial Key Laboratory for Bamboo Germplasm Resources and Utilization, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

**Abstract:** Daily and seasonal dynamic change pattern of transpiration of *Phyllostachys edulis* 'Pachyloen' was determined by Li-6400 portable photosynthesis system. The results showed the diurnal variation of transpiration rate (Tr) changed with season, bimodality in summer, and single peak curve in autumn, winter and spring. The annual variation of transpiration was single peak curve, peaks ( $3.78 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) occurred in June, the lowest was only  $0.33 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  in January, and the annual mean of Tr was  $1.30 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Compared with the transpiration dynamic variation of *P. edulis*, not only the value of transpiration rates are similar, but the transpiration dynamic variations are similar except for the diurnal variation of transpiration in autumn, bimodality to *P. edulis* and single curve to *P. edulis* 'Pachyloen', which reflects the difference response characteristics of the two bamboos to climate. The annual transpiration variation of the two bamboos was identical, it is single peak curve; high in summer, plummeting in autumn and winter, and going up in spring.

**Key words:** *Phyllostachys edulis* 'Pachyloen'; Physio-ecology; Transpiration; Dynamic variation

厚壁毛竹(*Phyllostachys edulis* 'Pachyloen') 亦名厚皮毛竹, 与毛竹(*Phyllostachys edulis*) 相似, 但竿略呈四方形, 因竿壁厚而与毛竹不同<sup>[1]</sup>。厚壁毛竹是一个材、笋兼优的毛竹变异类型, 江西特有, 仅零星分布于万载、宜丰、铜鼓三县<sup>[2]</sup>。目前, 野生状态的厚壁毛竹种群数量少, 处于濒危状态, 已被列为江西省重点保护植物<sup>[1]</sup>。

厚壁毛竹竿略呈四方形, 或椭圆形, 竹竿端直, 生物量大, 竹壁特厚, 基部近实心, 胸高处竿壁厚度 2.5 cm, 是毛竹的 1.8 倍, 竿壁率 59.3% [竿壁率 =

(胸高处直径 - 胸径处腔径)/胸高处直径], 是毛竹的 2.0 倍<sup>[3]</sup>, 鲜材沉水, 材质坚硬, 具有抗风雪压等特性。通过对原产地和引种地的厚壁毛竹连续 14 年的观察和引种试验研究, 以及厚壁毛竹的区域化试验, 结果均表明: 原产地和引种地厚壁毛竹的后代群体均一致保持了竹竿壁特厚等品种特异性。

开展厚壁毛竹生理生态特性的研究将有利于解释其厚壁性状的生理生态机理, 同时为厚壁毛竹的经营管理提供科学依据。为此, 我们应用 Li-6400 便携式光合测定仪对厚壁毛竹蒸腾作用在不同时间

收稿日期: 2007-10-29, 修回日期: 2008-03-18。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30460111); 国家林业局“厚壁毛竹区域化试验”项目; 江西省自然科学基金项目(0530029)。

作者简介: 施建敏(1978 - ), 男, 博士生, 主要从事植物学教学与科研工作(E-mail: sinobamboo@126.com)。郭起荣现工作单位为国际竹藤网络中心。

尺度上的动态变化进行了测定。

## 1 试验地概况

供试植物厚壁毛竹(*Phyllostachys edulis* 'Pachyloen')栽培于江西农业大学,地理位置为 $28^{\circ}46'00'' \sim 28^{\circ}46'30''$  N,  $115^{\circ}49'11'' \sim 115^{\circ}49'23''$  E, 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 $17.5^{\circ}\text{C}$ ,极端最高气温 $40.6^{\circ}\text{C}$ ,极端最低气温 $-9.3^{\circ}\text{C}$ ,年均降水量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厚壁毛竹,取其中部冠层的第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 蒸腾作用日变化测定

分夏、秋、冬、春四季,分别于当年7月、10月和第二年1月、4月的中旬,选择晴好天气进行测定。从8:00至18:00,每隔2 h测定一次蒸腾速率,并作3次重复。

### 2.2 蒸腾作用年动态变化测定

从当年6月至第二年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(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

蒸腾作用的强弱除受本身生物特性影响外,主要受环境因子的制约。气孔是蒸腾过程中水蒸气从体内排到体外的主要出口,气孔导度的大小直接影响蒸腾作用的强弱。因此,蒸腾速率的日变化曲线与气孔导度在一天中的走势一致。不同季节厚壁毛竹蒸腾速率日变化规律不一,夏季为双峰曲线型,秋季、冬季和春季均为单峰曲线型。

夏季(当年7月)晴天,上午光照强度(PAR)逐渐增强、气温( $T_{\text{air}}$ )上升、空气相对湿度(RH)减小,使厚壁毛竹气孔导度(Cond)和叶面水气压亏缺( $V_{\text{pdl}}$ )增大,蒸腾速率( $T_r$ )直线上升,在10:00出现全天第一个高峰值,为 $4.59 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;随后

气孔部分关闭,从而导致 $T_r$ 下降,到14:00, $T_r$ 降至 $1.95 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,下降幅度高达57.52%;此后,因Cond回升, $T_r$ 在16:00又出现一个高峰( $2.33 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ),相当于第一峰值的50.76%;最后, $T_r$ 因气孔逐渐关闭而逐渐下降(见图1)。

相比夏季,秋季(当年10月)、冬季(次年1月)和春季(次年4月)厚壁毛竹蒸腾作用的强度明显减弱,蒸腾速率日变化均为单峰曲线,但峰值出现时间不同:秋季厚壁毛竹的蒸腾作用在10:00最强,为 $1.3 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;冬季厚壁毛竹蒸腾速率在12:00达到一天中的最大值,为 $0.75 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;而春季的蒸腾速率峰值( $1.09 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )出现在14:00(见图1)。

由以上分析可知,厚壁毛竹的蒸腾作用会随着季节的变化而产生相应的响应:在高温的夏季,因午间气孔发生关闭现象,蒸腾速率的日变化类型为双峰曲线型;当气温逐渐降低时,厚壁毛竹的蒸腾速率也随之减小,蒸腾速率的日变化曲线均为单峰曲线,且从秋季、冬季到春季峰值的出现时间依次推迟,分别是10:00、12:00和14:00。因此,不同季节厚壁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

厚壁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、环境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;随着秋、冬季气温降低,气孔导度减小,蒸腾作用强度急剧下降;春季气温回升,蒸腾速率又稍有增高。

厚壁毛竹蒸腾速率的峰值( $3.78 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )出现在6月;1月最低,仅为 $0.33 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。厚壁毛竹四季的蒸腾速率平均为:夏季 $3.29 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、秋季 $0.63 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、冬季 $0.43 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、春季 $0.86 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,年平均为 $1.30 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。其中,夏季最高,分别是秋季的5.22倍、冬季的7.65倍和春季的5.88倍。

夏季的光照充足,叶片的生理活性高,所以蒸腾作用强。秋、冬季厚壁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,生理活性下降之故。

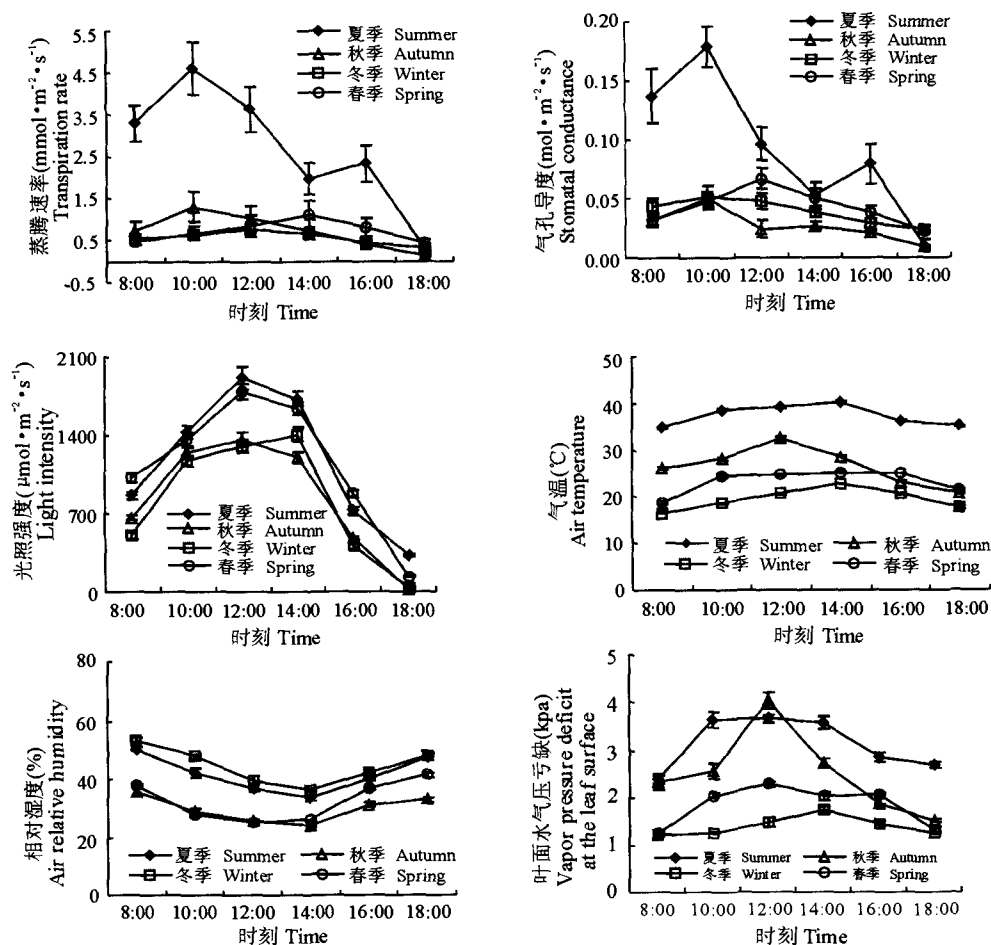


图1 厚壁毛竹蒸腾作用与环境因子日变化的关系

Fig. 1 Diurnal variation of transpiration rate and its physio-ecological factors of *Phyllostachys edulis* 'Pachyloen' in four seasons

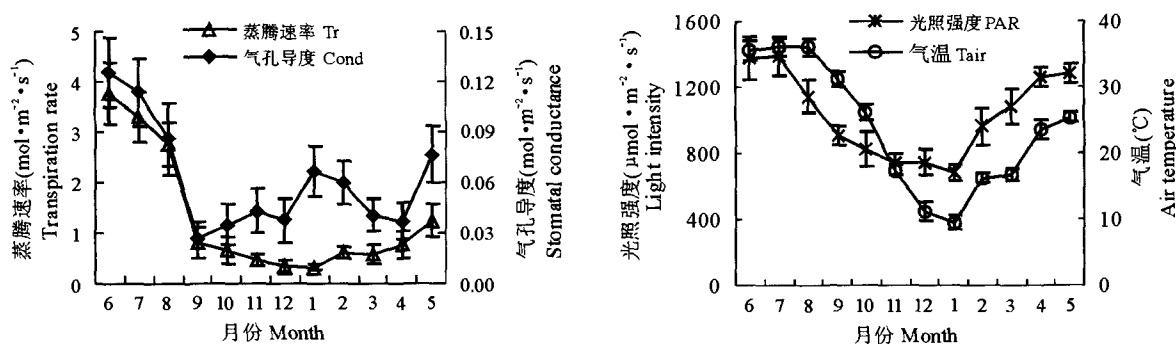


图2 厚壁毛竹蒸腾作用与主要环境因子年动态变化的关系

Fig. 2 The annual variation of transpiration and chief environmental factors in *Phyllostachys edulis* 'Pachyloen'

## 4 讨论

相比竹类植物的光合生理研究<sup>[4-12]</sup>,蒸腾特性方面的报道还较少,目前仅对毛竹<sup>[13,14]</sup>、雷竹(*Phyllostachys praecox* 'Prevernalis')<sup>[15]</sup>及休宁倭竹(*Shibatae hispida*)<sup>[16]</sup>等少数几个竹种开展了蒸腾生理研究。

### 4.1 蒸腾作用的动态变化

厚壁毛竹与同时期测定的毛竹蒸腾作用日变化相比<sup>[14]</sup>,两竹种的总体趋势基本一致:夏季为双峰曲线型,冬、春季均为单峰曲线型;秋季的蒸腾作用日变化则不同,毛竹蒸腾作用日变化为双峰曲线型,而厚壁毛竹为单峰曲线型。休宁倭竹7月份的蒸腾日变化曲线类型为双峰曲线型,在午前和午后

各有一个高峰出现<sup>[16]</sup>,本实验测定的厚壁毛竹7月份的蒸腾日变化曲线类型和毛竹的一致。

在蒸腾作用的年动态变化上,厚壁毛竹与毛竹<sup>[14]</sup>蒸腾速率的年动态变化都为单峰曲线,蒸腾速率夏季最高,秋、冬季急剧下降,春季略有回升。厚壁毛竹蒸腾作用的高峰为6月份,比毛竹(峰值出现在8月份)要早2个月,蒸腾作用最弱时期均在1月份,此时气温为全年最低。

蒸腾作用的日变化及年动态变化是植物生理活性和环境因素的综合体现。厚壁毛竹与毛竹在蒸腾作用动态方面相似,其作为毛竹的一个栽培变型,表明了两者在生理生态特性上相近,而两竹种在秋季的日变化曲线类型和年动态高峰值出现月份的不同则在一定程度上反映了它们蒸腾作用对不同气候响应行为上的差异。

## 4.2 蒸腾速率

通过对比厚壁毛竹与毛竹<sup>[14]</sup>全年各时间段的蒸腾速率(表1)可知:厚壁毛竹的蒸腾速率除了1月、5月、6月和7月比毛竹高,其他月份均低于毛竹;从季节来看,厚壁毛竹的蒸腾速率均比毛竹低;厚壁毛竹全年的蒸腾速率平均值也较毛竹略小。经方差分析,两竹种全年的蒸腾速率差异不显著( $p > 0.05$ ),而不同月份间的差异极显

著( $p < 0.01$ );其中7月、1月和5月差异不显著;11月差异显著( $p < 0.05$ );其余月份的差异均达到了极显著水平,这可能与厚壁毛竹自身的蒸腾特性有关。

张文勤的研究表明<sup>[12]</sup>,健康毛竹植株叶片蒸腾速率为 $80 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ( $=0.123 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ),而患病的植株叶片蒸腾作用明显增强,为 $120 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ( $=0.185 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ );而同样是对新生毛竹同时期(8月份)的蒸腾速率测定,另有研究结果<sup>[14]</sup>则为 $3.90 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,两者相差悬殊;本实验厚壁毛竹蒸腾速率的同期测定为 $2.78 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

在其它竹种蒸腾速率的测定上,1~2年生雷竹3月份的蒸腾速率为 $0.683 \pm 0.025 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ <sup>[15]</sup>,休宁倭竹新竹7月份(10:00)的蒸腾速率为 $2.286 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ <sup>[16]</sup>,本实验厚壁毛竹3月和7月的蒸腾速率分别为 $0.56 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $3.30 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。从以上数据看出,不同竹种以及相同竹种不同研究者的测定在蒸腾速率数值上均有差别,其原因除了不同竹种的蒸腾特性不同之外,不同测定方法、测定年份的气候差异和取样方法的不同都是不可忽视的影响因素。

同时,有研究结果认为<sup>[15]</sup>,3~5年生雷竹的蒸腾作用较弱,约为1~2年生雷竹的三分之一。厚壁毛竹的蒸腾作用是否也存在同样的年龄差异还有待于进一步研究。

水分是植物生命活动的主要限制因子,而蒸腾作用是一个直接表征植物水分生命活动的重要生理过程<sup>[17]</sup>。树木的蒸腾现象较为复杂,不仅与其生物学特性密切相关,而且受土壤水分、光照、温度和湿度等外部因子的影响<sup>[18,19]</sup>。目前树木蒸腾耗水的研究还多集中在苗木和单株树木的研究上<sup>[19]</sup>,对植物群体的蒸腾和影响因子研究还比较少。诚然,植被蒸散是一个复杂的物理过程和生物过程,但是它可通过水把土壤-植物-大气系统联系起来,使我们能清晰、准确地把握植物蒸散规律及其与外部因子的关系,更好地指导森林的营造与管理。因此,植物蒸散是未来研究蒸散的主要途径和方向。

## 参考文献:

- [1] 杨光耀,黎祖尧,杜天真,胡宜柏,冷德家,邹文生. 毛竹新栽培变种——厚皮毛竹[J]. 江西农业大学学报,1997,19(4): 97-98.
- [2] 郭起荣. 厚壁毛竹种质性状及其繁育研究[D]. 长沙:中南林学院,2003.

表1 厚壁毛竹与毛竹蒸腾速率对比

Table 1 The comparison of transpiration rate between *Phyllostachys edulis* 'Pachyloen' and *Phyllostachys edulis*

| 时间<br>Time        | 蒸腾速率 Transpiration rate( $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) |                        |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
|                   | 厚壁毛竹<br><i>P. edulis</i> 'Pachyloen'                                             | 毛竹<br><i>P. edulis</i> |
| 6月 June           | $3.78 \pm 0.62$                                                                  | $2.90 \pm 0.52$        |
| 7月 July           | $3.30 \pm 0.51$                                                                  | $3.16 \pm 0.68$        |
| 8月 August         | $2.78 \pm 0.42$                                                                  | $3.90 \pm 0.76$        |
| 9月 September      | $0.81 \pm 0.33$                                                                  | $1.70 \pm 0.42$        |
| 10月 October       | $0.65 \pm 0.27$                                                                  | $1.19 \pm 0.33$        |
| 11月 November      | $0.45 \pm 0.12$                                                                  | $0.49 \pm 0.17$        |
| 12月 December      | $0.34 \pm 0.14$                                                                  | $0.44 \pm 0.11$        |
| 1月 January        | $0.33 \pm 0.06$                                                                  | $0.29 \pm 0.09$        |
| 2月 February       | $0.61 \pm 0.11$                                                                  | $0.68 \pm 0.17$        |
| 3月 March          | $0.56 \pm 0.19$                                                                  | $0.67 \pm 0.13$        |
| 4月 April          | $0.78 \pm 0.28$                                                                  | $0.93 \pm 0.19$        |
| 5月 May            | $1.24 \pm 0.33$                                                                  | $1.18 \pm 0.30$        |
| 夏季 Summer         | $3.29 \pm 0.50$                                                                  | $3.32 \pm 0.52$        |
| 秋季 Autumn         | $0.63 \pm 0.18$                                                                  | $1.13 \pm 0.61$        |
| 冬季 Winter         | $0.43 \pm 0.16$                                                                  | $0.47 \pm 0.19$        |
| 春季 Spring         | $0.86 \pm 0.34$                                                                  | $0.93 \pm 0.25$        |
| 全年平均 Year average | $1.30 \pm 1.24$                                                                  | $1.46 \pm 1.21$        |

注:表中数据为平均值±标准差。

Note: The value in the table is Mean  $\pm$  S. D.

- [3] 郭起荣,杨光耀,杜天真,施建敏.厚皮毛竹厚壁性状的表型遗传分析[J].江西农业大学学报,2003,25(6):811-814.
- [4] 许大全,李德耀,邱国雄,沈允刚,黄启民,杨迪蝶,Beagle C L.毛竹叶光合作用的气孔限制研究[J].植物生理学报,1987,13(2):154-160.
- [5] 黄启民,杨迪蝶,高爱新,沈允刚,邱国雄.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] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 陈存及,邱尔发,梁一池,陈东海,范辉华.毛竹不同种源光合特性研究[J].林业科学,2001,37(6):15-19.
- [10] 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.
- [11] 施建敏,郭起荣,杨光耀.CO<sub>2</sub>浓度倍增下毛竹光合作用对光照强度的季节响应[J].江西农业大学学报(自然科学版),2007,29(2):215-219.
- [12] 施建敏,郭起荣,杨光耀,等.毛竹光合作用对环境因子的季节响应[J].广西植物,2007,27(6):923-928.
- [13] 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.
- [14] 施建敏,郭起荣,杨光耀.毛竹蒸腾动态研究[J].林业科学研究,2007,20(1):101-104.
- [15] 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.
- [16] 黄成林,赵昌恒,傅松玲,刘西军,姚玉敏,刘地.安徽休宁倭竹光合生理特性的研究[J].安徽农业大学学报,2005,32(2):187-191.
- [17] 牛丽丽,张学培,曹奇光.植物蒸腾耗水研究[J].水土保持研究,2007,14(2):158-160.
- [18] 李洪建,柴宝峰,王孟本.北京杨水分生理生态特性研究[J].生态学报,2000,20(3):417-422.
- [19] 孔俊杰,贾黎明,李广德.影响树木蒸腾耗水的外部因子研究进展[J].世界林业研究,2007,20(1):16-21.

## 读《长江蔬菜》,获一本万利

### 种植者致富宝典、经营者生财指南、管理者决策参谋

一本精品期刊:惟一荣获第三届国家期刊奖的蔬菜专业期刊。

一本实用期刊:报道全国蔬菜生产前沿技术、名优新品种和致富信息。

一本终端期刊:主要读者为蔬菜种植户、技术员和种子经销商。

一本价廉期刊:黑白版64页,彩版30页左右,信息量大,每册定价仅4.80元,全年57.60元。

一本超值期刊:一个新品种、一项新技术、一条致富信息,带来丰厚经济回报。

欢迎订阅2009年《长江蔬菜》,全国各地邮局均可订阅,邮发代号:38-129,也可直接汇款到本刊发行部邮购。

地址:湖北省武汉市万松园路15号 邮编:430022

电话/传真:027-85776183 联系人:杨文莉

E-mail: cjsczszs@263.net

http://www.cj-veg.com