

光叶子花光合特性研究

王景燕, 龚伟, 胡庭兴*, 官渊波, 熊庆娥

(四川农业大学生态林业工程省级重点实验室, 四川 雅安 625014)

摘要: 利用 LI-6400 便携式光合作用测定系统研究了光叶子花叶片气孔导度 (G_s)、净光合速率 (P_n)、蒸腾速率 (T_r) 和水分利用效率 (WUE) 对光照强度 (PFD) 增强和 CO_2 浓度升高的响应及其日变化, 结果表明, 在不同光照强度下, 光叶子花叶片 G_s 、 P_n 和 WUE 随 PFD 的增强而增大, 当达到最大值后又随 PFD 的增强而逐渐减小, 且分别在 PFD 为 2 000、1 500、300 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 时达到各自的最大值, 而 T_r 随 PFD 的增强一直呈增大趋势; 在不同 CO_2 浓度下, 光叶子花叶片 G_s 和 T_r 均随 CO_2 浓度升高而逐渐降低, 相反 P_n 和 WUE 却随 CO_2 浓度的升高而呈明显的增加趋势; 光叶子花叶片 G_s 、 P_n 和 T_r 的日变化均随时间的增加而增大, 并在 13:00 时达到最大值, 之后又随时间的增加而逐渐减小, 且 G_s 、 P_n 和 T_r 的日变化均呈单峰型, 而 WUE 随时间的增加未表现出明显的日变化规律。

关键词: 光叶子花; 光合特性; 组培苗

中图分类号: S685

文献标识码: A

光叶子花 (*Bougainvillea glabra*) 属紫茉莉科叶子花属, 原产巴西, 枝叶无毛或稍有毛, 花苞片暗红色或紫色, 花期长, 在 6-12 月, 近年来其苗木供不应求, 同属植物还有叶子花^[1]。光叶子花和叶子花在我国引种栽培后, 目前国内有关光叶子花和叶子花组织培养^[2-4]、生理生化^[5,6]、栽培管理^[7,8]等方面的研究已有较多的报道, 而有关其光合特性方面的研究尚未见报道, 这很难满足当前光叶子花和叶子花苗木培育和栽培管理的需要。由于人类活动的加强和矿质燃料消费的增加加剧了 CO_2 的排放, 使得大气中 CO_2 浓度正以 $1.5 \sim 2.0 \mu mol \cdot mol^{-1} \cdot a^{-1}$ 的速度增加^[9,10], 而 CO_2 是影响植物生长、发育和功能的关键因子之一, 它是光合作用的底物, 也是初级代谢过程、光合同化物分配和生长的调节者^[11], CO_2 浓度的增加可能会对光叶子花的光合特性产生一定的影响。长期扦插繁殖可能会使苗木老化、生长势减弱, 而通过组织培养途径可能会使再生植株复壮、生长势加强。因此, 本文以组培途径获得的光叶子花组培苗及其取材的母株为研究对象, 通过测定光叶子花植株叶片 G_s 、 P_n 、 T_r 和 WUE 对 PFD 和 CO_2 浓度升高的响应及其光合日变化, 试图揭示光叶子花的光合特性, 为今后光叶子花苗木的定向培育和栽培管理提供科学资料。

1 材料与方法

试验于 2004 年 9 月中旬在四川农业大学林木遗传育种实验场内进行, 试验材料为炼苗 60 d 左右的光叶子花组培苗及其取材母株, 组培苗是通过茎段愈伤组织途径诱导形成的再生植株^[2], 植株平均高为 56.1 cm, 地径平均为 5.9 mm, 植株平均叶片数为 19 片; 取材母株为盆栽 3 年生扦插苗, 其枝叶无毛, 花苞片暗红色。组培苗移栽后与取材母株的栽植和管理措施相一致, 均为露天盆栽。

选取生长正常的组培苗和取材母株各 3 株, 每个植株从顶部叶片发育良好、完全展开的叶片开始计数, 对

收稿日期: 2006-12-12

基金项目: 四川省教育厅项目和四川省重点学科建设项目资助 (SZD2004)

作者简介: 王景燕 (1980-), 女, 四川眉山人, 在读博士, 从事园林植物与观赏园艺及生态旅游研究; *通讯作者。

第 5、6、7 片叶进行测定, 利用美国拉哥公司 (LI-COR) 生产的 LI-6400 便携式光合作用测定系统, 测定组培苗和取材母株叶片 G_s 、 P_n 和 Tr 对 PFD 增强和 CO_2 浓度升高的响应及其光合日变化情况。选择一多云天气对光响应和 CO_2 响应进行测定, 光合日变化选择一晴天进行测定。测定过程中由仪器自动记录环境气温、空气相对湿度和 PFD 。光响应测定过程中 PFD 梯度设置为: 0、50、150、300、500、800、1 000、1 500、2 000、2 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 改变光照强度以后, 最少稳定时间设置为 60 s, 当测量结果变异率小于 0.5 时, 由光合作用测定系统自动记录数据, 环境条件变化为: 气温 $26.93 \pm 1.78^\circ\text{C}$, 空气相对湿度 $65.36\% \pm 3.29\%$, CO_2 浓度 $365 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ (系统提供)。 CO_2 响应测定过程中, 利用测定系统提供的稳定可调 CO_2 气源将 CO_2 浓度设置为 400、800、1 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 共 3 个水平, 分别设定在光照强度 300、500、1 000、1 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 下测定, 环境条件变化为: 气温 $27.47 \pm 1.26^\circ\text{C}$, 空气相对湿度 $58.12\% \pm 4.13\%$ 。日变化测定过程中, 测定时间 9:00–17:00 每隔 1 h 测定 1 次, 环境条件变化为: 气温、空气相对湿度和 PFD 变化见图 3, CO_2 浓度 $365 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ (系统提供)。 $WUE = P_n/Tr$ 。

在光合作用测定完成后将所测定植株的被测叶片取下测定单位重量和单位面积的叶绿素含量^[12]。光叶子花组培苗和取材母株的单位重量叶绿素 a 分别为 0.443、0.426 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 叶绿素 b 分别为 0.518、0.515 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 叶绿素总含量分别为 0.961、0.941 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$; 单位面积叶绿素 a 分别为 88.743、88.428 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$, 叶绿素 b 分别为 103.880、106.653 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$, 叶绿素总含量分别为 192.623、195.081 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

2 结果与分析

2.1 光叶子花叶片 G_s 、 P_n 、 Tr 和 WUE 对 PFD 增强的响应

光叶子花叶片 G_s 、 P_n 、 Tr 和 WUE 随 PFD 增强的变化规律如图 1。

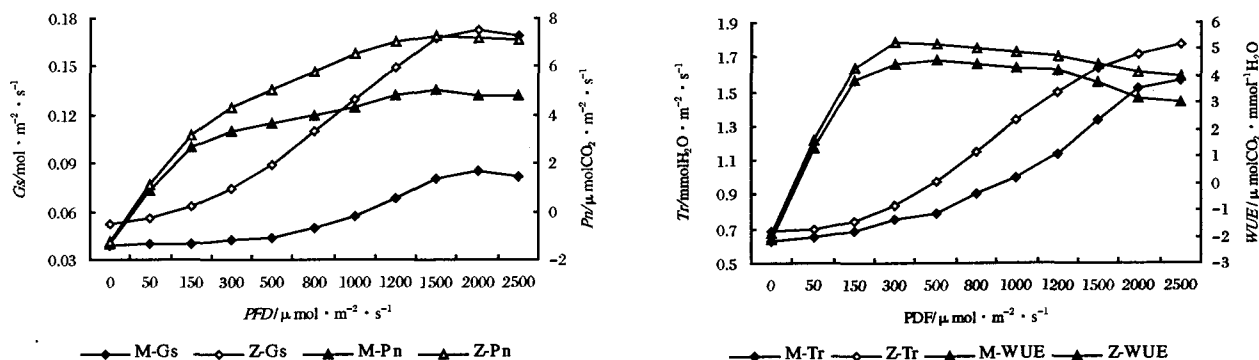


图 1 光叶子花叶片 G_s 、 P_n 、 Tr 和 WUE 对 PFD 增强的响应

注: Z、M 分别为组培苗和取材母株 (下同)

从图 1 中可以看出, 光叶子花组培苗和取材母株叶片 G_s 、 P_n 、 Tr 和 WUE 随 PFD 增强的变化规律相同, G_s 随 PFD 的增强而逐渐增大, 在 PFD 为 2 000 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时 G_s 达到最大值, 之后随 PFD 的增强而呈下降趋势; P_n 随 PFD 的增强而逐渐增大, 在 PFD 为 1 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时 P_n 达到最大值, 之后随 PFD 的增强而逐渐减小; Tr 随 PFD 的增强一直呈增加趋势; WUE 在 PFD 为 0~300 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时, 随 PFD 增强而迅速增大并在 PFD 为 300 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时达到最大值, 之后随着 PFD 的增强而呈缓慢的减小。整个测定过程中在各光照强度下, 光叶子花叶片 G_s 、 P_n 、 Tr 和 WUE 均为组培苗高于其取材母株。由于光照强度的增强导致的叶片温度升高, 进而引起叶片蒸腾作用增强, 叶片蒸腾失水过多, 当在水分供应不充足时植物体多采用关闭气孔而减少水分散失, 气孔的关闭造成胞间 CO_2 浓度降低, 光合作用所需原料 CO_2 的供应受到限制, 迫使光合速率下降^[13], 这可能是光叶子花叶片 G_s 和 P_n 随 PFD 的增强呈先增大而后减小的原因。

2.2 光叶子花叶片 G_s 、 P_n 、 Tr 和 WUE 对 CO_2 浓度升高的响应

光叶子花叶片 G_s 、 P_n 、 Tr 和 WUE 在各 PFD 下随 CO_2 浓度升高的变化规律如图 2。

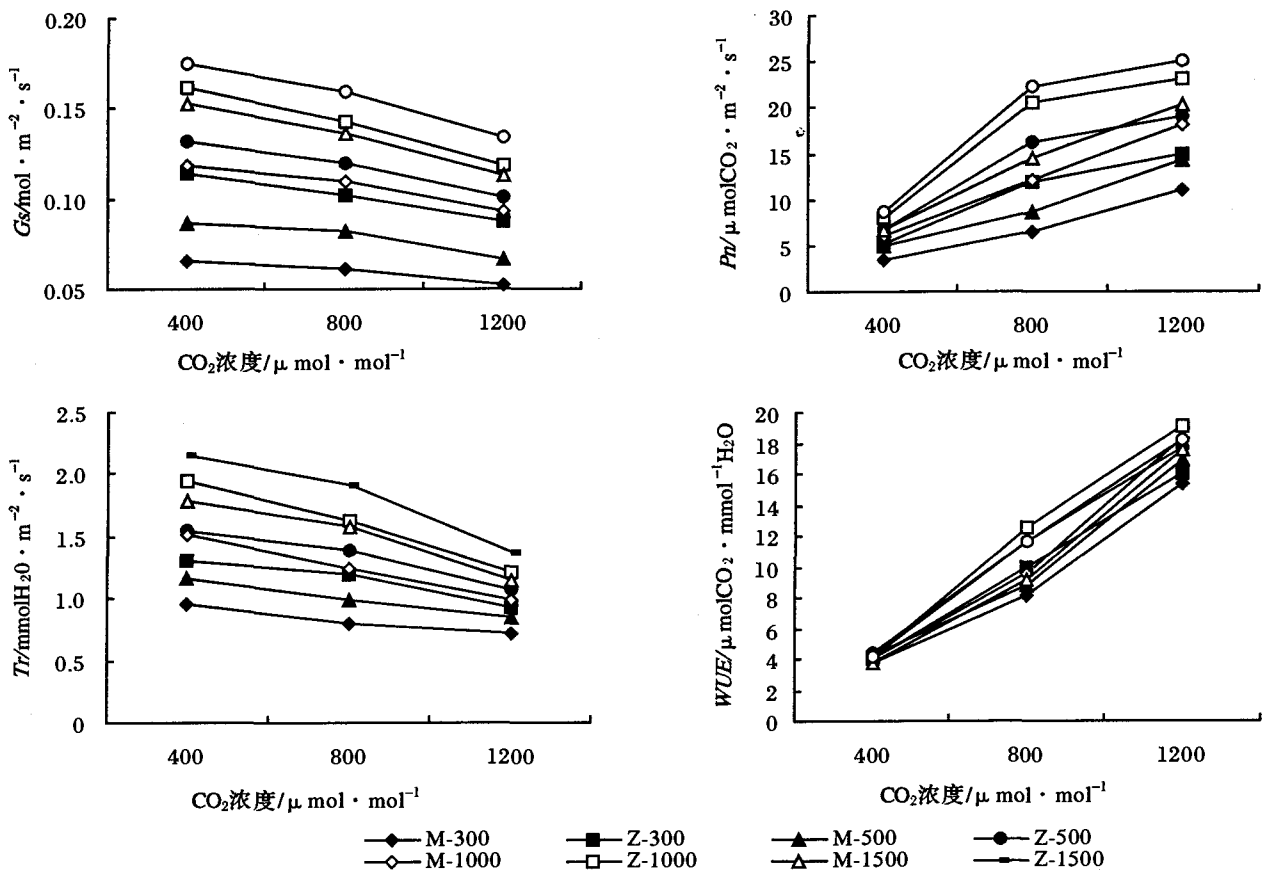


图 2 光叶子花叶片 G_s 、 P_n 、 Tr 和 WUE 对 CO_2 浓度升高的响应

注: 图标注释中的 300、500、1000 和 1500 为光照强度 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)。

从图 2 中可以看出, 光叶子花组培苗和取材母株叶片 G_s 、 P_n 、 Tr 和 WUE 在不同 PFD 下随 CO_2 浓度升高的变化规律相同, G_s 随 CO_2 浓度 ($400 \sim 1200 \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$) 的升高而呈明显的降低趋势; P_n 随 CO_2 浓度的升高而增大; Tr 随 CO_2 浓度的升高而减小; WUE 随 CO_2 浓度的升高而增大。光叶子花组培苗和取材母株叶片 G_s 、 P_n 、 Tr 和 WUE 在不同 CO_2 浓度下随 PFD 增强的变化规律相同, G_s 随 PFD ($300 \sim 1500 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) 的增强而呈明显的增加; P_n 随 PFD 的增强而增大; Tr 随 PFD 的增强而增大; WUE 随 PFD 的增强而增大, 当达到最大值后又随 PFD 的增强而降低, 在 CO_2 浓度为 $400 \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 时, WUE 最大值出现在 PFD 为 $500 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时, 而在 CO_2 浓度为 800 和 $1200 \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 时, WUE 最大值均出现在 PFD 为 $1000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时 (图 2)。整个测定过程中在相同 CO_2 浓度和 PFD 条件下, 光叶子花叶片 G_s 、 P_n 、 Tr 和 WUE 均为组培苗高于其取材母株。气孔是植物进行 CO_2 和水汽交换的主要通道, 而 G_s 则是反映对两者交换能力的一个极其重要的生理指标, 所以 CO_2 浓度增加对 G_s 的影响就显得非常重要。 CO_2 浓度升高引起 G_s 减小的原因, 有学者认为可能是气孔密度减少所引起^[14], 也有学者认为主要原因不是气孔密度减少而是植物叶内部 CO_2 增加直接引起气孔的部分关闭^[15]。本文是在短期高 CO_2 浓度作用下测得的结果, 所以光叶子花叶片气孔的部分关闭是 G_s 降低的主要原因, 因为随着外界环境 CO_2 浓度升高, 植物叶片越来越容易获得 CO_2 , 而光合作用消耗 CO_2 量增加不多, 导致胞间 CO_2 浓度增大, 为保持胞间 CO_2 分压始终低于大气 CO_2 分压, 植物通过调节气孔开闭程度来降低胞间 CO_2 浓度^[16], 也就是说随着环境 CO_2 浓度的升高, G_s 会逐渐降低。因此, 随着环境 CO_2 浓度升高光叶子花叶片 G_s 逐渐降低。

2.3 光叶子花叶片 G_s 、 P_n 、 Tr 和 WUE 的日变化

光叶子花叶片 G_s 、 P_n 、 Tr 和 WUE 的日变化规律和环境因子变化如图 3。

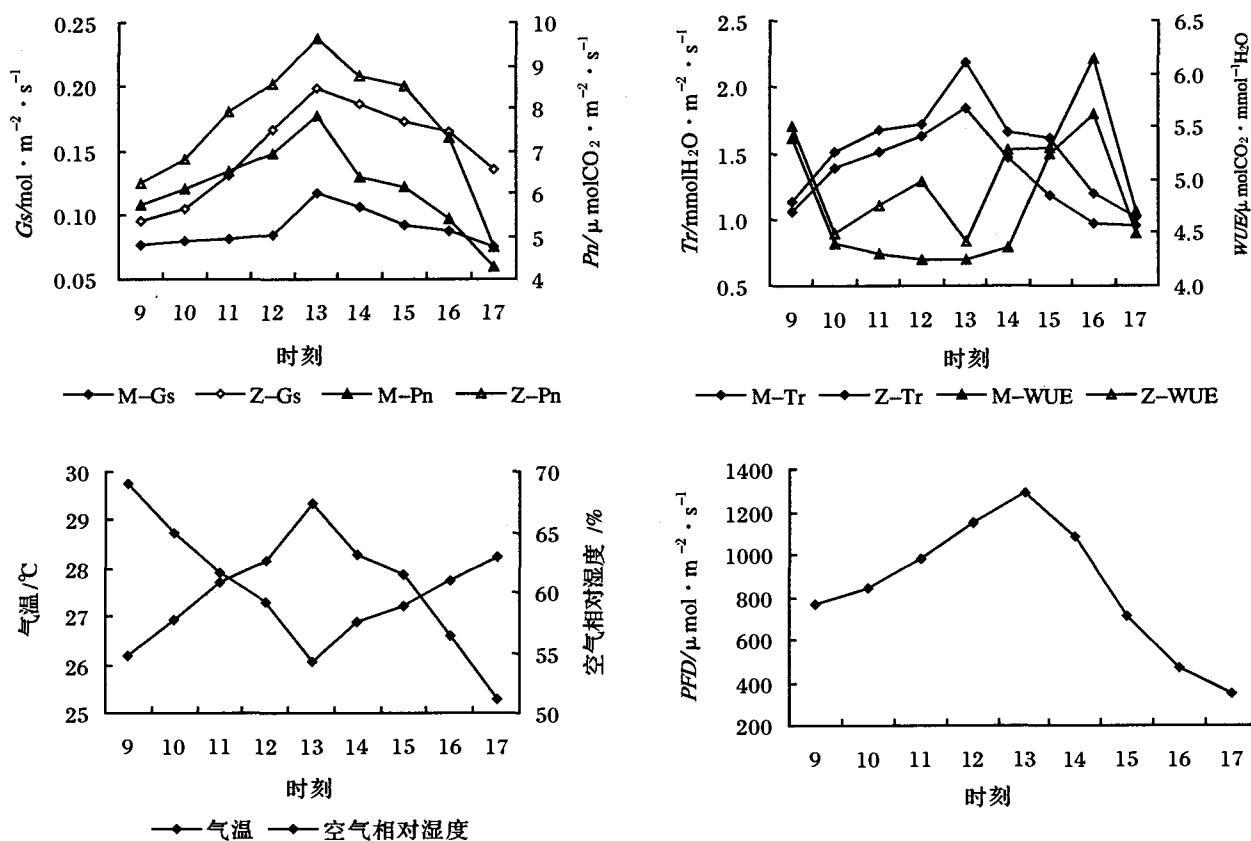


图3 光叶子花叶片 G_s 、 P_n 、 Tr 和 WUE 及环境因子的日变化

从图3中可以看出,光叶子花组培苗和取材母株叶片 G_s 、 P_n 、 Tr 和 WUE 的日变化规律总体上相同, G_s 、 P_n 和 Tr 均从 9:00 开始随时间的增加而增大,并在 13:00 时达到最大值,之后又随时间的增加而逐渐减小,从整个测定时段来看 G_s 、 P_n 和 Tr 日变化曲线均呈单峰型变化; WUE 的日变化比较复杂,波动性较大无明显变化规律。整个测定过程中在测定各时间,光叶子花叶片 G_s 、 P_n 、 Tr 和 WUE 均为组培苗高于其取材母株。

3 结论与讨论

光叶子花叶片气孔导度 (G_s)、净光合速率 (P_n)、蒸腾速率 (Tr) 和水分利用效率 (WUE) 对光照强度 ($PPFD$) 增强和 CO_2 浓度升高的响应及其光合日变化规律相同,且在整个测定过程中相同测定条件下 G_s 、 P_n 、 Tr 和 WUE 均为组培苗高于取材母株。造成这一现象的原因可能与两种植株被测叶片叶绿素含量有关,因为叶绿素含量是反映叶片生理活性变化的重要指标之一,与叶片光合机能大小具有密切关系^[17],组培苗叶片单位质量和面积的叶绿素 a 和总叶绿素含量均略高于取材母株,而叶绿素 b 含量却均略低于取材母株,但两者的叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素含量并没有明显的差异;也可能与组培苗和取材母株的生长势有关,因为取材母株是由扦插繁殖方式获得的盆栽苗,由于长期的扦插繁殖可能使苗木老化生长势减弱,进而减弱其光合能力,而通过组培方式获得的苗木可能使再生植株复壮生长势加强,进而增强其光合能力,由于组培苗和取材母株两者年龄和盆栽年限存在较大的差异,因此造成两者光合特性差异的真正原因及组培途径是否真的能提高光叶子花苗木的光合能力还有待进一步深入的研究。尽管如此,光叶子花组培苗也初步表现出了一定的生长优势,因为光合速率的大小对于植物碳水化合物的合成和光合产物的积累具有重要作用,从而影响植物的生长和发育^[18]。同时,在光合特性测定过程中也反应出一个问题,光叶子花组培苗的蒸腾速率在相同测定情况下均高于取材母

株,这一现象预示在叶面积相同情况下组培苗对水分的消耗比取材母株大,因此在光叶子花组培苗今后的栽培管理中应加强水分管理。

水分利用效率是指植物蒸腾消耗单位重量的水分所同化的 CO_2 的量,常用净光合速率与蒸腾速率的比值表示。有研究表明短期 CO_2 浓度的升高在一定程度上能够促进植物的光合作用、减少水分蒸腾和提高水分利用效率^[16],但也有研究表明植物对长期高 CO_2 浓度适应之后,光合作用将恢复到原水平甚至下降^[19]。本试验在短期高 CO_2 浓度作用下测定的结果表明,光叶子花叶片 P_n 在各 PFD 下随 CO_2 浓度升高均呈现出大幅度的增加,相反 T_r 随 CO_2 浓度升高而降低,从而使得 WUE 随 CO_2 浓度升高而增加。同时,也有研究表明 CO_2 浓度的升高可以提高光饱和点和延缓光抑制的发生,并且使植物体内 RuBP 羧化酶的羧化活性增强使光合作用增强^[20,21],这无疑会使植物在强光条件下的光合能力提高,从而增加其同化量。因此,在光叶子花以后的苗木培育和栽培管理中可考虑在温室大棚中施用适量的 CO_2 气肥用以提高光叶子花叶片的光合效率促进其生长。

参考文献:

- [1] 陈有民. 园林树木学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1990. 615-616.
- [2] 龚伟, 胡庭兴, 官渊波, 等. 光叶子花茎段愈伤组织的诱导及其植株再生的研究[J]. 园艺学报, 2005, 32(6): 1125-1128.
- [3] 李师翁, 范小峰, 田兴旺, 等. 叶子花的组织培养与微繁殖技术研究[J]. 西北植物学报, 2003, 23(6): 992-996.
- [4] 周先容. 叶子花的组织培养及快速繁殖研究[J]. 重庆师范学院学报(自然科学版), 2003, 20(3): 48-49.
- [5] 刘建新, 赵国林. 叶子花衰老过程中抗氧化酶、乙烯生成速率和多胺含量的变化[J]. 园艺学报, 2005, 32(4): 722-724.
- [6] 杨晓盆, 王跃进. 植物生长调节剂对叶子花扦插生根效应的研究[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 1999, 19(3): 238-240.
- [7] 邵志芳, 杨义标, 邱少松. 叶子花花期调控技术研究进展[J]. 中国农学通报, 2006, 22(5): 326-329.
- [8] 赵彦杰. 叶子花的栽培与花期调控技术[J]. 林业实用技术, 2005(5): 38-39.
- [9] Genthon C, Barnola J M, Raynaud D, et al. Vostok ice core: Climatic response to CO_2 and orbital forcing changes over the last climatic cycle[J]. Nature, 1987(329): 414-418.
- [10] King A W, Emanuel W R, Post W M. Projecting future concentrations of atmospheric CO_2 with global carbon cycle models: the importance of simulating historical changes[J]. Environ Man, 1992(16): 91-108.
- [11] 杨金艳, 杨万勤, 王开运. CO_2 和温度增加的相互作用对植物生长的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2002, 8(3): 319-324.
- [12] 熊庆娥. 植物生理学实验教程[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2003. 55-56.
- [13] 李文瑞, 冯金朝, 江天然, 等. 沙冬青几种光合特性的季节性变化的研究[J]. 植物学报, 1999, 41(2): 190-193.
- [14] Berryman C A. Stomatal responses to a range of variables in two tropical tree species grown with CO_2 enrichment[J]. J. Exp. Bot., 1994(45): 539-546.
- [15] Morison J I L, Gifford R M. Stomatal sensitivity to carbon dioxide and humidity[J]. Plant Physiol, 1983(71): 789-796.
- [16] Morse S R, Bazzaz F A. Elevated CO_2 and temperature alter recruitment and size hierarchies in C_3 and C_4 annuals[J]. Ecology, 1994(75): 966-975.
- [17] 郑丕尧, 蒋钟怀, 王经武. 夏播“京早七号”玉米叶片叶绿素含量消长规律的研究[J]. 华北农学报, 1988, 3(1): 21-27.
- [18] 龚伟, 官渊波, 胡庭兴, 等. 湿地松幼树冠层光合作用日变化及其影响因素[J]. 浙江林学院学报, 2006, 23(1): 29-34.
- [19] Gunderson C A, Norby R J, Wullschlegel S D. Foliar gas exchange responses of two deciduous hard woods during three years of growth in elevated CO_2 : no loss of photosynthetic enhancement[J]. Plant, Cell and Environment, 1993(16): 797-807.
- [20] 龚伟, 官渊波, 胡庭兴, 等. CO_2 浓度升高对湿地松针叶蒸腾特性和水分利用效率的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(5): 178-182.
- [21] 张小全, 徐德应, 赵茂盛, 等. CO_2 增长对杉木中龄林针叶光合生理生态的影响[J]. 生态学报, 2000, 20(3): 390-396.

参考文献:

- [1] J G Mexala, R A Cuevas Rangel, P Negreros-Castillo. Nursery production practices affect survival and growth of tropical hardwoods in Quintana Roo, Mexico[J]. Forest Ecology and Management, 2002, 168: 125-133.
- [2] 郑建福. 容器育苗技术在林业生产中的推广应用[J]. 现代农业科技, 2006, 8: 173-174.
- [3] 余琳, 余新娟, 余忠敏, 等. 阔叶树种容器育苗配套技术试验. 浙江林业科技, 2005, 25(4): 35-38.
- [4] 孙伟琴, 袁位高, 江波, 等. 阔叶树容器苗应用技术研究. 浙江林业科技, 2005, 25(2): 18-22.
- [5] 马常耕. 世界容器苗研究、生产现状和我国发展对策[J]. 世界林业研究. 1994, (5): 33-39.
- [6] 郭玉硕. 乳源木莲人工栽培技术研究[J]. 林业勘察设计, 2006, 1: 181-182.
- [7] 李昌富, 李国兴, 叶建军, 等. 乳源木莲生长特性与育苗试验研究[J]. 安徽林业, 2004, 6: 151.
- [8] 周东雄. 杉木乳源木莲混交林分特征与固土保水功能[J]. 福建林学院学报, 2004, 24(1): 68-71.
- [9] 张连翔, 惠兴学, 金秀梅, 等. 俄罗斯沙棘良种实生苗年高生长节律的研究[J]. 沙棘, 2003, 16(2): 10-12.

Study on Technique for Tube Container Seedling Cultivation of *Manglietia yuyuanensis*

LI Yong-sheng¹, ZHU Jin-ru², JIANG Bo², YUAN Wei-gao²,
SHEN Ai-hua², SHI Ling-dong³, CHU Xiao-yan⁴

(1. Zhejiang Forest Seed and Seedling Administration, Hangzhou 310020, China; 2. Zhejiang Forestry Academy, Hangzhou 310023, China; 3. Chicheng Forestry Station of Tiantai, Tiantai 317200, China; 4. Qiantang Forestry Station of Jiande, Jiande 311600, China)

Abstract: Study on container seedling cultivation of *Manglietia yuyuanensis* with different substrates, container size, nutrient solution, and height growth rhythm demonstrated that the best substrate for container seedling was peat, peat with poultry dung, vermiculite, perlite. The container size had close relation with cultivation time and seedling age. Treatment by nutrient solution II and IV could promote seedling growth and root system. The annual height growth rhythm of container *M. yuyuanensis* seedling was like “S” shape, slow-fast-slow.

Key words: tube container seedling; *Manglietia vuyuanensis*; substrate; container size; seedling quality

[illegible]

(上接第 10 页)

Study on Photosynthetic Characteristics of *Bougainvillea glabra*

WANG Jing-yan, GONG Wei, HU Ting-xing, GONG Yuan-bo, XIONG Qing-e

(Sichuan Agricultural University Provincial Key Laboratory of Ecological Forestry Engineering, Ya'an 625014, China)

Abstract: Study on responses and their diurnal variation of stomatal conductance (G_s), net photosynthesis rate (P_n), transpiration rate (Tr) and water use efficiency (WUE) of *Bougainvillea glabra* leaves on enhanced photosynthetic photon flux density ($PPFD$) and increased CO_2 concentration was carried out by LI-6 400 Portable Photosynthesis System. The result showed that G_s , P_n and WUE of *B. glabra* leaves increased with enhanced $PPFD$ prior to reaching the maximum value, and then decreased gradually, and they reached the maximum value under the $PPFD$ of 2 000, 1 500, 300 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ respectively. The Tr always increased with enhanced $PPFD$. G_s and Tr decreased with the increased CO_2 concentration, on the contrary, P_n and WUE significantly increased. G_s , P_n and Tr increased with time and topped at 13:00, then gradually decreased, and the diurnal variation of G_s , P_n and Tr demonstrated unimodal distribution, but WUE had no distinctive diurnal variation.

Key words: *Bougainvillea glabra*; photosynthetic characteristic; cultivation and management