

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201410031

袁莲莲,王少平,雷泽湘,等. 崖爬藤的生态生物学特征及其扦插繁殖技术[J]. 广西植物, 2016, 36(2):193-199

YUAN LL,WANG SP,LEI ZX,et al. Ecological and biological characteristics and cutting propagation techniques of *Tetrastigma obtectum*[J]. *Guihaia*, 2016, 36(2):193-199

崖爬藤的生态生物学特征及其扦插繁殖技术

袁莲莲^{1,2}, 王少平¹, 雷泽湘², 钟才荣³, 唐志信⁴, 任海^{1*}

(1. 中国科学院华南植物园, 广州 510650; 2. 仲恺农业工程学院, 广州 510225; 3. 海南东寨港国家级自然保护区管理局, 海口 571129; 4. 广东连州田心省级自然保护区管理处, 广东 连州 513400)

摘要:崖爬藤为葡萄科常绿或半常绿藤本,具有重要园林绿化价值。该研究采用叶片离析法和石蜡切片法研究其叶片的形态结构。结果表明:崖爬藤平均叶面积(23.1 cm²)较大,单位叶面积干重(4.4 mg·cm⁻²)较小,成熟叶厚约为195.5 μm,栅栏组织不发达,胞间隙大。利用便携式LI-6400光合测定仪、PAM-2100荧光测定仪对崖爬藤光合生理生态指标进行研究。结果表明:其PSII的最大光化学效率 F_v/F_m (0.818)较高;叶片的净光合速率日变化呈单峰型,没有明显的光合午休现象,最大净光合速率 P_n 为3.691 μmol·m⁻²·s⁻¹,出现在14:00时,变化趋势与光合有效辐射 Par 、大气温度 T 、蒸腾速率 Tr 、气孔导度 G_s 等因子相同,与胞间CO₂浓度 C_i 相反,同时具有较高的水分利用效率(3.056 μmol·mmol⁻¹)。这都显示了崖爬藤喜阴湿环境,不耐寒且具有一定的耐旱特性,适合栽植于我国温度较高的南方地区。此外,以崖爬藤1~2年生老枝和当年生嫩枝为材料,经梯度溶液IBA处理进行扦插生根实验,结果表明,崖爬藤扦插繁殖迅速,生根率较高,以当年生嫩枝不经IBA处理直接扦插为最佳。该研究结果将为崖爬藤的栽培及开发利用提供重要的理论和技术指导。

关键词:崖爬藤, 园林绿化, 叶片形态结构, 光合生理, 扦插繁殖

中图分类号: Q948 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2016)02-0193-07

Ecological and biological characteristics and cutting propagation techniques of *Tetrastigma obtectum*

YUAN Lian-Lian^{1,2}, WANG Shao-Ping¹, LEI Ze-Xiang²,
ZHONG Cai-Rong³, TANG Zhi-Xin⁴, REN Hai^{1*}

(1. South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China; 2. Zhongkai College of Agricultural Technology, Guangzhou 510225, China; 3. Dongzhai Harbor National Nature Reserve, Haikou 571129, China; 4. Administration of Tianxin Provincial Natural Reserve of Lianzhou, Lianzhou 513400, China)

Abstract: *Tetrastigma obtectum* is an evergreen or half evergreen vine species of Vitaceae family with great potentials to be used for landscape greening. Leaf morphology in *T. obtectum* was comparatively studied using epidermal maceration and paraffin methods. The result indicated that *T. obtectum* had large average leaf area(23.1 cm²) and small leaf mass per area(4.4 mg·cm⁻²). The blade thickness of it was about 195.5 μm, with underdeveloped palisade tissue. Large gaps between the cells of both palisade tissue and spongy tissue were good for *T. obtectum* to decrease the light transmission loss and improve the utilization of luminous energy, showing the suitability of shade and humid environment. With the

收稿日期: 2014-10-21 修回日期: 2015-01-22

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2008BAJ10B03-5); 广东省科技厅项目(2013B060400016)[Supported by Key Technology Research and Development Program of Ministry of Science and Technology of China(2008BAJ10B03-5); and Project of the Science and Technology Agency of Guangdong Province(2013B060400016)].

作者简介: 袁莲莲(1988-),女,山东潍坊人,硕士,从事植物生理生态研究,(E-mail)yllwsw11@126.com。

*通讯作者: 任海,博士,研究员,主要从事植被生态恢复研究,(E-mail)renhai@scib.ac.cn。

aid of LI-6400 portable photosynthesis system and PAM-2100 portable chlorophyll fluorometer, the study on photosynthetic physiology was made. The maximal photochemical efficiency of PSII (0.818) was high, which was helpful for light-harvesting. At the same time, the high non-photochemical quenching could be favorable to dissipate excess light energy, which protected the photosynthetic tissue, and mitigated the effect of environment on photosynthesis. Its diurnal net photosynthetic rate in leaves showed a single peaked curve without midday depression. The peak value of net photosynthetic rate was $3.691 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ occurring at about 14:00, and changes were close to the variations of photosynthetic active radiation, air temperature, stomatal conductance, transpiration rate, but opposite to internal CO_2 concentration. With the increase of net photosynthetic rate, CO_2 consumption increased significantly leading to the decrease of internal CO_2 concentration. Meanwhile, the daily average value of instantaneous water use efficiency was $3.056 \mu\text{mol} \cdot \text{mmol}^{-1}$, fully embodied the strong utilization ability in water and weak light, and could keep high stomata aperture as well as high photosynthetic capacity. This showed that *T. obtectum* preferred to grow under shady and humid condition and had some tolerance to drought, without cold resistance. It was suitable to be planted in south China as urban climbing greenery plants. In addition, the 1-2 a hardwood cuttings and new born twigs of *T. obtectum* were used to do rooting experiments, treated with a series of IBA solution, which showed that the cutting age and IBA solution affected rooting rate obviously with rooting rate from 65% to 100%. Rooting rates of 1-2 a hardwood cuttings treated with $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ and $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ IBA were distinctively higher than the new born twigs at the same concentration. The highest rooting rate of 1-2 a hardwood cuttings reached 95% under treatment of $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ IBA, while the new born twigs without treatment by IBA was the best combination with 100% rooting rate. In a word, *T. obtectum* grew quickly with high rooting rate under cutting propagation, and this technique could speed the fine variety breeding of *T. obtectum* as well as the improvement of seedling quality. The results are very useful for cultivation, exploitation and utilization of *T. obtectum* in urban vertical green landscape.

Key words: *Tetrastigma obtectum*, landscape greening, leaf morphology, photosynthetic physiology, cutting propagation

随着社会的快速发展,人们的生活水平显著提高,与此同时,人们对生活环境的要求也越来越高。垂直绿化能充分利用空中优势并增加绿化面积,弥补水平绿化的不足,同时可软化建筑立面,丰富绿化景观层次,有利于维持生态平衡,又能为城市居民带来生态享受,对于提高城市人居环境质量具有独特的作用,但目前常用的藤本植物不多(方大风等,2007)。因此,考虑植物的生态特性,筛选和应用一些具有较高观赏价值的攀援植物显得尤为重要。

崖爬藤(*Tetrastigma obtectum*)为葡萄科(Vitaceae)崖爬藤属(*Tetrastigma*)常绿或半常绿藤本。小叶有短刚毛;卷须有数个分枝,顶端有吸盘。掌状复叶有长柄;小叶通常5片,近无柄,菱状倒卵形。喜温暖湿润气候,喜阴,在较强散射光下亦能生长,有一定耐旱能力,常于林中阴处攀附于树干或岩石上(李朝鑫,1998)。目前,针对崖爬藤的研究主要集中在分类学描述(李朝鑫,1998)、耐阴性(曾小平等,2006)、绿化应用形式及环境效益(龚玉子,2003;杨海东等,2004)等方面,而缺乏对其生态生物学特征及繁殖技术方面的研究。本研究对崖爬藤从生态生物学特征和繁殖技术两大方面进行了系统研究,以期开发利用这种植物为城市立体绿化服务。

1 材料与方 法

1.1 材 料

以种植于中国科学院华南植物园繁育中心荫棚的攀援植物崖爬藤作为研究对象,进行生态生物学特性及繁殖技术分析。荫棚日间气温为 $14 \sim 30 \text{ }^\circ\text{C}$,透光率约 40%,对崖爬藤进行常规的水肥管理。

1.2 研究方 法

1.2.1 形态解剖特征 摘取成熟叶片,从叶片中部切 $5 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ 的小块,先用 FAA 固定,乙醇和二甲苯系列脱水透明,渗蜡包埋,制切片;后用番红—固绿染色,于光学显微镜下观察、测量及照相(王艳和张绵,2000);最后采用孙同兴和江幸山(2009)的方法制作叶表皮切片,观察下表皮气孔数。利用数码相机和 Photoshop 软件计算叶面积(肖强等,2005),再将叶片烘干称重,每个指标各设置 6 个重复。

1.2.2 叶绿素荧光参数测定 于晴朗天气上午(2013.10.31),将 10 片长势良好的崖爬藤成熟叶片暗处理 30 min,用便携式荧光测定仪(PAM-2100, Germany)测定光系统 II 最大光化学效率 $F_v/F_m = (F_m - F_o)/F_m$,后使叶片受光而进行光合作用,测

定光系统 II 实际光化学效率 $\Phi_{PSII} = 1 - F_s/F_m'$, 光化学荧光猝灭 $qP = (F_m' - F_s)/(F_m' - F_o')$ 以及非光化学荧光猝灭 $NPQ = F_m/F_m' - 1$ 。其中基本参数: F_m (暗适应后的最大荧光)、 F_o (暗适应后的初始荧光)、 F_m' (光适应后的最大荧光)、 F_o' (光适应后的初始荧光) 和 F_s (稳态荧光) (张守仁, 1999)。

1.2.3 光合作用的日进程测定 选择 5 片长势良好的成熟叶作为测试材料, 于晴朗天气 (2013.7.31), 利用美国 LI-COR 公司生产的 LI-6400 便携式光合测定仪, 对崖爬藤叶片的净光合速率 (P_n) 以及蒸腾速率 (Tr)、气孔导度 (G_s)、胞间 CO_2 浓度 (C_i)、光合有效辐射 (Par)、温度 (T) 等生理生态因子日变化指标进行测定, 8:00-18:00 每隔 2 h 测定 1 次, 记录数据取其平均值 (廖友媛, 2008)。

1.2.4 扦插繁殖 崖爬藤可采用扦插的方式进行繁殖育苗。扦插繁殖一般不会受季节限制, 即在一年四季均可进行繁殖, 而种子成熟季节则会制约播种繁殖; 同时, 插穗成活后, 要比实生苗健壮, 生长势要强, 成苗快 (刘慧民等, 2005)。从华南植物园繁育中心苗圃选择无病虫害、长势良好的崖爬藤当年生嫩枝, 1~2 年生硬枝作为插穗扦插到沙土中, 插穗 8~10 cm, 上切口平剪, 下切口斜剪, 上端留 1 个叶片, 每个处理 30 个插穗, 3 次重复。扦插 40 d 后, 测量统计其成活数, 测量其根数、根长和最长根 (吉庆勇等, 2011)。

1.3 数据分析处理

用 Microsoft Office Excel 2007 对试验所得数据进行处理分析和作图, 并以最小显著差异法 (LSD) 比较扦插繁殖不同处理间的差异。

2 结果与分析

2.1 形态解剖学特征

从图 1 可以看出, 崖爬藤叶肉组织疏松, 栅栏组织不发达, 海绵组织排列较疏松而无序, 胞间隙大, 偏阴生叶类型, 体现了对弱光条件的适应性。崖爬藤海绵组织细胞较多, 这可减少光量子的透射损失, 有助于提高叶片对弱光的利用效率。崖爬藤的平均叶面积干重、栅栏组织及下表皮气孔数较小, 其通过较大的平均叶面积来增加对光的吸收, 是崖爬藤对弱光环境的一种适应性表现; 而首冠藤则具有较小的小脉间距, 这利于光合产物更快地从叶片中运出, 可有效提高生物量, 从而具有较强的光合能力。

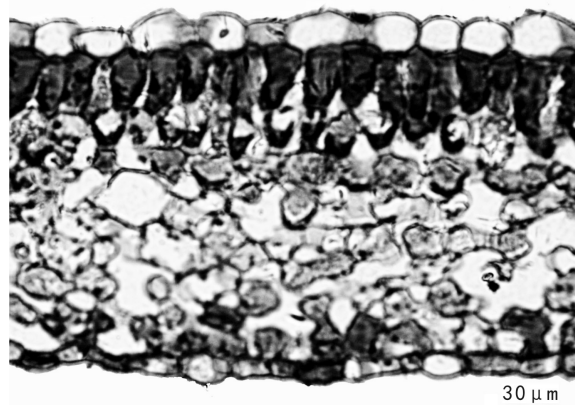


图 1 崖爬藤的叶片形态解剖图

Fig. 1 Leaf anatomical structure of *Tetrastigma obtectum*

表 1 崖爬藤和首冠藤的形态解剖学特征

Table 1 Morphological characteristics of *Tetrastigma obtectum* and *Bauhinia corymbosa*

指标 Index	崖爬藤 <i>Tetrastigma obtectum</i>	首冠藤* <i>Bauhinia corymbosa</i>
单位叶面积干重 Leaf mass per area ($mg \cdot cm^{-2}$)	4.4	9.0
平均叶面积 Average leaf area (cm^2)	23.1	7.5
叶厚 Blade thickness (μm)	195.5	185.5
栅栏组织厚 Thickness of palisade tissue (μm)	44.5	45.0
小脉间距 Distance of intervascular (μm)	891.7	200.0
下表皮气孔数 Number of stomata on the lower epidermis ($No. \cdot mm^{-2}$)	116.5	224.0

注: “*”指首冠藤的形态解剖学数据来源于李玲等, 2009。

Note: “*” means morphological characteristics of *Bauhinia corymbosa* come from Li et al., 2009.

2.2 叶绿素荧光特性

叶绿素荧光特性能反映植物叶片的光合效率和潜在能力。由表 2 可知, 在暗适应下, 崖爬藤 PSII 的最大光化学效率的 F_v/F_m 值为 0.818, 处于正常范围, 未受到明显的光胁迫。其 PSII 的实际光化学效率 (Φ_{PSII} , 0.310) 和光化学荧光猝灭 (qP , 0.602) 稍低, 非光化学荧光猝灭 (NPQ) 值较高为 2.705, 表明弱光环境下崖爬藤 PSII 虽然捕获的光能较多 (F_v/F_m 较高), 但用于光化学反应的比例较低, 而转化为热耗散的比例较高, 为碳同化积累的能量较少, 可认为是其对弱光适应而形成的一种保护机制。

2.3 光合日进程

经测定, 崖爬藤成熟叶片的日平均光合速率为 $2.622 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$, 蒸腾速率 $0.904 mmol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$,

表 2 崖爬藤叶绿素荧光参数
Table 2 Chlorophyll fluorescence parameters
of *Tetrastigma obtectum* (mean±SE)

指标 Index	数值 Value
光系统 II 的最大光化学效率 Maximal photochemical efficiency of PSII (F_v/F_m)	0.818±0.015
光系统 II 的实际光化学效率 Actual photochemical efficiency of PSII (Φ_{psII})	0.310±0.044
光化学荧光猝灭 Photochemical fluorescence quenches (qP)	0.602±0.043
非光化学荧光猝灭 Non-photochemical fluorescence quenches (NPQ)	2.705±0.313

水分利用效率较高,为 $3.056 \mu\text{mol} \cdot \text{mmol}^{-1}$ 。

进行生理生态指标测定时的光合有效辐射 Par 和大气温度 T 的日变化情况见图 2。一般光合有效辐射在决定植物光合作用的因子中最有效,其对叶片光合速率具有重要的影响。从图 2 看出, Par 和 T 的日变化为单峰曲线。从早晨开始不断上升,到 14:00 时达到峰值,随后一直呈下降趋势。

崖爬藤叶片净光合速率 P_n 日变化如图 3:a 所示。从图 3:a 看出,崖爬藤叶片 P_n 日变化与 Par 日变化趋势相一致,呈单峰型曲线,无光合午休现象。早晨和傍晚 Par 较低,此时 P_n 低,光合作用弱。日出后,随着时间的推移, Par 和 T 逐渐增加,崖爬藤的 P_n 迅速升高,至 14:00 时达到最大值,峰值为 $3.691 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,随后开始下降。

崖爬藤的蒸腾速率 Tr 、气孔导度 G_s 的日进程(图 3:b, c)与光合速率 P_n 变化十分相似,即在 14:00 时达到峰值,此时气孔开度最大,有利于 P_n 和 Tr 的提高;随后 G_s 持续下降,气孔渐渐关闭,导致 P_n 和 Tr 下降,减少了植物水分的过度散失和有效维持了光合系统的正常运行。胞间 CO_2 浓度 C_i 的日变化(图 3:d)呈低谷曲线,峰谷与 P_n 互补,为午间降低类型。 C_i 在 8:00 时约为 $390 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$,后随着 P_n 的升高, CO_2 消耗增多,这使得 C_i 降低,在 14:00 时降低到最小值($290 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$),而这时 P_n 值最高,之后 P_n 降低,消耗的 CO_2 减少, C_i 逐渐升高恢复到 $360 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 左右。

2.4 扦插繁殖

从表 3 可以看出,不同插穗年龄、IBA 浓度对扦插生根率的影响是有明显差异($P < 0.05$)。与用 IBA 浸渍后扦插的插穗相比,不用 IBA 浸渍直接扦插的当年生嫩枝的生根率最高,为 100%;而 1~2 年生老枝的生根率也较高,为 90%。随 IBA 浓度的升高,1~2 年生老枝插穗的生根率先升高后降低,在

$300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时达到最高,为 95%;同时,1~2 年生老枝插穗在经 300 、 $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ IBA 浸渍后扦插的生根率要显著高于当年生嫩枝。不同插穗年龄对新生根的平均根数及根长是没有明显影响的,但随着 IBA 浓度的逐渐增大,插穗平均生根数都显著增加($P < 0.05$)。最佳扦插组合为用当年生嫩枝不经 IBA 处理直接扦插。

3 讨论

叶片对外界环境变化较敏感,环境因子对植物的影响或植物对环境的适应性均可通过其形态结构特征体现(王勋陵和王静,1989)。植物叶片栅栏组织厚度与植物的抗寒能力呈正相关(Sun et al, 1996),与其他植物相比,崖爬藤的栅栏组织厚度处于中间水平(蔡永立和宋永昌,2001;李玲等,2009),这说明其不耐寒,适合种植于温度较高的热带及亚热带地区。植物叶面积和单位叶面积干重与植物叶片长期生长的光环境联系密切,弱光环境下,植物叶面积增大,单位叶面积干重降低,是植物对弱光环境条件的响应(Li & Chen, 2001)。与另一阳性藤本植物首冠藤(李玲等,2009)相比,崖爬藤平均叶面积较大,单位叶面积干重较低,同时其海绵组织疏松,细胞间隙较大,通过其相对较大的叶面积来增加对光照的吸收利用,体现了对阴湿环境的适应性。

植物叶绿素荧光信号能较好地反映植物的生理状态以及外界环境对其的影响,可直接或间接地了解植物光合作用过程(吕芳德等,2004)。 F_v/F_m 可反映 PSII 反应中心的光能转换效率,表明 PSII 利用光能的能力(史胜青等,2004)。当叶片 F_v/F_m 介于 0.75~0.85 之间时,说明植物没有受到明显的光胁迫(李新国和许大全,1998)。崖爬藤的 F_v/F_m 值为 0.818,表明其在本实验条件下未发生光抑制现象,利用光能的能力较高。 Φ_{psII} 是 PSII 的实际光化学效率,其值大小可以反映 PSII 反应中心的开放程度,光化学荧光猝灭 qP 反映 PSII 天线色素吸收的光能用于光化学反应的份额,可作为植物叶片光合电子传递速率快慢的相对指标(蔡永萍等,2004)。崖爬藤的 Φ_{psII} 及 qP 值较低,说明 PSII 的光合电子传递活性较低。非光化学荧光猝灭 NPQ 是以热形式耗散的那部分光能(蔡永萍等,2004),其较高的 NPQ 值,可对其光合机构起一定的保护作用。

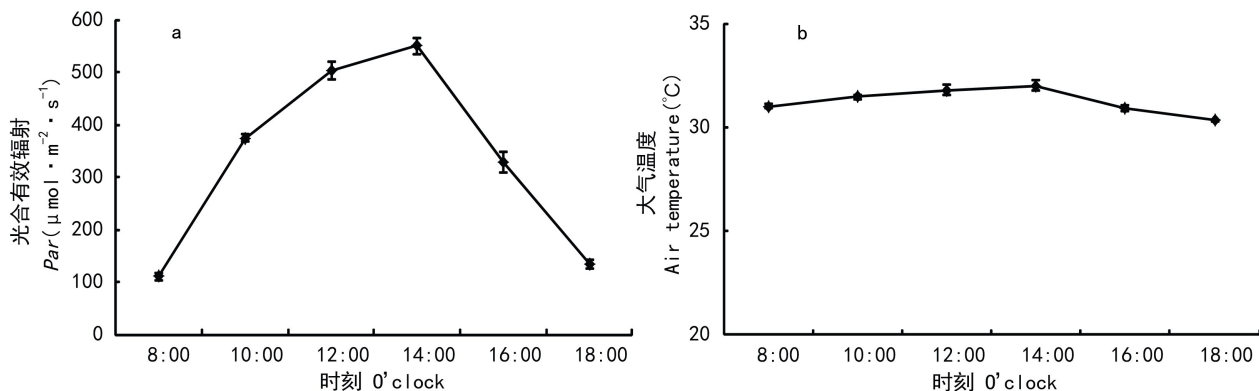
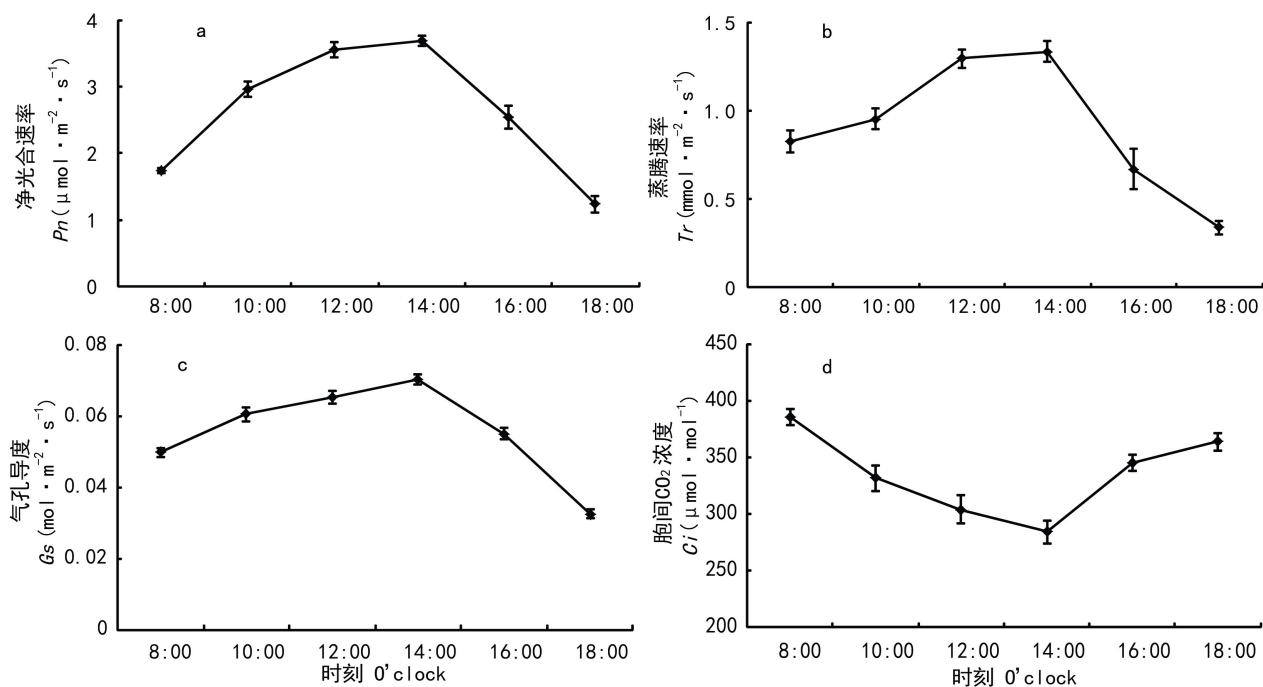


图 2 光合有效辐射及大气温度的日变化

Fig. 2 Diurnal variation of photosynthetic active radiation (Par) and air temperature (T) (mean \pm SE)图 3 崖爬藤叶片的净光合速率、蒸腾速率、气孔导度和胞间 CO_2 浓度的日变化Fig. 3 Diurnal variation of net photosynthetic rate (P_n), transpiration rate (Tr), stomatal conductance (G_s) and intercellular CO_2 concentration (C_i) in leaves of *Tetrastigma obtectum* (mean \pm SE)

植物的光合日动态变化可反映植物的光合作用在一天中随外界环境变化而发生的变化,是植物适应环境条件的结果。崖爬藤 P_n 日变化曲线呈单峰型,峰值出现在下午 14:00 时,无光合午休现象,这与杨华等(2010)研究的三叶崖爬藤 P_n 日动态变化不同。三叶崖爬藤 P_n 日变化表现为双峰曲线,由于气孔因素造成了明显的光合午休现象。同时崖爬藤的 Tr 、 G_s 日变化与 P_n 日变化趋势相同,这表明崖爬藤植株并没有受到逆境胁迫,可维持较高的气孔开度和光合能力。崖爬藤的水分利用效率日均值为

$3.056 \mu\text{mol} \cdot \text{mmol}^{-1}$,与其它攀援植物如首冠藤、艳栎桐 (*Clerodendrum splendens*) 相比,其水分利用效率日均值较高(李玲等,2009;杨勇等,2010)。与之前对虎尾草的研究中二者呈负相关的结论相一致(周婵和郭晓云,2001)。由于植物在不显著影响 P_n 的前提下,若能尽可能地降低 Tr ,则可表现为适应干旱的一种重要机制(吕金印等,2001; Liu et al, 2005),因此,崖爬藤可被认为具有耐旱特性,能适应一定的干旱环境。

利用扦插对崖爬藤进行繁殖可快速获得大量苗

表 3 不同插穗年龄、IBA 浓度对扦插生根的影响

Table 3 Effects of different cutting ages and concentrations of IBA to rooting rate

插穗年龄 Cutting age	IBA 处理 IBA treatment (mg · L ⁻¹)	生根率 Rooting rate (%)	平均生根数 Mean root number	平均根长 Mean root length (cm)	最长根长 Maximum root length (cm)
当年	0	100Aa	10.9Ad	3.0Aa	12.0
生嫩枝	100	85Ab	14.5Acd	3.4Aa	12.0
New born twigs	300	85Bb	15.4Ac	2.6Aab	9.0
	500	70Bd	24.1Ab	1.8Ab	7.0
1~2 年	800	80Ac	32Aa	2.9Aa	9.0
	0	90Bab	9.5Ac	2.0Aa	13.0
生老枝	100	75Bc	14.6Ab	2.3Aa	10.0
1~2 a	300	95Aa	17.1Aab	2.2Aa	11.5
hardwood	500	85Ab	21.7Aa	2.2Aa	13.0
cuttings	800	65Bd	21.7Ba	2.2Aa	10.0

注:同一列数据的不同大写字母表示相同生根剂浓度间的统计学差异达 $P < 0.05$;不同小写字母表示相同插穗年龄间的统计学差异达 $P < 0.05$ 。

Note: Within each row, different capital letters within the same concentration of IBA indicate significant differences between cutting ages, while different lowercase letters within the same cutting ages indicate significant differences for IBA treatments at $P < 0.05$.

木,是栽培材料扩繁的主要方法。在相同条件下,插穗年龄和不同浓度 IBA 处理都可影响崖爬藤的扦插生根。1~2 年生老枝在经 300、500 mg · L⁻¹ IBA 浸渍后扦插的生根率显著高于当年生嫩枝,且随 IBA 浓度的升高,其生根率先升高后降低,在 300 mg · L⁻¹ 时达到 95%;而当年生嫩枝不经 IBA 浸渍直接扦插的生根率最高,为 100%。故在选择扦插材料时,应优先选择当年生嫩枝直接进行扦插,而在使用 IBA 时应注意浓度的选择,虽然高浓度可增加生根数,但浓度过高可起到抑制生根的作用。

4 结论

通过对崖爬藤生态生物学特征的研究表明,其喜阴湿环境,有一定耐旱能力,不耐寒,适合栽植于我国温度较高的南方地区。崖爬藤叶小,茎纤细,小巧玲珑,姿态秀丽,是一种值得大力推广应用的攀援植物,可用于屋顶、窗台、阳台等的垂直绿化,也可用于墙垣、篱栏、山石、树干等的装饰性绿化。同时可利用扦插方式来进行快速繁殖,获得大量苗木以满足市场需求。

参考文献:

CAI YL, SONG YC, 2001. Adaptive ecology of lianas in Tiantong evergreen broad-leaved forest, Zhejiang, China I. Leaf anatomical characters [J]. Chin J Plant Ecol, 25(1): 90-98. [蔡永立, 宋永昌, 2001. 浙江天童常绿阔叶林藤本植物

的适应生态学 I. 叶片解剖特征的比较 [J]. 植物生态学报, 25(1): 90-98.]

CAI YP, LI L, LI HS, et al, 2004. Daily change of photosynthesis and chlorophyll fluorescence of *Dendrobium huoshanense* [J]. Acta Horti Sin, 31(6): 778-783. [蔡永萍, 李玲, 李合生, 等, 2004. 霍山石斛叶片光合速率和叶绿素荧光参数的日变化 [J]. 园艺学报, 31(6): 778-783.]

FANG DF, ZHANG CG, XUE JY, 2007. Studies on the physiological and ecological characteristics of three climbing plants [J]. J Yangling Voc Technol Coll, 5(4): 5-8. [方大风, 张昌贵, 薛君艳, 2007. 三种攀援植物生理生态学特性的研究 [J]. 杨凌职业技术学院学报, 5(4): 5-8.]

GONG YZ, 2003. Plant allocation models and culture techniques of city vertical greening [J]. Hunan For Sci Technol, 1: 73-76. [龚玉子, 2003. 城市立体绿化中植物配置模式与培育技术 [J]. 湖南林业科技, 1: 73-76.]

JI QY, CHENG WL, HUA JW, et al, 2011. Study on cutting propagation techniques of *Tetrastigmatis hemsleyani* [J]. Res Prac Chin Med, 25(2): 12-14. [吉庆勇, 程文亮, 华金渭, 等, 2011. 三叶青扦插繁殖技术研究. 现代中药研究与实践, 25(2): 12-14.]

LI CL, 1998. Flora Reipublicae Popularis Sinicae [M]. Beijing: Science Press, 48(2): 130. [李朝奎, 1998. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 48(2): 130.]

LI HB, CHEN F, 2001. Preparative isolation and purification of salidroside from the Chinese medicinal plant *Rhodiola sachalinensis* by highspeed counter-current chromatography [J]. J Chromatogr, 32: 91-95

LI L, CHEN YJ, REN H, et al, 2009. Ecological and biological characteristics of *Bauhinia corymbosa* [J]. J Trop & Subtrop Bot, 17(6): 528-534. [李玲, 陈永聚, 任海, 等, 2009. 首冠藤的生态生物学特征 [J]. 热带亚热带植物学报, 17(6): 528-534.]

LI XG, XU DQ, 1998. Response of photosynthesis to strong light in *Ginkgo biloba* L. leaves [J]. Acta Phytophysiol Sin, 24(4): 354-360. [李新国, 许大全, 1998. 银杏叶片光合作用对强光的响应 [J]. 植物生理学报, 24(4): 354-360.]

LIAO YY, 2008. Research on diurnal variation of photosynthetic characteristics for *Excoecaria cochinchinensis* Lour. [J]. J Hunan Technol Univ, 22(6): 36-38. [廖媛媛, 2008. 红背桂光合特性日变化研究 [J]. 湖南工业大学学报, 22(6): 36-38.]

LIU F, ANDERSEN MN, JACOBSEN SE, et al, 2005. Stomatal control and water use efficiency of soybean during progressive soil drying [J]. Environ Exp Bot, 54(1): 33-40

LIU HM, ZHANG L, LI JR, 2005. Propagation technique of *Parthenocissus quinquefolia* [J]. China By-Prod Spec, (2): 23-24. [刘慧民, 张蕾, 李金荣, 2005. 五叶地锦繁殖技术的研究 [J]. 中国林副特产, (2): 23-24.]

LÜ FD, CHEN DC, HOU HB, et al, 2004. Comparative study on chlorophyll fluorescence character of five kinds of *Camellia* [J]. Nonwood For Res, 21(4): 4-7. [吕芳德, 徐德聪, 侯红波, 等, 2004. 5 种红山茶叶绿素荧光特性的比较研究 [J]. 经济林研究, 21(4): 4-7.]

LÜ JY, SHAN L, GAO JF, 2001. Unsuccessful irrigation and its physiological bases [J]. Acta Bot Boreal-Occident Sin, 22(6): 1 512-1 517. [吕金印, 山仑, 高俊凤, 2001. 非充分灌溉及其生理基础 [J]. 西北植物学报, 22(6): 1 512-1 517.]

SHI SQ, YUAN YX, ZHANG JX, et al, 2004. Effects of water stress

- on characteristics of chlorophyll fluorescence in *Juglans regia* [J]. *J Agric Univ Hebei*, 26(2): 20-24. [史胜青, 袁玉欣, 张金香, 等, 2004. 不同水分胁迫方式对核桃苗叶绿素荧光动力学特性的影响 [J]. 河北农业大学学报, 26(2): 20-24.]
- SUN J, NISHIO JN, VOGELMANN TC, 1996. High-light effects on CO₂ fixation gradients across leaves [J]. *Plant Cell Environ*, 19(11): 1 261-1 271
- SUN TX, JIANG XS, 2009. H₂ O₂-CH₂ COOH maceration - a simple and perfect method for leaf epidermis [J]. *Guihaia*, 29(1): 44-47. [孙同兴, 江幸山, 2009. 简便有效的叶表皮离析方法—过氧化氢-醋酸法 [J]. 广西植物, 29(1): 44-47.]
- WANG XL, WANG J, 1989. Plant morphological structure and the environment [M]. Lanzhou: Lanzhou University Press: 1-90. [王勋陵, 王静, 1989. 植物形态结构与环境 [M]. 兰州: 兰州大学出版社: 1-90.]
- WANG Y, ZHANG M, 2000. Comparison study of anatomy structure of *Zoysia japonica* and *Poa pratensis* related with characteristics of drought and tramp resistance and elasticity [J]. *J Liaoning Univ; Nat Sci Ed*, 27(4): 371-375. [王艳, 张绵, 2000. 结缕草和早熟禾解剖结构与其抗旱性、耐践踏性和弹性关系的对比研究 [J]. 辽宁大学学报·自然科学版, 27(4): 371-375.]
- XIAO Q, YE WJ, ZHU Z, et al, 2005. A simple non-destructive method to measure leaf area using digital camera and Photoshop software [J]. *Chin J Ecol*, 24(6): 711-714. [肖强, 叶文景, 朱珠, 等, 2005. 软件非破坏性测定叶面积的简便方法 [J]. 生态学杂志, 24(6): 711-714.]
- YANG H, SONG XZ, CHEN L, 2010. Study on the photosynthetic characteristics of *Tetragymma hemsleyanum* by shade treatments [J]. *Chin For Sci Technol*, 24(5): 57-59. [杨华, 宋绪忠, 陈磊, 2010. 不同遮阴处理的三叶崖爬藤光合作用特性 [J]. 林业科技开发, 24(5): 57-59.]
- YANG HD, LI HX, LOU YL, 2004. Primary study on the application of *Tetragymma obtectum* (Wall.) Planch. in vertical greening [J]. *Guizhou For Sci Technol*, 3: 56-57. [杨海东, 李汉新, 娄义龙, 2004. 崖爬藤在垂直绿化中的应用初探 [J]. 贵州林业科技, 3: 56-57.]
- YANG Y, LAI YC, LIU N, et al, 2010. Ecological and biological characteristics of *Clerodendron splendens* [J]. *J Anhui Agric Sci*, 38(19): 10 040-10 043. [杨勇, 赖永超, 等, 2010. 艳槿桐的生态生物学特征 [J]. 安徽农业科学, 38(19): 10 040-10 043.]
- ZENG XP, ZHAO P, CAI XA, et al, 2006. Shade tolerance of 25 low subtropical plants [J]. *J Beijing For Univ*, 28(4): 88-95. [曾小平, 赵平, 蔡锡安, 等, 2006. 25 种南亚热带植物耐阴性的初步研究 [J]. 北京林业大学学报, 28(4): 88-95.]
- ZHANG SR, 1999. A discussion on chlorophyll fluorescence kinetics parameters and their significance [J]. *Chin Bull Bot*, 16(4): 444-448. [张守仁, 1999. 叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论 [J]. 植物学通报, 16(4): 444-448.]
- ZHOU C, GUO XY, 2001. Photosynthesis and evaporation of *Chloris virgate* in alkalized meadow on Songnen plain of China [J]. *Acta Pratac Sin*, 10(1): 42-47. [周婵, 郭晓云, 2001. 松嫩草地虎尾草光合与蒸腾作用的研究 [J]. 草业学报, 10(1): 42-47.]
- of leaf senescence in *Shibataea chinensis* after anthesis [J]. *J Nanjing For Univ; Nat Sci Ed*, 33(6): 39-43. [谢寅峰, 林侯, 张千千, 等, 2009. 鹅毛竹花后叶片衰老生理特性 [J]. 南京林业大学学报·自然科学版, 33(6): 39-43.]
- YANG XT, ZHANG ZQ, PANG XQ, 2005. Effect of chlorophyll degradation on post-harvest quality of fruits and vegetables [J]. *J Fruit Sci*, 22(6): 691-696. [杨晓棠, 张昭其, 庞学群, 2005. 果蔬采后叶绿素降解与品质变化的关系 [J]. 果树学报, 22(6): 691-696.]
- YI TP, SHI JY, MA LS, et al, 2008. Bamboo flora of China illustrations [M]. Beijing: Science Press: 293. [易同培, 史军义, 马丽莎, 等, 2008. 中国竹类图志 [M]. 北京: 科学出版社: 293.]
- YUAN QS, 2007. Modern enzymology [M]. Shanghai: East China University of Science and Technology Press: 183. [袁勤生, 2007. 现代酶学 [M]. 上海: 华东理工大学出版社: 183.]
- ZHANG CX, XIE YF, DING YL, 2003. The studies of leaf senescence of *pseudosasa amabilis* var. *convexa* during flowering and seeding stage [J]. *J Nanjing For Univ; Nat Sci Ed*, 27(2): 59-61. [张春霞, 谢寅峰, 丁雨龙, 2003. 福建茶杆竹开花结实期间的叶片衰老 [J]. 南京林业大学学报·自然科学版, 27(2): 59-61.]
- ZHANG Y, LIU QL, 2003. Proceedings on molecular mechanism of plant flower development [J]. *Chin Bull Bot*, 20(5): 589-601. [张云, 刘青林, 2003. 植物花发育的分子机理研究进展 [J]. 植物学通报, 20(5): 589-601.]
- ZHONG XH, LUO XS, CHEN AH, 1999. A study on nai plum's flower bud differentiation and its major content of metabolic production [J]. *J Hunan Agric Univ*, 25(1): 31-35. [钟晓红, 罗先实, 陈爱华, 1999. 李花芽分化与体内主要代谢产物含量的关系 [J]. 湖南农业大学学报, 25(1): 31-35.]
- ZHANG ZL, QU WJ, 2003. Experimental guidance of plant physiology [M]. Beijing: Higher Education Press. [张志良, 瞿伟菁, 2003. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 高等教育出版社.]

(上接第 252 页 Continue from page 252)