

文章编号: 1000-5692(2006)06-0669-04

# 城市垂直绿化植物爬山虎的生态效应

张迎辉<sup>1</sup>, 姜成平<sup>2</sup>, 赵文飞<sup>1</sup>, 韩俊<sup>3</sup>, 王迎<sup>4</sup>, 王华田<sup>1</sup>

(1. 山东农业大学 林学院, 山东 泰安 271018; 2. 山东省烟台市林业局, 山东 烟台 264000; 3. 山东省邹城市林业局, 山东 邹城 273500; 4. 山东省泰山林业科学研究院, 山东 泰安 271000)

**摘要:** 应用盆栽试验方法, 测定了土壤水分连续变化过程中北方常见藤本绿化树种爬山虎 *Parthenocissus tricuspidata* 的光合速率和蒸腾速率, 据此计算分析土壤水分条件对爬山虎释氧固碳和降温增湿效应的影响。试验结果表明: 在土壤水分条件良好的情况下, 生长季节爬山虎可吸收二氧化碳  $4.71 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ , 释放氧气  $3.43 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ , 可以使周围  $1\,000 \text{ m}^3$  空气温度降低  $0.45\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度提高  $0.39\%$ 。随着水分胁迫的加剧, 爬山虎固碳、释氧、降温、增湿能力逐渐下降。表 2 参 17

**关键词:** 森林生态学; 爬山虎; 垂直绿化; 生态效应

**中图分类号:** S718.5      **文献标识码:** A

随着城市人口的急剧增长, 城市建筑物越来越密集拥挤。人们深刻认识到城市化对整个城市生态环境带来的严重破坏, 已成为城市进一步发展和人民生活质量进一步提高的潜在的制约因素。对多数城市而言, 增加水平绿化面积, 提高绿化指数甚为困难, 而通过选用藤本攀援植物增加垂直绿化面积, 改善城市人居空间的生态环境质量有很大的发展空间。另一方面, 城市呆板僵硬的建筑物经过垂直绿化可别具特色, 具有全新的美学效果。近年来, 垂直绿化在我国一些城市中已被逐步应用, 并产生了一定的生态效益和社会效益。在多种可供垂直绿化的植物中, 爬山虎 *Parthenocissus tricuspidata* 是一种攀援性落叶藤本植物, 抗逆性强, 病虫害少, 具有很强的耐荫性, 且能够适应一般土壤条件, 是城市垂直绿化最常用的攀援植物<sup>[1]</sup>。以往有关垂直绿化植物的研究工作大多集中在对垂直绿化植物的分类、生长习性以及应用等方面<sup>[2~9]</sup>, 而对于垂直绿化树种的生态学特性研究相对较少。文章对爬山虎的释氧、固碳、降温和增湿能力等生态学效应进行测定分析和评价, 对促进垂直绿化的发展具有一定意义。

## 1 试验地概况、试验材料和研究方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于山东农业大学林学试验站, 地理位置为  $36^{\circ}11' \text{N}$ ,  $117^{\circ}08' \text{E}$ , 海拔  $150 \text{ m}$ , 属暖温带季风大陆性气候。年平均气温为  $12.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 极端最高气温为  $40.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 极端最低气温为  $-22.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 无霜期  $186.6 \text{ d}$ ; 年降水量  $600 \sim 800 \text{ mm}$ , 降水多集中于  $7 \sim 8$  月, 期间降水量占年降水量的  $53\%$ ,  $6 \sim 9$  月占

收稿日期: 2005-12-09; 修回日期: 2006-04-07

基金项目: 山东省博士后基金资助项目; 山东省林木良种产业化工程项目(2004-113)

作者简介: 张迎辉, 硕士, 从事森林生态生理研究。E-mail: zhyh61@126.com。通信作者: 王华田, 教授, 博士生导师, 从事森林培育学和森林生态生理研究。E-mail: wanght@sdau.edu.cn

74%，因此春秋季节严重干旱；年均相对湿度为 65%。

1.2 试验材料和研究方法

3 月下旬选取 2 年生爬山虎扦插苗，盆栽，每盆 3 株，定植后置于大田沟中，正常管理。土盆直径 30 cm，高 27 cm，每盆装壤土 20 kg。7 月下旬，于测定前充分灌水，取出摆放于距地面 1 m 高的桌面上。采用自然蒸散失水形成水势梯度方法，用双层塑料薄膜包裹盆体，随着蒸腾耗水逐日失水，形成水分梯度，分别在 75%~80%，55%~60%，40%~45%，30%~35%土壤最大持水量( $W_{mve}$ )情况下测定爬山虎叶片光合和蒸腾强度的连续日变化过程。在被测植株上取亮叶期叶片，标记。每株测定 1 片，每盆测定 3 株，重复测定 3 盆。

调查 1 m<sup>2</sup> 垂直绿化墙体上爬山虎的叶片数量( $C$ )，随机选取 20 片叶并测量和计算单叶面积( $S_i$ )，求得每平方米叶片总面积  $S = S_i \times C$ ，计算叶面积指数。用 TPS-1 便携式光合作用测定系统，自 6:00 至 18:00 每隔 2 h 测定盆栽材料的光合速率和蒸腾速率。每处理选择 3 个样株，每株重复测定 3 片叶片。

1.3 生态效益的计算

净同化量是昼净光合量减去夜间暗呼吸量的差。暗呼吸消耗量按白天同化量的 20% 计算，计算一昼夜植物的释氧和固碳效应<sup>[7~9]</sup>。根据单位面积日蒸腾总量和释水量，求算树木的降温和增湿效应<sup>[7,9]</sup>。

2 结果分析

2.1 爬山虎的释氧固碳效应

绿色植物的光合作用过程中以二氧化碳为原料，合成有机物，同时释放氧气，而氧气是人类和其他动物呼吸作用的必要物质。7 月中旬测得爬山虎墙面垂直绿化的叶面积指数为 3.8，据此计算全天二氧化碳吸收量和氧气释放量(表 1)。从表 1 中看出，在土壤水分条件良好的情况下，爬山虎可吸收二氧化碳 4.71 g·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>，释放氧气 3.43 g·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>。据测定，一个成年人需要呼吸消耗氧气 750 g·d<sup>-1</sup> 左右，产生二氧化碳 900 g 左右，相当于 58 m<sup>2</sup> 的垂直绿化墙体的爬山虎每天的释氧固碳量，这与刘光立等<sup>[10]</sup>的研究结果基本一致。试验表明，随着水分胁迫逐渐增加，爬山虎吸收二氧化碳和释放氧气的量明显减小。在土壤最大持水量为 30%~35% 时，爬山虎的固碳和释氧量分别为 2.32 g 和 1.68 g，不到土壤持水量为 75%~80% 时的一半。这说明土壤水分条件对爬山虎的生态效益影响很大。

表 1 爬山虎的释氧固碳效应

Table 1 The capacity of CO<sub>2</sub> fixation and O<sub>2</sub> release of *Parthenocissus tricuspidata*

土壤持水量	叶面积指数	日净同化量 / (mol·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> )	日固碳量 / (g·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> )	日释氧量 / (g·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> )
(75%~80%) $W_{mve}$	3.8	134.06	4.71	3.43
(55%~60%) $W_{mve}$	3.8	119.16	4.19	3.05
(40%~45%) $W_{mve}$	3.8	98.62	3.47	2.52
(30%~35%) $W_{mve}$	3.8	65.78	2.32	1.68

2.2 爬山虎的降温增湿效应

树木在蒸腾作用的同时伴随着能量的消耗和潜热能的转换。根据杨士弘<sup>[9]</sup>蒸腾潜热和降温的估算方法，考虑到近地层空气的对流、湍流和辐射等产生的热量交换作用，所选评估尺度是底面积为 10 m<sup>2</sup>，高 100 m 的空气柱；由于空气中进行热交换过程与水汽扩散同时进行，仍取水平面积为 10 m<sup>2</sup>，100 m 高的空气柱为评价尺度，计算植物蒸腾作用对 1 000 m<sup>3</sup> 空气柱增加的相对湿度，单位叶面积取 1 m<sup>2</sup>。

植物在蒸腾作用过程中，首先将细胞内的液态水在气孔下腔表面气化，在巨大的水汽压差作用下，水汽通过气孔从气孔下腔扩散到大气中，另一部分液态水通过角质层蒸腾作用以气态形式散发到空气中。蒸腾作用过程中，液态水的汽化是一个大量耗热的过程，由此降低周围环境的空气温度，增加空气相对湿度，从而达到改善周围环境小气候条件的作用。从表 2 中看出，在水分条件良好情况下，垂直墙体爬山虎的蒸腾耗热量为 560 kJ·m<sup>-2</sup>，它可以使周围 1000 m<sup>3</sup> 空气降温 0.45℃，相对湿

表 2 爬山虎垂直绿化的降温增湿效应

Table 2 Effect of air temperature decline and air humidity increase of *Panthenocissus tricuspidata*

土壤持水量	$E_0/$ ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ )	$T/^\circ\text{C}$	$L/\text{cal}$	$Q/$ ( $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ )	$\Delta T/^\circ\text{C}$	$\Delta f/\%$
(75%~80%) $W_{\text{mc}}$	232 63	31. 6	573. 30	560 52	0. 45	0 39
(55%~60%) $W_{\text{mc}}$	201 83	32 8	578. 78	489 84	0. 39	0 33
(40%~45%) $W_{\text{mc}}$	129 23	32 8	578. 78	375 15	0. 25	0 24
(30%~35%) $W_{\text{mc}}$	113 13	32 1	579. 17	273 88	0. 22	0 19

说明： $E_0$  为释放水量， $T$  为叶面温度， $L$  为蒸腾潜热， $Q$  为蒸腾耗热量， $\Delta T$  为 1 000  $\text{m}^3$  空气温度下降值， $\Delta f$  为 1 000  $\text{m}^3$  空气增加的相对湿度。

度增加 0. 39%。随着水分胁迫逐渐增加，爬山虎的蒸腾作用减弱，蒸腾耗热量减少，降温增湿效应不如在水分条件良好的情况下明显。在土壤最大持水量为 40%~45% 时，仅能使周围 1 000  $\text{m}^3$  空气降温 0. 25  $^\circ\text{C}$ ，增加相对湿度 0. 24%；在土壤最大持水量为 30%~35% 时所降低的温度和增加的相对湿度还不及土壤最大持水量为 75%~80% 时的一半。这些降温和增湿的值，是在充分考虑了大气的对流、湍流、辐射产生的热量交换的基础上测定的。由于城市空间相对狭小，使得空气流动性减弱，因此垂直绿化植物降温增湿效应更加明显，如在藤本植物花架下测定其降温效果则可能达到 5  $^\circ\text{C}$  甚至更高；在城市空间，空气流动较小的条件下，测定到叶面附近湿度增加可以达到 5%~10% 甚至更多<sup>[10, 11]</sup>。

3 讨论

绿色植物能在充足的阳光和水分条件下通过蒸腾作用降低空气温度，增加空气相对湿度，从而缓解城市的热岛效应<sup>[12, 13]</sup>。城市绿化覆盖率与热岛强度成反比，绿化覆盖率越高，热岛强度越低。绿地平均可从周围环境中吸收 81. 8  $\text{MJ}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  的热量，相当于 189 台 1 kW 空气调节器的制冷作用<sup>[4]</sup>，显著削弱了温室效应的产生。全世界的森林每年通过光合作用从大气中吸收 3. 4 $\times 10^{10}$  t 碳。研究资料表明，阔叶林每年能吸收二氧化碳 1 000  $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，释放氧气 730  $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，净化空气 1 800 万  $\text{m}^3$ <sup>[15]</sup>。

城市垂直绿化植物爬山虎具有发达的根系和固着能力，能够在短期内迅速覆盖墙体，并形成浓密的叶幕层，其很高的光合和蒸腾效率产生强大的释氧固碳作用和降温增湿效应，因此对城市生态环境的改善具有很大的作用。生长季节大约 58  $\text{m}^2$  爬山虎的垂直绿化面积的释氧固碳量可以满足一个成年人一天的呼吸需要，每天蒸腾作用吸收的热量相当于 3 kW 的空气调节器工作 100 min 之多。爬山虎的固碳量为 29. 30  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ 。按照工业固定二氧化碳 10. 00 元 $\cdot\text{kg}^{-1}$ ，制氧 9. 80 元 $\cdot\text{kg}^{-1}$  的成本价格计算，爬山虎的固碳效益为 0. 19 元 $\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ，固碳的直接经济效益可达 34. 20 元 $\cdot\text{a}^{-1}$ ；制氧效益为 0. 13 元 $\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ，可产生直接经济效益 23. 00 元 $\cdot\text{a}^{-1}$ 。由此可见，在城市狭小空间内种植垂直绿化植物不但有生态效益，而且有很大的经济效益，绿色植物的降温效应可以较大程度地为整个城市节省降温能源消耗。固碳释氧可以为人们节约资金，垂直绿化植物在降温节能的同时还补充了城市空间的水分含量，有效减轻城市干热岛及干热街谷效应。

爬山虎的释氧、固碳、降温、增湿效益随土壤水分条件的改善而提高，因此在城市园林绿地管理中，要注意加强爬山虎的水肥管理，使它发挥最大的生态效益。文章以单位叶面积为计算尺度，利用盆栽苗木的光合蒸腾特性的实际测定结果对爬山虎的绿化生态效益进行评价，难免有一定的局限性。在进行正确评价时必须准确区分不同的海拔高度、小地形、天气状况、植被类型等因素造成的影响，选择合理的评价尺度，保证观测及试验条件的典型性、代表性、一致性也是必需的<sup>[7, 10, 16, 17]</sup>。

参考文献：

[ 1 ] 包启伟. 福建西北部木本攀援植物观赏与应用[ J ]. 浙江林学院学报, 2000, 17 (2): 225—228.  
[ 2 ] 黄启堂, 游水生. 福建西北部野生木本攀援植物区系分析[ J ]. 浙江林学院学报, 1997, 14 (4): 370—374.

- [ 3 ] 涂淑萍, 傅波. 攀援植物在城市绿化中的应用研究[ J ]. 江西农业大学学报, 1996, 18 (4): 464—469.
- [ 4 ] 薛理和. 城市绿化在生态城市建设中的作用[ J ]. 防护林科技, 2003 (4): 47—48.
- [ 5 ] 吴丁丁. 试论城市生态系统与城市绿化[ J ]. 江西农业学报, 2000, 12 (4): 60—64.
- [ 6 ] 臧得奎, 亓爱收, 徐兴东, 等. 山东省木本攀援植物及其在垂直绿化中的应用[ J ]. 山东农业大学学报, 1996, 27 (1): 8—16.
- [ 7 ] 李辉, 赵卫职. 北京 5 种草坪地被植物生态效益的研究[ J ]. 中国园林, 1998 (4): 36—38.
- [ 8 ] 杨士弘. 城市绿化树木的降温增湿效应研究[ J ]. 地理研究, 1994, 13 (4): 74—80.
- [ 9 ] 杨士弘. 城市生态环境学[ M ]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [ 10 ] 刘光立, 陈其兵. 成都市四种垂直绿化植物生态学效益研究[ J ]. 西华师范大学学报: 自然科学版, 2004, 25 (3): 259—262.
- [ 11 ] 杜克勤, 刘步军, 吴昊. 不同绿化树种温湿度效应的研究[ J ]. 农业环境保护, 1997, 16 (6): 266—268.
- [ 12 ] GATES D M. Transpiration and leaf temperature [ J ]. *Ann Rev Plant Physio*, 1968, 19: 211—238.
- [ 13 ] MIHALAKAKOU G, SANTANMOURIS M, PAPANIKOLAOU N, *et al*. Simulation of the urban heat island phenom in mediterranean climates [ J ]. *Pure Appl Geophys*, 2004, 161 (2): 429—451.
- [ 14 ] 曹跃进, 沈巨生. 新钢园林绿化对缓解热岛效应的作用[ J ]. 中国林业, 2004 (21): 40.
- [ 15 ] 卿东红. 环境危机与植物对环境的保护作用[ J ]. 内江师范学院学报, 2000, 15 (4): 49—53.
- [ 16 ] 胡海波, 王汉杰, 鲁小珍, 等. 中国干旱半干旱地区防护林气候效应的分析[ J ]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2001, 25 (3): 77—82.
- [ 17 ] 陈仁升, 康尔泗, 赵文智, 等. 中国西北干旱区树木蒸腾对气象因子的响应[ J ]. 生态学报, 2004, 24 (3): 477—485.

## Ecological effects of urban climbing plant *Parthenocissus tricuspidata*

ZHANG Ying-hui<sup>1</sup>, JIANG Cheng-ping<sup>2</sup>, ZHAO Wen-fei<sup>1</sup>, HAN Jun<sup>3</sup>, WANG Ying<sup>4</sup>, WANG Hua-tian<sup>1</sup>

(1. College of Forestry, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong, China; 2. Forest Interprise of Yantai City, Yantai 264000 Shandong, China; 3. Forest Interprise of Zoucheng City, Zoucheng 273500, Shandong, China; 4. Taishan Forestry Academy, Tai'an 271000, Shandong, China)

**Abstract:** Leaf photosynthesis and transpiration of climbing plant *Parthenocissus tricuspidata* in different soil moisture cofiditions were measured to find out the effects of soil moisture on O<sub>2</sub> releasing, CO<sub>2</sub> fixing, air temperature falling and air humidity increasing. Results showed that *Parthenocissus tricuspidata* absorbed 4.71 g °m<sup>-2</sup> °d<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub> and released 3.43 g °m<sup>-2</sup> °d<sup>-1</sup> O<sub>2</sub> in the favorable soil moisture condition in a day, which reduced air temperature by 0.45 °C per 1 000 m<sup>3</sup> and increased air humidity by 0.39%. With soil water stress increased, CO<sub>2</sub> fixing, O<sub>2</sub> releasing, air temperature reducing and air humidity increasing of *Parthenocissus tricuspidata* declined. [Ch, 2 tab. 17 ref.]

**Key words:** forest ecology; *Parthenocissus tricuspidata*; vertical greening; ecological effect