

道路绿地五种树木光合生理生态效能的比较研究

韦品祥¹, 何平¹, 胡兵¹, 方文^{1,2}, 段才绪, 徐封丰¹

(1. 西南大学 生命科学学院, 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆市三峡库区植物生态与资源重点实验室, 重庆 400715;

2. 重庆市林业科学研究院, 重庆 400036)

摘要:以重庆道路绿地中普遍常见的香樟、小叶榕、天竺葵、黄葛树、构树 5 种树木为试材, 利用 LI-6400 便携式光合测定系统测定了其在不同绿地类型的光合特性参数, 并分析了其在水分利用率(WUE)、光能利用率(LUE)、CO₂ 固定效率(CE)方面的能力, 评价其改善环境的效益。结果表明: 构树、小叶榕、香樟对改善道路绿地环境效益优于天竺葵和黄葛树。构树、小叶榕、香樟 3 种树木能更好地适应恶劣环境的道路绿地, 并改善其环境。

关键词:城市绿地; 城市树木; 光合生理生态; 改善环境

中图分类号:S 731.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)05-0071-04

光合作用是地球上一切生命存在、繁衍和发展的根本源泉, 是制约森林生产力的最主要的生理过程。叶片是树木进行光合作用的最主要器官, 叶子以外的器官和组织的光合作用对整株树木碳平衡的贡献是不大的, 因而叶片是研究树木光合作用的基本单元, 它所制造的有机物质是生物生命活动的能量来源^[1]。光合作用是植物重要的生理功能之一, 有关植物光合作用的论文和著作很多, 王爱民等^[2]研究了天然白桦种苗净光合速率、

蒸腾速率、气孔限制值、水分饱和亏缺和水分利用率的日变化。熊文愈^[3]从生态学的观点出发, 对影响树木净光合作用的因子进行了综合评述。从树木本身的特征和环境污染因子以及各种生理过程互相作用的综合评价来研究在树木光合作用的研究中所涉及的一些问题。城市树木包括 2 类: 绿化树木和古树名木。城市绿化树木的核心功能是为城市居民的工作和生活提供一个良好的生态环境, 与此同时对它们的基本要求就是要安全, 不能对人们造成任何形式和程度的伤害^[4]。植物的生态效益主要体现在固定 CO₂、释放 O₂、降温增湿、杀菌、滞尘等方面。改善城市环境的关键在于植物的数量和质量, 而对植物的生态特性研究是评价其环境效益的基础。这些生态功能基本都是通过植物的光合作用来实现的, 因此对植物光合特性的研究是评价其生态特性的重要依据。植物光合作用一直是植物生理学、生理生态学研究中的热点问题。其研究内容主要集中在不同树种光合作用的基本生理生态学特性^[5], 环境因子及其

第一作者简介:韦品祥(1984-), 男, 贵州三都人, 在读硕士, 研究方向为植物保护与植物生态学。

责任作者:何平(1963-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 现主要从事植物保护生物学等方面的研究工作。E-mail: heping196373@126.com.

基金项目:国家林业总局科研专项基金资助项目(201004064); 国家自然科学基金资助项目(30070080)。

收稿日期:2012-11-01

Introduction Experiment of Seven Species of *Sedum* Plants in Xuzhou

ZHANG Guang-qin, GAO Zheng-ping, GAO Hong-xiu

(Xuzhou Bioengineering Technical College, Xuzhou, Jiangsu 221006)

Abstract: Taking *Sedum spurium* cv. *Coccineum*, *Sedum makinoi* cv., *Sedum reflexum*, *Sedum spectabile* Boreau, *Sedum spetabiles*, *Sedum emarginatum* Migo, *Sedum lineare* seven species of *Sedum* that introduced from Changzhou and Shandong as experimental materials, introduction experiment to Xuzhou were conducted. The results showed that seven species of *Sedum* plants could be over summering and wintering in Xuzhou area. Introduction of *Sedum* cultivar were short and small, elegant, full growth, most varieties of colorful flowers had long florescence and green period, and had strong resistance, suitable for application of landscaping in Xuzhou area.

Key words: *Sedum*; introduction; test

综合作用对植物光合作用的影响,植物光合作用在逆境植条件下的适应机制^[6]方面;而对光合作用与生物量、生产力的关系^[7]及对城市内不同绿地树木光合生理生态效能等方面的研究报道较少。该研究选取了重庆市北碚区的道路绿地类型中5种常见的香樟、小叶榕、天竺葵、黄葛树、构树进行光合参数测定,分析其在净光合速率、蒸腾速率、水分利用率、光能利用率、CO₂固定效率5个方面的潜力,旨在为不同尺度植物的生理生态学研究 and 树种生态效益、适应性评价提供理论基础和数据支持,也可为城市绿地建设树木的选择及配置提供主要依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地选取了重庆市北碚区,东经 106°24'~106°26',北纬 29°48'~29°50',属中亚热带湿润季风气候,年平均温 17.8~18℃。常年降水为 1 000~1 400 mm,主要降水时段在 5~9 月,约占全年降水量的 70%。年日照平均数为 1 000~1 400 h,年平均相对湿度 80%左右。夏季气候炎热,秋冬时节雾天长达 100 d 左右。土壤为黄壤^[8]。道路绿地具有代表性的取样地点设在重庆北碚区的中山路、云泉路、政府路景观大道(表 1)。

表 1 采集样地情况

绿地类型	取样地点	采集样地情况
道路绿地	中山路	绿地面积为 4 516.2 m ² ,种树木生长良好,群落类型为阔叶混交,紫色土壤,伴生种:有日本珊瑚树、刺桐,天气晴朗、日照充足
	云泉路	绿地面积为 5 891.4 m ² ,5 种树木生长良好,群落类型为阔叶混交,紫色土壤,伴生种有山茶、日本珊瑚树,天气晴朗、日照充足
	政府路景观大道	绿地面积为 5 369.4 m ² ,5 种树木生长良好,群落类型为阔叶混交,紫色土壤,伴生种有广玉兰、银杏,天气晴朗、日照充足

1.2 试验材料

供试材料的选取基于在重庆市城市绿化中使用率较高、且应用比较普遍的常见绿化树种^[9](表 2)。

表 2 5 种树木概况

树种名称	拉丁名	树高/m	胸径范围/cm	种类
香樟	<i>Cinnamomum camphora</i> (L.) Presl	8.5	35~40	常绿阔叶乔木
小叶榕	<i>Ficus microcarpa</i> L. f	7.8	35~40	常绿阔叶乔木
天竺桂	<i>Cinnamomum japonicum</i> (Diels.)	7.5	15~18	常绿阔叶乔木
黄葛树	<i>Ficus virens</i> Ait. var.	9.5	15~40	落叶阔叶乔木
构树	<i>Broussonetia papyrifera</i> (L.)	8.2	25~35	落叶阔叶乔木

1.3 试验方法

1.3.1 光合速率的测定 于 2012 年 3~4 月,选择在天气晴朗,日照充足的上午 9:00~11:00 进行,选取生长状

况良好的各个树种的具有代表性的 12 张叶片进行测定。利用 LI-6400 便携式光合测定仪(美国, Li-CO 公司)的内置光源控制系统,测定时使用仪器自带的红蓝光源(设定空气流速为 500 μmol/s,固定光合有效辐射为 600 μmol·m⁻²·s⁻¹,CO₂浓度为 400 μmol/mol)测定净光合速率(Pn, μmol·m⁻²·s⁻¹),并同步测定气温(Ta,℃)、叶温(Tl,℃)、空气相对湿度(RH,%),胞间 CO₂浓度(Ci, μmol/mol),大气水汽压差(Vpdl, hpa)和气孔导度(Gs, mol·m⁻²·s⁻¹)等参数值。在取样地点中,选择健康且长势基本一致样树,于每株样树树冠的上、中、下层采集东、南、西、北 4 个方位的叶片来测定。每组重复 3 次,每次测定 3 株,结果取平均值。每隔 10 d 测定 1 次,测 3 次取平均值。根据测定的气体交换指标得出叶片气孔限制值(Ls)、水分利用率(WUE, μmol/mmol)和光能利用率(LUE,%),CO₂固定效率(CE,%)[10]。Ls=1-Ci/Ca, WUE=Pn/Tr, LUE=Pn/PAR, CE=Pn/Ci。

1.3.2 蒸腾速率的测定 试验时间与光合测定仪的设置参数同 1.2.1,测定各种树种蒸腾速率(Tr, mmol·m⁻²·s⁻¹)。每组重复 3 次,每次测定 3 株,结果取平均值。每隔 10 d 测定 1 次,测 3 次取平均值。

1.4 数据分析

采用 SPSS 17.0 统计软件进行方差分析,各处理组差异显著性情况用多重比较(Post Hoc)中最小显著法(LSD)配合邓肯法(Duncan)进行检验。

2 结果与分析

2.1 道路绿地类型 5 种树木净光合速率比较

由图 1 可知,黄葛树、香樟、小叶榕、天竺桂 4 种树种在道路绿地中的净光合速率差异不显著,但构树在道路绿地中净光合速率最高,为 7.4018 μmol·m⁻²·s⁻¹,与其它 4 种差异极显著,黄葛树处于最低,为 1.0889 μmol·m⁻²·s⁻¹。通过相关性分析,发现 5 个树种的净光合速率与 Ta、Tl、Gs、Ls、RH、Vpdl 没有相关性,它们的净光合速率差异有可能是树种的种类不同造成的。表明 5 种树木在道路绿地中光能利用能力大小为构树>小叶榕>香樟>天竺桂>黄葛树。构树在道路绿地中光能利用能力强,小叶榕和香樟次之,黄葛树光能利用能力最弱。

2.2 道路绿地类型 5 种树木蒸腾速率比较

由图 2 可知,黄葛树、香樟、小叶榕、天竺桂 4 种树种在道路绿地中的蒸腾速率差异不显著,但构树在道路绿地中蒸腾速率最高,为 4.1261 mmol·m⁻²·s⁻¹,黄葛树处于最低,为 1.2009 mmol·m⁻²·s⁻¹。通过相关性分析,黄葛树的蒸腾速率的大小与 Gs、Ta、RH 有关;香樟的蒸腾速率的大小与 Gs、Ci、RH、Ls 有关;小叶榕蒸腾速率的大小与 Gs、Vpdl、Tl、RH 有关;天竺桂的蒸腾速率的大小与 Gs、Ci、Ls 有关;构树蒸腾速率的大小与

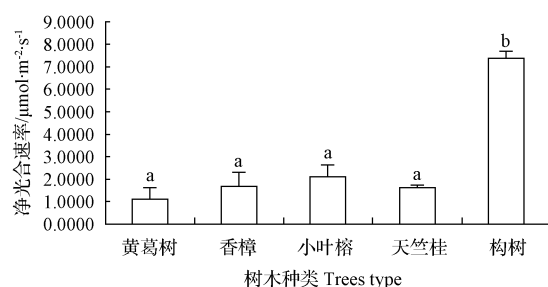


图1 道路绿地类型中5种树木的净光合速率

Fig. 1 Road green land type of net photosynthetic rate of five kinds of trees

Gs 有关。表明5种树木在道路绿地中降温增湿效果大小为构树>小叶榕>天竺桂>香樟>黄葛树。构树在道路绿地中降温增湿效果好,小叶榕和天竺桂次之,黄葛树降温增湿效果最弱。

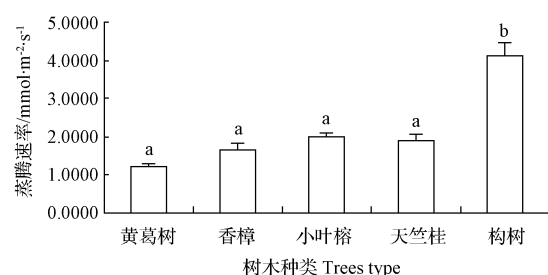


图2 道路绿地类型中5种树木的蒸腾速率

Fig. 2 Road green land type of transpiration rate of five kinds of trees

2.3 道路绿地类型5种树木水分利用率比较

由图3可知,黄葛树、香樟、小叶榕、天竺桂4种树木在道路绿地中的水分利用率之间差异不显著,但与构树差异显著。构树在道路绿地中的水分利用率最高,为1.9700 μmol/mm,天竺桂在道路绿地中水分利用率最低,其值为0.8200 μmol/mm。表明5种树木在道路绿地中水分利用能力大小为构树>小叶榕>香樟>黄葛树>天竺桂。构树在道路绿地中水分利用能力大,小叶榕和香樟次之,天竺桂的水分利用能力最弱。

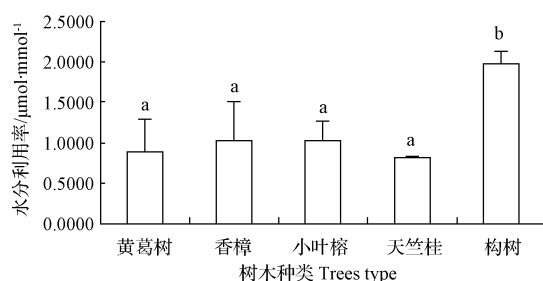


图3 道路绿地类型中5种树木的水分利用率

Fig. 3 Road green land type of water use efficiency of five kinds of trees

2.4 道路绿地类型5种树木光能利用率比较

由图4可知,黄葛树、香樟、小叶榕、天竺桂4种树种在道路绿地中的光能利用率差异不显著,但与构树差异显著。构树在道路绿地中的光能利用率最高,为1.23%,黄葛树在道路绿地中水分利用率最低,为0.18%。表明5种树木在道路绿地中水分利用能力大小为构树>小叶榕>香樟>天竺桂>黄葛树。构树在道路绿地中光能利用率强,小叶榕和香樟次之,黄葛树的光能利用率最弱。

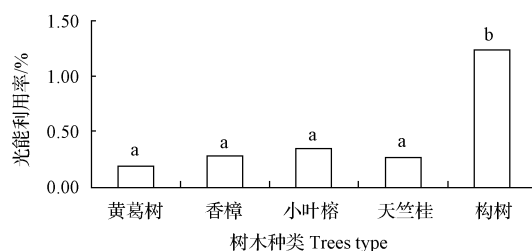


图4 道路绿地类型中5种树木的光能利用率

Fig. 4 Road green land type of light use efficiency of five kinds of trees

2.5 道路绿地类型5种树木CO₂固定效率比较

由图5可知,黄葛树、香樟、小叶榕、天竺桂、构树在道路绿地中的CO₂固定效率间差异不显著。小叶榕在道路绿地中的CO₂固定效率最高,为0.64%,黄葛树在道路绿地中CO₂固定效率最低,为0.37%。说明5种树木在道路绿地中CO₂固定效率大小为小叶榕>香樟>天竺桂=构树>黄葛树。小叶榕在道路绿地的固定CO₂和释放O₂的能力强,香樟和天竺桂次之,黄葛树固定CO₂和释放O₂的能力最弱。

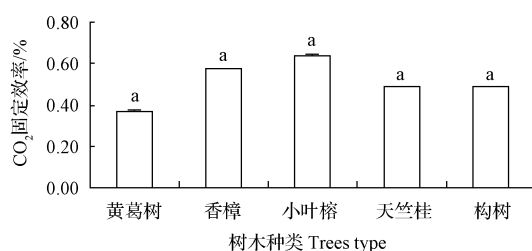
图5 道路绿地类型中5种树木的CO₂固定效率

Fig. 5 Road green land type of carbon assimilation of five kinds of trees

3 结论与讨论

树木叶片光合作用强弱取决于很多因素,既有内部因素也有外部因素,内部因素决定着对同化物的需要及同化物从光合器官中的运输,但是这些内部因素和外界因素条件总是相互作用的,有一些密切的依赖于外界条件。

树木是多年生植物,在其整个生长发育过程中要经历各种环境的季节变化,同时叶片的生长发育及季节更

替带来的叶面积变化也将影响光合特性。植物一般在夏、秋季光合作用较强,而夏季光合速率最高;在春、冬季植物光合作用相对较弱,而冬季光合速率最低对于落叶树种冬季几乎没有进行光合作用^[11]。植物界中不同类型植物光合能力差异很大。一般情况下,阳生植物的光合速率显著大于阴生植物^[12];草本植物的 Pn 大于木本植物^[13],在木本植物中,针叶植物的 Pn 小于阔叶植物,而常绿阔叶植物 Pn 小于落叶阔叶植物^[14]。具体而言,落叶阔叶树的光合速率介于 $2\sim 25 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ^[15],与该试验研究测定的数据相符合。

树木水分散失主要是由叶片蒸腾造成的,叶片光合作用与蒸腾作用是 2 个同时进行的气体交换过程,气孔作为气体交换的门户,其行为调节和控制光合与蒸腾。蒸腾作用与光合作用同步进行,二者的比值决定了植物叶片水平上水分利用率的大小。植物水分利用率在不同季节、不同时间是不同的。

通过对道路绿地中黄葛树、香樟、小叶榕、天竺桂、构树 5 个树木的净光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间 CO_2 浓度、水分利用率和 CO_2 固定效率的分析,可以认为构树、小叶榕、香樟在改善道路绿地环境效益优于天竺桂和黄葛树。构树、小叶榕、香樟 3 种树木能更好地适应恶劣环境的道路绿地,并改善其环境。

参考文献

- [1] 龚垒. 树木的光合作用与物质生产[M]. 北京:科学技术出版社, 1989:31-38.
- [2] 王爱民,刘志学,祖元刚. 天然白桦种苗光合作用日进程[J]. 上海大学学报,2000,12(4):202-205.
- [3] 熊文愈. 树木生理与遗传改良[M]. 北京:中国林业出版社,1981.
- [4] 王蕾,王志,刘连友,等. 城市园林植物生态功能及其评价与优化研究进展[J]. 环境污染与防治,2006,28(1):50-54.
- [5] 曹军胜,刘广全. 刺槐光合特性的研究[J]. 西北农业学报,2005,14(3):118-122.
- [6] 郭延平,张良诚,洪双松,等. 温州蜜柑叶片光合作用的光抑制[J]. 园艺学报,1999,26(5):281-286.
- [7] Ehleringer J R, Foeld C B. Scaling Physiological Processes Leaf to Globe[M]. London Academic Press,1993(1):1-25.
- [8] 冯慧文,张石棋,傅瓦利,等. 城市绿地年龄对土壤理化性质的影响[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2012,37(3):96-104.
- [9] 方文. 重庆市主城区木本植物群落树种组成及结构特点研究[D]. 重庆:西南大学,2007.
- [10] 刘华,减润国,张新平,等. 天山中部 3 种自然生境下天山雪莲的光合生理生态特性[J]. 林业科学,2009,45(3):40-49.
- [11] 曹永慧. 披针叶茴香生理生态学特性研究[D]. 北京:中国林业科学研究院,2009.
- [12] Boardman N K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants[J]. Annual Review of Plant Physiology,1977,28:355-377.
- [13] Lambers H, Chapin F S, III, Pons T L. Plant physiological ecology[J]. Biologia Plantarum,1999,42(1):64-65.
- [14] Mooneyha. Today of plant physiological[J]. Bioscience,1987,37(8):18-20.
- [15] 李海梅,何兴元,王奎玲,等. 沈阳城区五种乔木树种的光合特性[J]. 应用生态学报,2007,18(8):1709-1714.

(该文作者还有王娟,单位同第一作者。)

Comparative Study on Photosynthetic Physiological and Ecological Characteristics of Five Kinds of Trees in Road Green

WEI Pin-xiang¹, HE Ping¹, HU Bing¹, FANG Wen^{1,2}, DUAN Cai-xu¹, XU Feng-feng¹, WANG Juan¹

(1. Key Laboratory (Ministry of Education) of Eco-environments of Three Gorges Reservoir Region, Chongqing Key Laboratory of Plant Ecology and Resources Research for Three Gorges Reservoir Region, School of Life Sciences, Southwest University, Chongqing 400715; 2. Chongqing City Forest-science Academy, Chongqing 400036)

Abstract: Taking 5 kinds of trees (*Cinnamomum camphora* (L.) Presl, *Ficus microcarpa* L. f., *Cinnamomum japonicum* (Diels.), *Ficus virens* Ait. var., *Broussonetia papyrifera* (L.)) in road green land as materials, using the LI-6400 portable photosynthesis system, its photosynthetic characteristics of water use efficiency (WUE), light use efficiency (LUE), carbon assimilation (CE) in different green space types were evaluated. From this three characteristics evaluated its effectiveness of improving the environment were analyzed. The results showed that three kinds of trees (*Broussonetia papyrifera* (L.), *Ficus microcarpa* L. f., *Cinnamomum camphora* (L.) Presl) improved unit subsidiary green space carbon sequestration and released oxygen benefits than *Cinnamomum japonica* and *Ficus virens* Ait. var. *Broussonetia papyrifera* (L.), *Ficus microcarpa* L. f., *Cinnamomum camphora* (L.) Presl could better adapt to bad environment of the road green space, and to improve its environment.

Key words: urban green space; urban trees; photosynthetic physiology and ecology; improving environment