

居住区绿化树种固碳释氧和降温增湿效应研究

李 想, 李海梅, 马 颖, 刘培利

(青岛农业大学 环境艺术学院 山东 青岛 266109)

摘 要:以青岛市居住区广泛应用的 14 种植物为材料, 利用 Li-6400 便携式光合测定系统进行了光合生理生态指标的测定。并对其固碳释氧与降温增湿效应进行了量化研究。结果表明: 14 种植物的固碳释氧量由高到低排列为榆叶梅、悬铃木、绦柳、月季、紫叶桃、火棘、 番、紫叶李、国槐、海桐、樱花、女贞、金叶女贞、红枫。降温增湿能力由高到低为榆叶梅、悬铃木、绦柳、月季、紫叶桃、火棘、 番、紫叶李、国槐、海桐、樱花、女贞、金叶女贞、红枫。同时对各树种固碳释氧量的趋势进行了分析, 以期对居住区绿化树种的选择与配置提供科学依据。

关键词:居住区; 绿化树种; 降温增湿; 固碳释氧
中图分类号:S 731.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001—0009(2008)08—0099—04

进行居民区规划, 不仅要考虑植物的美学功能, 更应注重其生态效应的发挥, 园林植物具有固碳释氧、降温增湿、杀菌、减噪等多种生态功能, 可有效调节小气候, 提供适宜的人居环境。不同的园林植物其固碳释氧与降温增湿能力差异较大^[1], 对青岛市城阳区居住区主要绿化树种进行研究, 以期对居住区绿化植物的选择提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验区域概况

青岛位于山东半岛南端(北纬 35°35′~37°09′, 东经 119°30′~121°00′)。地处北温带季风区域, 属温带季风气候, 夏季高温多雨, 冬季低温干燥, 年平均气温 12.6℃, 1 月份最低, 月平均气温-2℃, 8 月份最高, 月平均气温 25.7℃, 年平均降水量 700 mm 左右。

1.2 试验材料

在对青岛市各居住区绿地现有的植物种类和生长状况进行调查与分析的基础上, 根据植物的典型性和代表性, 从中选出主要绿化植物(14 种)做为试验材料(表 1)。

1.3 试验方法

1.3.1 光合生理生态因子的测定 利用 Li-6400 便携式光合测定系统于 2007 年 3~5 月晴朗、无风的天气情况下, 从早 6:00 到晚 18:00, 每隔 2 h 测定 1 次, 每个树种选择 5 株, 每株取 3~5 个叶片, 每个叶片取 3~6 个瞬时光合速率值。

第一作者简介:李想(1982-), 男, 山东枣庄人, 在读硕士, 现主要从事园林植物生态学研究工作。E-mail: llts_1982@163.com。
通讯作者:李海梅。E-mail: lihai mei75 @163.com。
基金项目:莱阳农学院博士基金资助项目(630414)。
收稿日期:2008-02-24

表 1 试验材料

	植物名	拉丁名	科名	属名
乔木	红枫(彩叶)	<i>Acer palmatum</i> cv. <i>Atropurpureum</i>	槭树科	槭树属
	女贞(常绿)	<i>Ligustrum lucidum</i>	木犀科	女贞属
	悬铃木	<i>Platanus acerifolia</i>	悬铃木科	悬铃木属
	紫叶李(彩叶)	<i>Prunus cerasifera</i> cv. <i>Atropurpurea</i>	蔷薇科	桃属
	樱花	<i>Prunus lannesiana</i>	蔷薇科	梅属
	紫叶桃(彩叶)	<i>Prunus persica</i> f. <i>atropurpurea</i>	蔷薇科	梅属
	绦柳	<i>Salix matsudana</i> cv. <i>pendula</i>	杨柳科	柳属
灌木	国槐	<i>Sophora japonica</i>	豆科	槐属
	金叶女贞(常绿)	<i>Ligustrum vicaryi</i>	木犀科	女贞属
	海桐(常绿)	<i>Pittosporum tobira</i>	海桐科	海桐属
	榆叶梅	<i>Prunus triloba</i>	蔷薇科	梅属
	火棘	<i>Pyracantha fortuneana</i>	蔷薇科	火棘属
	月季	<i>Rosa chinese</i>	蔷薇科	蔷薇属
	丁香	<i>Syringa oblata</i>	木犀科	丁香属

1.3.2 固碳释氧量计算 植物的固碳释氧量可以在光合速率测定的基础上进行。植物在测定当日的净同化

量计算公式为:
$$P = \sum_{i=1}^j [(P_{(t+1)} + P_i) \div 2 \times (t_{i+1} - t_i) \times 3600 \div 1000]$$
。其中: P: 测定日的同化总量($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$); P_i : 初测点的瞬时光合作用速率; P_{i+1} : 下一测点的瞬时光合作用速率($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$); t_i : 初测点的瞬时时间; t_{i+1} : 下一测点的时间(h); j: 测试次数。测定日的同化总量换算为测定日固定 CO_2 的量为: $W_{\text{CO}_2} = p \times 44 / 1000$ 。式中: 44 为 CO_2 的摩尔质量; W_{CO_2} 为单位面积的叶片固定 CO_2 的质量($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$)。根据光合作用的反应方程: $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$, 可计算出该测定日植物释放 O_2 的质量为: $W_{\text{O}_2} = P \times 32 / 1000$ 。

1.3.3 降温增湿量计算 降温增湿则是在蒸腾速率测定的基础上进行, 各种植物在测定当日蒸腾总量的计算

公式为:
$$E = \sum_{i=1}^j [(e_i + e_{i+1}) \div 2 \times (t_{i+1} - t_i) \times 3600 \div$$

1000]。其中: E : 测定日的蒸腾总量 ($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$); e : 初测点的瞬时蒸腾作用速率; e_{t+1} : 下一测点的瞬时光蒸腾作用速率 ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$); t_i : 初测点的瞬时时间; t_{i+1} : 下一测点的时间 (h); j : 测试次数。 $W_{\text{H}_2\text{O}} = E \times 18$ 式中 18 为水的摩尔质量。设 m^2 叶片在一天中因蒸腾作用散失水分而吸收的热量为 Q , 则 $Q = W_{\text{H}_2\text{O}} \times L \times 4.18$ 。式中 Q 为单位叶面积每日吸收的热量, 单位

为焦耳/每平方米每日 ($\text{J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$)。 L 为蒸发耗热系数 ($L = 597 - 0.57 \times t$, t 为测定日的温度) 4.18 为 $\text{cal} = 4.18\text{J}$ 。由此可计算出各植物每平方米叶片在测定日吸收热量的值。

1.3.4 数据分析 所有数据均采用 Excel 软件进行分析处理, 在此基础上进行分析, 绘制各种图表。

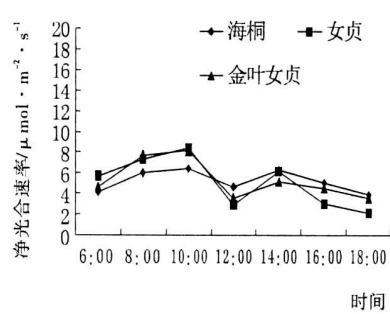


图1 常绿植物光合速率日变化曲线

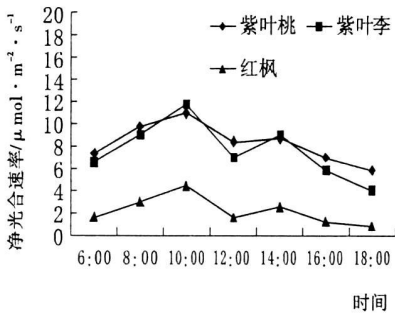


图2 彩叶植物光合速率日变化曲线

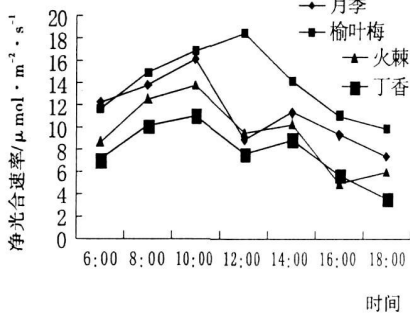


图3 灌木光合速率日变化曲线

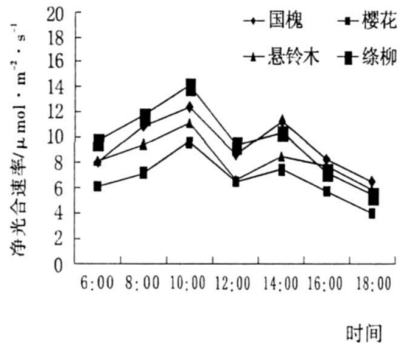


图4 乔木光合速率日变化曲线

14:00~16:00, 且第一个峰值大于第二个峰值。灌木类植物中榆叶梅的光合速率最高可达 $18.6 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 金叶女贞的光合速率较低为 $8.1 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

表2 植物固碳释氧能力

植物名称	固碳量 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$	释氧量 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$
榆叶梅	23.77	17.29
月季	19.49	14.18
绿柳	16.12	11.73
国槐	15.85	11.53
悬铃木	15.39	11.19
火棘	14.45	11.96
紫叶桃	13.00	9.44
丁香	12.49	9.08
紫叶李	11.73	9.46
海桐	9.91	7.21
樱花	8.72	6.34
金叶女贞	8.04	5.84
女贞	6.81	4.96
红枫	3.11	2.26

2.2 固碳释氧结果与分析

根据 Larcher W^[3] 在自然 CO_2 有效性, 饱和光强度、最适温度和适宜的供水条件下, 亚热带和暖温带地区落叶树阳生叶净光合作用的平均最大值在 $10 \sim 25 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间, 所测数据在此范围之内, 因此是可用的。

试验结果表明: 榆叶梅、月季、火棘固碳释氧量较强, 固碳量分别为 23.77 、 19.49 、 $14.45 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 。释氧量分别为 17.29 、 14.18 、 $11.96 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 。而樱花、金叶女贞、女贞、红枫的固碳释氧能力较弱, 其中红枫的固碳、释氧量分别为 3.11 、 $2.26 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 。榆叶梅的固碳量为红枫的 11.3 倍, 释氧量为 7.65 倍(表2)。

彩叶植物的固碳释氧能力较常绿植物要强的多(图

2 结果与分析

2.1 光合日变化曲线

春季大部分植物未完全展叶, 因叶龄较低, 生理代谢功能较弱, 因此光合速率较低。一天中随着光合有效辐射和温度的升高, 其光合速率值逐渐增大(图1~4), 第一个峰值多出现在 10:00~12:00 之间。第二个峰值多出现在 14:00~16:00 之间。中午随着光合有效辐射增强, 多数植物出现光合午休现象, 这可能是由于此时大气湿度降低, 植物气孔导度降低、气孔限制值增大、胞间 CO_2 浓度降低, 光合速率和气孔导度之间呈平行变化趋势, 表明光合午休现象可能是由于气孔限制因子引起的^[2]。

彩叶植物的光合速率比常绿植物普遍较高, 其中紫叶李、紫叶桃的 P_n 的峰值可达到 $11.7 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $10.9 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 推测与彩叶植物中植物花色素苷的含量较多有关。乔木类植物光合速率规律较为一致, 均为双峰曲线, 峰值出现在 10:00~12:00 和

5)。这可能与彩叶植物中花青苷的含量有关。色素在叶片中含量和分布的差异,直接影响了叶片反射光谱的能力,同时也影响了叶片对光能的吸收^[6]。因此,彩叶植物叶片的光能吸收要高于常绿树种。

在灌木中固碳、释氧量最高的榆叶梅、丁香,固碳、释氧量最低为 12.49、9.08 g·m⁻²·d⁻¹。榆叶梅比固

碳、释氧能力最低的丁香高 2 倍;在乔木中国槐、悬铃木的固碳释氧能力相差不大,固碳量分别为: 15.85 g·m⁻²·d⁻¹和 15.39 g·m⁻²·d⁻¹,释氧量分别为 11.53 g·m⁻²·d⁻¹和 11.19 g·m⁻²·d⁻¹。樱花相对较弱,其固碳释氧量分别为 8.74 g·m⁻²·d⁻¹和 6.34 g·m⁻²·d⁻¹。

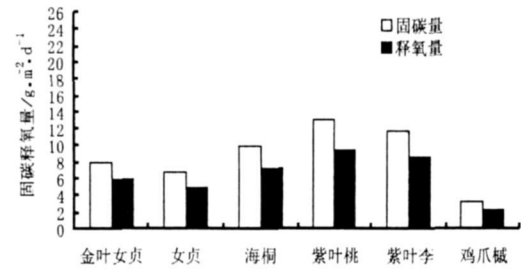


图 5 常绿与彩叶植物固碳释氧量

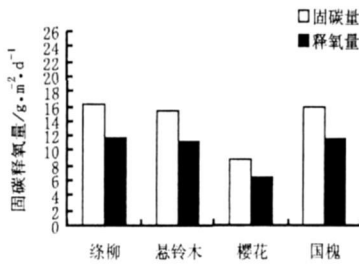


图 6 乔木固碳释氧量

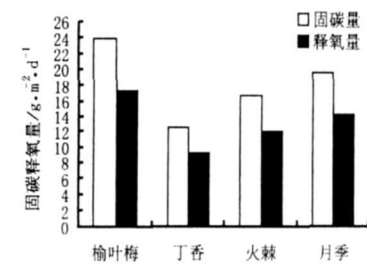


图 7 灌木固碳释氧量

灌木树种在固碳释氧能力方面要显著高于乔木树种。榆叶梅的固碳释氧量高于绿柳、国槐、女贞,在自然条件下,大气颗粒物可能在植物叶片上形成一层物理屏障,使光能利用率降低,从而减弱光合作用^[4,5]。

2.3 降温增湿结果与分析

液态的水经过植物的蒸腾作用,由叶片的气孔和角质层以气态形式散发到空气中,并从环境中吸收热量,降低周围环境中的温度,增加湿度,从而达到改善周围环境小气候的作用^[7]。

植物之间日蒸腾吸热量与释水量的顺序为:榆叶梅、悬铃木、绿柳、月季、紫叶桃、火棘、丁香、紫叶李、国槐、海桐、樱花、女贞、金叶女贞、红枫。

表 3 植物降温增湿能力

植物名称	日蒸腾总量 / mol·m ⁻² ·d ⁻¹	日释水总量 / g·m ⁻² ·d ⁻¹	蒸腾吸热量 / kJ·m ⁻² ·d ⁻¹	降温度数 / °C
紫叶李	100.961	1 817.3	4 399.65	0.2919
紫叶桃	116.005	2 088.08	5 043.89	0.3347
红枫	40.8486	735.274	1 776.17	0.1179
女贞	53.602	964.84	2 332.83	0.1548
金叶女贞	49.707	894.726	2 168.63	0.1439
海桐	69.366	1 248.59	3 018.72	0.2003
月季	121.313	2 183.63	5 285.68	0.3507
国槐	96.4689	1 736.44	4 206.24	0.2791
樱花	63.9996	1 151.99	2 787.66	0.1849
火棘	115.073	2 071.32	5 009.23	0.3324
丁香	103.599	1 864.79	4 502.34	0.2987
悬铃木	145.395	2 617.11	6 320.04	0.4193
榆叶梅	176.816	3 182.69	7 684.72	0.5099
绿柳	144.336	2 598.05	6 279.25	0.4166

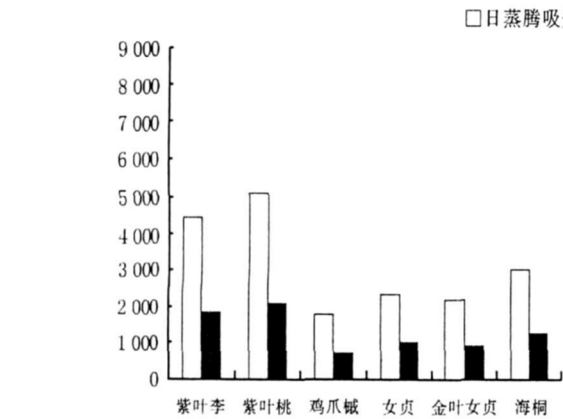


图 8 常绿和彩叶植物日释水吸热量

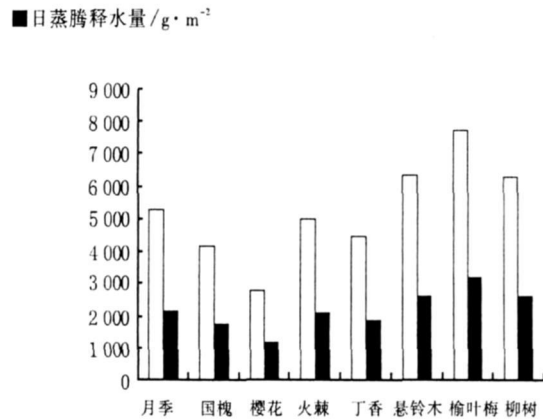


图 9 乔灌木日蒸腾释水吸热量

从表 3 看出榆叶梅的蒸腾吸热量最高为 7 694.72 kJ·m⁻²,日释水总量为 3 182.69 g·m⁻²,降温度数能达到 0.5099℃。最弱的是鸡爪槭,蒸腾吸热量仅有 1 776.17 kJ·m⁻²,日释水总量仅有 735.27 g·m⁻²,降温效果只有 0.1179℃。前者为后者的近 5 倍。

彩叶植物与常绿植物的日蒸腾吸热量与释水量有较明显的差别(图 8),其中紫叶桃与紫叶李要明显高于其它植物,它们的吸收热量分别为 4 399.6 kJ·m⁻²和 5 043.9 kJ·m⁻²,日释水量分别为 1 817.3 kJ·m⁻²和 2 088.1 kJ·m⁻²,常绿植物中只有海桐稍高为 3 018.7

$\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 $1\,248.6 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$, 各植物之间差异不大, 推测可能与 5 月份各树种新叶蒸腾作用器官未发育完善, 蒸腾作用不明显有关^[8]。

乔灌木相比较, 灌木中榆叶梅的蒸腾降温增湿效果最好, 乔木中悬铃木、绦柳的数值均较高。樱花的吸热释水量最低。

3 讨论

通过对青岛市居住区主要绿化树种光合特性的研究, 结果表明, 主要绿化树种的光合曲线多为双峰曲线, 峰值出现在 10:00 ~ 12:00 和 14:00 ~ 16:00, 多数植物中午出现光合午休现象, 推测与气孔限制因子有关^[2,6]。

彩叶植物的固碳释氧能力较强, 可能与其色素在叶片中含量和分布的差异有关, 从而影响了叶片反射光谱的能力, 同时也影响了叶片对光能的吸收。这与王庆菊关于“桃、李属红叶树种叶片光合特性”的研究结果相一致。榆叶梅、绦柳、悬铃木的固碳释氧和降温增湿能力均较强, 适于大面积推广, 女贞、金叶女贞、红枫则较弱,

要适当引种。对于植物固碳释氧和降温增湿作用的机理还有待于进一步深入研究^[8]。

参考文献

- [1] 李海梅, 何兴元, 宋力. 3 种灌木树种光合特性及影响因子研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2007(4): 605-608.
- [2] 李海梅, 何兴元. 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.
- [3] Larcher W. Resistenzphysiologische Grundlagen der evolutiven Kaltakklimatisierung von Sprosspflanzen[J]. Plant Syst Evol, 1981, 13(7): 145-180.
- [4] 韩焕金. 城市绿化植物的固碳释氧效应[J]. 东北林业大学学报, 2005, 33(5): 68-70.
- [5] 曼宁 W J, 费德尔 W A. 大气污染物的植物监测[M]. 黄楚豫, 王瑞金, 译. 北京: 中国环境科学出版社, 1987.
- [6] 王庆菊, 李晓磊, 桃, 李属红叶树种叶片光合特性[J]. 林业科学, 2007, 43(6): 32-37.
- [7] 虞耀谨, 郝洪章. 垂直绿化的夏季降温效应[C]//冯采芹. 绿化环境效应研究. 中国环境科学出版社, 1992: 36-40.
- [8] 朱向涛, 刘庆华, 王奎玲, 等. 耐冬山茶光合特性研究[J]. 山东林业科技, 2007(2): 29-31.

Study on the Greening Tree Species of Residential Area's Cooling and Humidification and Carbon Fixation and Oxygen Release

LI Xiang, LI Hai-mei, Ma Ying, LIU Pei-li

(Department of Landscape Architecture, Qingdao Agricultural University, Shandong, Qingdao 266109, China)

Abstract: This article took fourteen widely used plants in Tingtao as materials, used portable Lci photosynthesis test system to test physiological indices. Furthermore, the carbon fixation and cooling and humidification effects were researched. The results showed: the amounts of carbon fixation and oxygen release of fourteen plants from the highest to the lowest was different, cooling and humidification ability of fourteen plants from the highest to the lowest was, different also. Meanwhile, we had analyzed the trend of the amounts of carbon fixation and oxygen release and gave suggestions on compatability of the plants in order to give scientific foundation on choosing plants and their compatability.

Key words: Residential area; Greening tree species; Cooling and humidification; Carbon fixation and oxygen release

灌 溉 节 水 小 招 数	目前, 农业用水量占我国总用水量	好, 对节水灌溉非常重要。	用水 20% 左右。
	的 2/3 左右, 但水的有效利用率只有	3. 合理运筹, 对水源比较丰富、宽垄窄畦、	5. 群井汇一流, 在水量较小时, 为减少渠
	45% 左右, 节水潜力十分巨大。下面介	地面平整的地块, 可采取两水夹浇的方	道渗漏, 加快水流的速度, 可以采取群
	绍几种节约灌溉用水的小招数。	法, 对地势一头高一头低的地块, 可采取	井汇流, 往一个渠道里集中送水的方
	1. 修好输水渠, 修好输水渠道, 减少渗漏	修筑高水渠的方法, 把水先送到地势高	法, 以扩大浇地范围, 提高灌溉效率。
	确保畅通, 一般可节约用水 20% ~ 30%。	的一头, 然后让水顺着地势往低处流; 在	6. 推广喷灌技术, 喷灌具有灌水均匀、保
	如果采用圆筒形塑料输水管作输水渠,	水源比较缺乏的地方, 实行穴浇、点播	水保土的良好效果, 既能大量节约用
	则水的利用率可达到 95% 以上。	(适用于点播和插秧作物), 一般可节约	水, 又能提高灌溉质量, 平地山地均可
	2. 整地做小畦, 短畦、窄畦水流快, 省	用水 80% ~ 90%。	使用, 一般比渠道送水方法节水 50%
	时间, 用水少。根据各地的经验, 渠灌区一	4. 巧改田畦口, 长 50 m 左右的畦, 当水浇	左右, 有条件的地方应大力推广。
	般以畦长 50 m、畦宽 3 m 为宜; 井灌区以	到 70% ~ 80% 时, 就可改浇另一畦, 这样	
	畦长 25 m、畦宽 2 m 为宜。春闲田平整	不仅可防止畦尾积水和流失, 还可节约	