

对南方公路常绿植物固碳释氧和 降温增湿的研究

刘敏敏¹, 黄满红¹, 杨振乾²

(1. 东华大学 环境科学与工程学院, 上海 201620; 2. 湖南省交通规划勘察设计院, 湖南 410008)

摘要: 采用 Li-6400 便携式光合作用测定系统, 对南方公路上常绿绿化植物净光合速率和气孔导度的日变化和蒸腾速率进行了测定, 计算植物吸收二氧化碳和释放氧气的能力, 以及植物的日蒸腾释水量和蒸腾吸热量. 结果表明: 固碳释氧能力较强的植物是扶芳藤、常春藤和珊瑚, 较弱的植物是红叶石楠、棕榈、麦冬. 而降温增湿能力较高的是麦冬、石楠和扶芳藤, 较低的是红叶石楠、棕榈. 而植物叶片单位质量的叶绿素含量较高的是扶芳藤、常春藤, 值分别是 10.34 、 $9.93 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 较低的是麦冬、香樟、棕榈, 值是 3.55 、 2.67 、 $2.06 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$. 释氧量、净同化量和固碳量与叶绿素含量具有较好的相关性 ($P < 0.05$).

关键词: 常绿植物; 固碳释氧; 降温增湿; 叶绿素; 气孔导度

中图分类号: S 731.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-5137(2014)02-0204-06

随着经济的迅速发展, 全球的温室效应越来越严重. 全球气候变暖和其巨大的危害严重影响经济社会的可持续发展, 减少以二氧化碳为主的温室气体排放刻不容缓. 而交通运输作为主要的碳排放源之一, 是温室气体减排、缓解气候变化的重要环节. 公路的绿化植物通过光合作用吸收二氧化碳的特殊生命活动为减排提供了重要措施. 植物最重要的功能之一是通过光合作用固碳放氧, 通过吸收空气中的 CO_2 在一定程度上减弱温室效应^[1-2]. 目前, 许多研究者对单种植物或植物小群落以及不同地区、不同类型园林植物进行了光合速率的测定、固碳释氧能力研究. 如范亚民^[3]以南宁青秀山城郊风景区作为研究对象, 对城郊绿地进行系统研究, 测定不同植被类型的光和作用、固碳释氧和绿量. 冯义龙等^[4]对重庆市主城区绿地中园林植物群落调查及群落内外温湿度进行测定, 并根据干扰程度、绿地类型、组成结构及郁闭度不同, 分析比较群落的物种多样性及其降温增湿效应. 陆贵巧等^[5]对不同树种各季节固碳释氧能力进行了研究与分析, 得出了各树种日固碳释氧能力变化为夏季 > 秋季 > 春季的结论. 赵萱等^[6]测定不同地被植物光合生理生态指标, 并对其固碳释氧与降温增湿效应进行了量化研究. 本研究在他人研究的基础上对南方某公路中主要绿化植物固碳释氧与降温增湿效益进行了研究, 并初步分析了气孔导度和叶绿素与它们的净同化量、固碳量与释氧量之间的相关关系, 以期为公路绿化树种的选择和配置提供科学依据.

1 材料与方法

1.1 试验区域概况

该区属北亚热带季风气候, 温和湿润, 四季分明. 年平均气温 $10.4 \text{ }^\circ\text{C}$, 最高气温 $38.2 \text{ }^\circ\text{C}$, 最低气温零下 $10.5 \text{ }^\circ\text{C}$, 无霜期 230 d. 年平均降水量 $1\ 003.2 \text{ mm}$, 雨日 137 d. 6~7 月有梅雨, 平均 20 d 左右. 夏秋

收稿日期: 2014-02-24

基金项目: 湖南省交通厅科研项目(200908, 201105); 交通运输部科研项目(010353343290)

作者简介: 刘敏敏, 女, 硕士研究生; 黄满江, 女, 副教授.

通信作者: 黄满江, E-mail: eqqhmh@163.com

常有台风过境, 平均每年 1.5 次. 局部地区有时有龙卷风、冰雹为害. 秋冬多雾. 易涝少旱.

1.2 试验材料

对该区公路现有的植物种类进行实地调查, 选择了上海市绿化中使用频度较高的植物: 香樟 (*Cinnamomum camphora* (Linn.) Presl)、珊瑚 (*Aucuba eriobotryaefolia*)、棕榈 (*Trachycarpus fortunei*)、广玉兰 (*Magnolia grandiflora*-Linn)、石楠 (*Photinia glabra*)、红叶石楠 (*Photinia serrulata*)、洒金东瀛珊瑚 (*Aucuba japonica* var. *variegata* D'Om-Brain)、麦冬 (*Radix Ophiopogonis*)、常春藤 (*Hedera helix*)、扶芳藤 (*Euonymus fortunei* Hand. -Mazz) 共 10 种植物.

1.3 试验方法

1.3.1 光合速率和气孔导度的测定

采用美国 Li-Cor 公司生产的 Li-6400 便携式光合仪进行测量. 选择 3~5 月晴朗、无风的天气情况下, 在自然光照条件下, 从 8:00~18:00 每隔 2 h 测量 1 次. 每次每个树种选健康植株 3 株, 随机选取树木的向阳面中部的 3~5 片叶进行测定. 待系统稳定后, 每片叶取 3~6 个瞬时光合速率值 (P_n) 和气孔导度的值 (C_s). 进行测试时叶室要将叶片夹紧, 保证密封.

测定在不同的时间点光强度不同, 从 8:00~18:00 每隔 2 h 测量 1 次的光强度分别为: 918.18、1 004.89、1 455.67、1 018.45、887.95、205.98 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. 测定时采用普通叶室, 叶室的面积是固定的 $3 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$, 测定时保证叶片充满叶室就可确定测定的面积是 6 cm^2 . 测定针状叶片时, 采用多个叶片并列不能存在缝隙的方法进行, 保证叶片填满叶室, 测定面积是 6 cm^2 .

用当日净同化量计算公式计算树种当日净同化量, 将树木当日净同化量换算成固定 CO_2 量、释放 O_2 量.

1.3.2 叶绿素的测定

取所测的 10 种植物的新鲜叶片, 洗净后用吸水纸吸干表面水分, 作为试验材料. 将干净叶片剪碎后, 准确称取 0.5 g (精确到 0.1 mg) 放入 50 mL 比色管中, 加入 25 mL 提取液. 叶绿素提取液为: 95% 丙酮—乙醇 (用体积比为 2:1 的丙酮—无水乙醇混合液配成 95% 的水溶液). 比色管加塞放置于 25°C 生化培养箱内暗中提取叶绿素. 每种提取方法重复 3 次. 采用分光光度计测定其含量, 计算提取液中叶绿素浓度, 换算为每克鲜叶叶绿素含量 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 鲜重.

1.3.3 固碳释氧能力计算方法

在植物光合作用日变化曲线中, 其同化量是净光合速率曲线与时间横轴围合的面积^[7]. 以此为基础, 设净同化量为 P , 通常用以下公式计算固碳释氧量^[8]. 各种植物在测定当日的净同化量计算公式为:

$$P = \sum_{i=1}^j [(P_{i+1} + P_i) \div 2 \times (t_{i+1} - t_i) \times 3600 \div 1000],$$

其中: P 为测定日的净同化总量, 单位为 $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; P_i 是初测点的瞬时光合作用速率; P_{i+1} 为下一测点的瞬时光合作用速率, 单位为 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; t_i 是初测点的瞬时时间; t_{i+1} 是下一测点的时间, 单位为 h; j 为测试次数.

植物固碳 (CO_2) 释氧量的计算, 用测定日的同化量换算为测定日固定 CO_2 量, 公式^[8]:

$$W_{\text{CO}_2} = P \cdot 44/1000,$$

式中: 44 为二氧化碳的摩尔质量, 单位为 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; W_{CO_2} 为单位面积的叶片固定 CO_2 的质量, 单位为 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$.

同时根据植物光合作用过程反应式^[7]: $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$, 可计算出该测定日植物释放氧气的质量, 公式为:

$$W_{\text{O}_2} = P \cdot 32/1000,$$

式中: 32 为氧气的摩尔质量, 单位为 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; W_{O_2} 为单位面积的叶片固定 CO_2 的质量单位为 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$.

1.3.4 降温增湿量能力计算方法

测定植物的蒸腾速率, 从而求得植物的日释放水量和降低的温度, 计算公式如下^[6]. 设日蒸腾总量

为 E , 各种植物在测定当日蒸腾总量的计算公式为:

$$E = \sum_{i=1}^j [(e_{i+1} + e_i) \div 2 \times (t_{i+1} - t_i) \times 3600 \div 1000],$$

其中: E 为测定日的蒸腾总量, 单位为 $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; e_i 为初测点的瞬时蒸腾作用速率; e_{i+1} 为下一测点的瞬时蒸腾作用速率, 单位为 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; t_i 为初测点的瞬时时间; t_{i+1} 为下一测点的时间, 单位为 h ; j 为测试次数.

设每平方米叶片在一天中因蒸腾作用散失水分而吸收的热量为 Q , 公式:

$$Q = E \times L \times 18,$$

式中: Q 为单位叶面积每日吸收的热量, 单位为 $\text{J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. L 为蒸发耗热系数 ($L = 2495 - 2.38 \times t_f$ 为测定日叶面温度) 单位为 $\text{J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$. 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.

降温的公式^[9]如下:

$$\Delta T = Q / (pc \times v),$$

式中: ΔT 为降温值, 单位 $^\circ\text{C}$; pc 为空气的容积热容量, 单位为 $\text{J} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$; v 为空气柱体积, 单位为 m^3 .

2 结果与分析

2.1 光合作用和气孔导度日变化曲线

植物总是生活在某种特定环境中, 并且与外界环境之间不断地进行着物质能量交换. 由于影响光合作用的环境因子(温度、光照、水分等)在一天中发生明显的变化, 因此光合速率也呈现出相应的变化规律^[10]. 春季大部分植物叶未完全展开, 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, 其净光合速率的值逐渐增大.

对 10 种植物的净光合速率的日变化和气孔导度进行了测定, 绘制了植物的净光合速率和气孔导度日变化曲线, 日变化曲线见图 1、2.

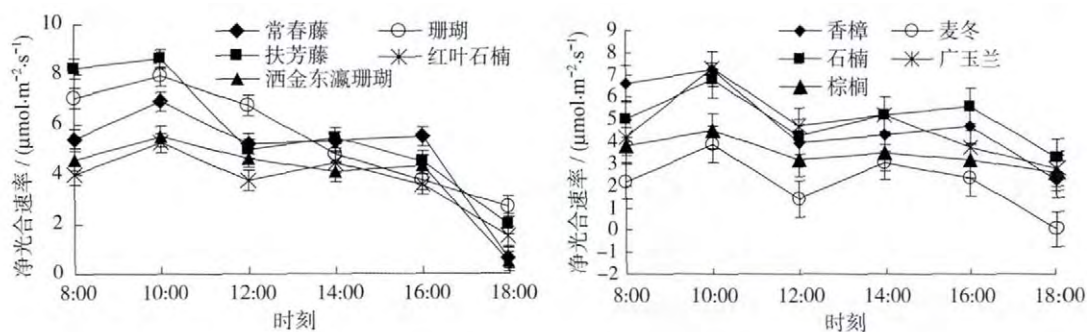


图1 常绿植物光合速率日变化曲线

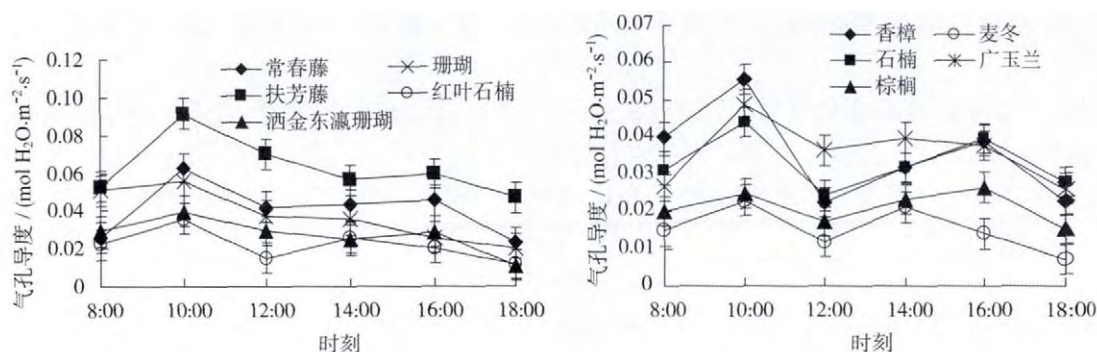


图2 常绿植物气孔导度日变化曲线

从图1中可以看出,除珊瑚外的植物的净光合速率日变化曲线均呈双峰曲线.扶芳藤的净光合速率明显高于其他植物,扶芳藤在早上10:00时达到第一个高峰,值为 $8.62 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,第二个峰值是在下午14:00左右出现,值是 $5.45 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,在12:00时净光合速率值明显下降.扶芳藤的净光合速率最小值在下午18:00左右达到 $2.01 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,最大值与最小值相差 $6.61 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.扶芳藤相较于其他植物而言在测定的一天中变化幅度是最大的.珊瑚的净光合速率日变化曲线呈单峰,在10:00左右出现峰值 $7.92 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.草本植物麦冬的净光合速率明显低于其他植物.总的来看,藤本植物扶芳藤和常春藤的净光合速率较大,而草本植物麦冬的净光合速率较低.

从图2可以看出,珊瑚的气孔导度日变化曲线呈单峰曲线,其他植物均呈双峰曲线.扶芳藤和常春藤的气孔导度值明显高于其他植物,麦冬的气孔导度值较低,第1个峰值出现在10:00左右,值分别为 $0.092, 0.063, 0.023 \text{ mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.扶芳藤和常春藤在16:00左右出现第2个峰值,而麦冬的第2个峰值出现在14:00左右.

从图1和图2可以看出,10种植物除了个别植物,其他植物光合速率和气孔导度的日变化曲线均表现为双峰曲线或近似双峰曲线,植物的气孔导度的日变化趋势与光合速率的日变化趋势大体相同.常绿植物中的草本植物净光合速率最低,藤本植物比其他植物高.光合速率和气孔导度的第1个峰值多出现在10:00左右,第2个峰值多出现在14:00~16:00之间.在中午12:00时多数植物净光合速率的日变化出现“光合午休”现象.中午随着光合有效辐射的增强,多数植物出现光合午休现象.这可能是在高光强下,大气湿度降低,水分的过度消耗造成气孔关闭^[11]、气孔传导率下降^[11],而气孔关闭导致二氧化碳供应不足从而导致光合作用减弱.

2.2 固碳释氧结果分析

植物通过光合作用来实现固碳释氧的能力,对于降低温室效应、改善环境质量具有重要意义.不同的树种因生理特性不同,同化 CO_2 和释放 O_2 的能力亦有差异^[13].不同植物固碳释氧能力是不同的,所测的10种植物的固碳释氧量见表1.

表1 10种植物单位叶面积日固碳释氧量

从表1可以看出,在10种植物中扶芳藤、珊瑚、常春藤的固碳释氧量较高,固碳量分别为 $9.1, 8.93, 8.25 \text{ g/m}^2$,释氧量分别为 $6.62, 6.49, 6.0 \text{ g/m}^2$.而棕榈、麦冬的固碳释氧量最低.而扶芳藤的固碳量约是麦冬的2倍.日固碳释氧量最低的是草本植物麦冬,而藤本植物比其他植物高.

10种植物单位叶面积总体日固碳释氧量大小排序为:扶芳藤、珊瑚、常春藤、石楠、香樟、广玉兰、洒金东瀛珊瑚、红叶石楠、棕榈、麦冬.

植物名称	净同化量/ ($\text{mmol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)	固碳量/ ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	释氧量/ ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)
扶芳藤	206.94	9.10	6.62
珊瑚	202.95	8.93	6.49
常春藤	187.53	8.25	6.0
石楠	186.99	8.23	5.98
香樟	177.75	7.82	5.69
广玉兰	176.07	7.75	5.63
洒金东瀛珊瑚	102.74	6.72	4.89
红叶石楠	142.76	6.28	4.57
棕榈	126.21	5.55	4.04
麦冬	85.27	3.75	2.73

2.3 降温增湿结果分析

从表2可以看出,各植物之间日蒸腾吸热量与释水量的顺序为:石楠>麦冬>扶芳藤>珊瑚>广玉兰>常春藤>香樟>洒金东瀛珊瑚>红叶石楠>棕榈.其中以麦冬的蒸腾吸热量最高,为 $2406.88 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$,日释水总量为 $991.10 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,降温度数能达到 $0.19 \text{ }^\circ\text{C}$.最弱的是棕榈,蒸腾吸热量仅有 $943.69 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$,日释水总量仅有 $388.61 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,降温度数只有 $0.075 \text{ }^\circ\text{C}$.总的来看,草本植物麦冬的蒸腾吸热量和日释水总量最高,最低的是棕榈.

2.4 叶绿素的测定

不同植物的叶绿素含量不同,而植物的光合速率与叶绿素的含量有关,对植物叶片的叶绿素进行测定,测定结果见表3.

表2 10种植物单位叶面积的日蒸腾释水量及日蒸腾吸热量

植物名称	日蒸腾总量/ ($\text{mmol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)	日释水总量/ ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	蒸腾吸热量/ ($\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$)	降温度数/ $^{\circ}\text{C}$
棕榈	21.59	388.61	943.69	0.075
扶芳藤	49.38	888.8	2 108.32	0.170
珊瑚	46.99	845.76	2 053.81	0.160
常春藤	38.61	694.97	1 687.63	0.140
石楠	56.04	1 008.77	2 449.65	0.200
香樟	37.88	681.83	1 655.73	0.130
广玉兰	44.23	796.08	1 933.17	0.100
洒金东瀛珊瑚	34.38	618.86	1002.81	0.120
麦冬	55.06	991.10	2 406.88	0.190
红叶石楠	22.84	410.05	998.18	0.079

由表3可以看出,所测的10种植物中扶芳藤叶片的单位质量的叶绿素含量最高,值为 $10.34 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,最低的是棕榈,值为 $2.06 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$.扶芳藤的叶片的单位质量的叶绿素含量是棕榈的5倍.植物叶片的单位质量的叶绿素的含量从高到低是扶芳藤、常春藤、珊瑚、石楠、红叶石楠、洒金东瀛珊瑚、广玉兰、麦冬、香樟和棕榈.

2.5 相关性分析

植物的叶绿素、固碳释氧和降温增湿能力之间的相关关系用SPSS进行分析,结果如表4.

表3 10种植物叶片单位质量的叶绿素含量

植物名称	叶绿素含量/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	植物名称	叶绿素含量/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)
棕榈	2.056	麦冬	3.55
香樟	2.67	红叶石楠	5.54
广玉兰	3.74	石楠	6.67
扶芳藤	10.34	常春藤	6.93
珊瑚	6.81	洒金东瀛珊瑚	5.52

表4 相关性分析

相关性	净同化量	释氧量	固碳量	日蒸腾总量	日释水总量	蒸腾吸热量	降温度数	叶绿素含量
净同化量	1	—	—	—	—	—	—	—
释氧量	1.000**	1	—	—	—	—	—	—
固碳量	1.000**	1.000**	1	—	—	—	—	—
日蒸腾总量	0.235	0.236	0.234	1	—	—	—	—
日释水总量	0.235	0.235	0.234	1.000**	1	—	—	—
蒸腾吸热量	0.235	0.235	0.234	1.000**	1.000**	1	—	—
降温度数	0.241	0.241	0.240	0.997**	0.997**	0.997**	1	—
叶绿素含量	0.641*	0.641*	0.641*	0.387	0.387	0.387	0.402	1

** $P < 0.01$, * $P < 0.05$

由表4可知,净同化量、释氧量和固碳量三者的相关性系数是1,日蒸腾总量、日释水量、蒸腾吸热量和降温度数的相关性系数是 $0.997 \sim 1$.降温增湿与固碳释氧量和叶绿素的相关性系数分别是0.235和0.387,相关性较低.叶绿素同固碳释氧量的相关性是0.641,二者之间具有中强度相关性.

3 结 论

大多数植物的净光合速率和气孔导度的日变化曲线均呈双峰曲线,光合速率的第一个峰值多出现在10:00左右,第二个峰值多出现在14:00~16:00之间.固碳释氧量、净同化量和固碳量与叶绿素含量具有较好的相关性($P < 0.05$).净光合速率与气孔导度的日变化趋势相似.

不同绿化树种固碳释氧和降温增湿能力有一定的差异,在测试的10种植物中扶芳藤和常春藤的固碳释氧和降温增湿能力最强,而红叶石楠、棕榈的固碳释氧和降温增湿能力最弱.在公路绿化时,可以优先选取固碳释氧和降温增湿能力相对较强的植物.而对于固碳释氧和降温增湿能力相对较弱的植物,可以作为点缀树种少量种植.在进行绿化树种配置设计时,还要考虑具体植物的绿量,对整棵树的固碳释

氧和降温增湿能力进一步研究.

参考文献:

- [1] 陈月华,廖建华,覃事妮.长沙地区19种园林植物光合特性及固碳释氧测定[J].中南林业科技大学学报,2012,32(10):106-120.
- [2] 段可可,牟瑞芳,陈雯.成都市绿地系统生态环境效应分析[J].交通环保,2004,25(4):32-34.
- [3] 范亚民.城郊绿地系统生物效应研究——以南宁青秀山为例[D].长沙:中南林学院,2003.
- [4] 冯义龙,田中,何定萍.重庆市区绿地园林植物群落降温增湿效应研究[J].安徽农业科学,2008,36(7):2736-2739.
- [5] 陆贵巧,尹兆芳,谷建才,等.大连市主要行道绿化树种固碳释氧功能研究[J].河北农业大学学报,2006,29(6):49-51.
- [6] 赵萱,李海梅.10种地被植物固碳释氧与降温增湿效益研究[J].江西农业学报,2009,21(1):44-47.
- [7] 杨士弘.城市绿化树木碳氧平衡效应研究[J].城市环境与城市生态,1996,9(1):37-39.
- [8] 李想,李海梅,马颖,等.居住区绿化树种固碳释氧和降温增湿效应研究[J].北方园艺,2008(8):99-102.
- [9] 莫健彬,王丽勉,秦俊,等.上海地区常见园林植物蒸腾降温增湿能力的研究[J].安徽农业科学,2007,35(30):9506-9507.
- [10] 刘海荣.沈阳市常用灌木固碳释氧降温增湿能力的研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2007.
- [11] HODGES J D. Patterns of photosynthesis under natural environmental conditions [J]. Ecology, 1967, 48:234-242.
- [12] P J 克累默尔.木本植物生理学[M].汪振儒译.北京:中国林业出版社,1985.
- [13] 潘瑞炽,董愚得.植物生理学[M].北京:高等教育出版社,1995.

Study on carbon-fixing ,oxygen-releasing ,temperature-reducing and humidity-increasing effects of evergreen plants in south highway

LIU Minmin¹ ,HUANG Manhong¹ ,YANG Zhenqian²

(1. College of Environmental Science and Engineering ,Donghua University ,Shanghai 201620 ,China ;

2. Hunan Provincial Communication Planning ,Survey & Design Institute ,Changsha 410008 ,China)

Abstract: Li-6400 portable photosynthesis system ,was used to test the diurnal variations of photosynthetic rate and stomatal conductance of evergreen plants in Southern Highway ,and to calculate their ability of absorbing carbon dioxide and releasing oxygen and to calculate the transpiring water volume and absorbing heat quantity of plants. Results showed that *Euonymus fortunei* Hand -Mazz ,*Hedera helix* ,*Aucuba eriobotryaefolia* had better carbon-fixing and oxygen-releasing effects ,while *Photinia serrulata* ,*Trachycarpus fortunei* ,*Radix Ophiopogonis* had worse carbon-fixing and oxygen-releasing effects. *Radix Ophiopogonis* ,*Photinia glabra* ,*Euonymus fortunei* Hand. -Mazz had higher cooling and humidification ability ,while *Photinia serrulata* ,*Trachycarpus fortunei* did not act as well as them. *Euonymus fortunei* Hand. -Mazz and *Hedera helix* had higher leaf chlorophyll in per unit mass ,values are 12.91、10.34、9.93 mg · g⁻¹. *Radix Ophiopogonis* ,*Cinnamomum camphora* (Linn.) Presl and *Trachycarpus fortunei* had lower leaf chlorophyll in per unit mass ,value is 3.55、2.67、2.06 mg · g⁻¹. Releasing oxygen ,fixing carbon ,net assimilation and chlorophyll content has good correlation ($P < 0.05$).

Key words: evergreen plants; carbon fixation and oxygen release; cooling and humidification; chlorophyll; stomatal conductance

(责任编辑:顾浩然)