

## 城市绿化植物对大气污染的响应

彭长连 温达志 孙梓健 林桂珠 林植芳 孔国辉

(中国科学院华南植物研究所, 广东广州 510650)

**摘要:** 研究了 19 种盆栽于广州市工业生产点 (IS)、交通枢纽点 (TS) 和公园对照点 (CS) 的木本植物对大气污染的响应。综合污染指数表明 3 个研究地点 2000 年的污染程度由大到小的顺序为 IS>TS>CS。在污染点生长的 19 种绿化植物叶片的叶绿素含量、Fv/Fm 都有不同程度的降低, 细胞膜渗漏率则上升。不同绿化植物对大气污染的响应不同, 印度胶树, 榕树, 黄榕, 海南红豆, 夹竹桃, 山玉兰, 灰莉, 桃花心木, 牛乳树等对工业废气和机动车尾气等大气污染都有较强的抗性, 而肖蒲桃, 仪花, 木棉, 朱槿等对大气污染较为敏感。

**关键词:** 绿化植物; 大气污染; 广州

**中图分类号:** Q945.11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3395 (2002) 04-0321-07

## Response of Some Plants for Municipal Greening to Air Pollutants

PENG Chang-lian WEN Da-zhi SUN Zi-jian LIN Gui-zhu LIN Zhi-fang KONG Guo-hui

(South China Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China)

**Abstract:** Nineteen taxa of potted seedlings were put on roofdecks at ca 5 m above ground in air-polluted sites (industrial site, IS; and transportation site, TS) and less-polluted site (control site at Luhuhu Park, CS) at Guangzhou city to compare the response of the plants to air pollutants. The integrated index of air pollution at the three sites in 2000 were in the order of IS > TS > CS. The content of chlorophyll and Fv/Fm in leaves of all species after growing for one and half year at two air-polluted sites (IS and TS) decreased, whereas the cell membrane leakage rate increased as compared with the control site. Some plants such as *Ficus elastica*, *F. microcarpa*, *F. microcarpa* cv. Golden leaves, *Ormosia pinnata*, *Nerium indicum*, *Magnolia delavayi*, *Fagraea ceilanica*, *Swietenia mahagoni* and *Mimusops elengi* exhibited more resistance to air pollutants than others such as *Acmena acummatissima*, *Lysidice rhodostegia*, *Bombax malabaricum* and *Hibiscus rosa-sinensis*.

**Key words:** Plants for municipal greening; Air pollution; Guangzhou

收稿日期: 2001-10-11; 接受日期: 2002-01-06

基金项目: 广东省环保局基金、广东省自然科学基金项目 (990758, 990762) 联合资助

缩写: Fv/Fm—PS II 的原初光化学效率

环境污染是关系到人类生存的严峻问题,受到当今世界各国普遍关注和重视。我国大气污染总体上仍十分严重,且有继续恶化的趋势, $\text{SO}_2$ 排放量不断增长,目前每年已达 2 000 万吨, $\text{NO}_x$ 排放量达 726 万吨,造成酸雨地区扩大,频率提高,雨水 pH 降低。华南地区(四川、贵州、广西、广东)继欧洲、北美之后已成为世界第三大酸雨区,这个地区每年因酸雨造成的经济损失高达 140 亿元,有的城市酸雨率已达 90%,雨水 pH 已降到 3.2。汽车尾气污染在一些大城市也日趋严重,其排放量比美国、日本等工业发达国家高出十几倍甚至几十倍<sup>[1]</sup>。广东是中国经济增长最快的地区,其经济发展和环境保护的矛盾尤为突出。我们近年对马尾松年轮的碳同位素比( $\delta^{13}\text{C}$ )的分析,已估测到从 1980 年以来,广东省一些工厂附近森林大气中  $\text{CO}_2$  浓度正以年平均  $2.3 \mu\text{mol mol}^{-1}$  的速率增长,而实测的结果也发现  $\text{CO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  和  $\text{SO}_2$  浓度明显比鼎湖山自然保护区高  $1.7\text{--}30 \mu\text{mol mol}^{-1}$  ( $\text{CO}_2$ ),  $5\text{--}20 \text{nmol mol}^{-1}$  ( $\text{NO}_x$ ) 和  $2\text{--}19 \text{nmol mol}^{-1}$  ( $\text{SO}_2$ )<sup>[2,3]</sup>。广州工业耗煤从 1985 年的 270.4 万吨,增加到 1993 年的 811 万吨, $\text{SO}_2$  排放量从 10.10 万吨增加到 16.22 万吨,1993 年的酸雨频率高达 76.3%, pH 值平均为 4.16。由于市区机动车数量急增,大气中  $\text{NO}_x$  浓度已由 1985 年的  $0.073 \text{mg m}^{-3}$  急剧升至 1993 年的  $0.115 \text{mg m}^{-3}$  (国际标准  $<0.05 \text{mg m}^{-3}$ ); 大气粉尘越来越严重,1993 年总悬浮微粒浓度达到  $0.256 \text{mg m}^{-3}$  (国际标准  $0.06\text{--}0.09 \text{mg m}^{-3}$ ), 超过国际大都市标准 1.8 倍。城市空气混浊,雾日增加,能见度下降,局部城区曾出现短暂的类光化学烟雾现象<sup>[4]</sup>。

绿化可以改善人类生活素质、保护城市生态环境,在城市大气环境的生态平衡中起着“除污吐新”的作用<sup>[5]</sup>。然而,植物对大气环境污染物的耐受能力与适应性千差万别,有的植物长期在大气污染环境下生长旺盛,有些在短期内即死亡<sup>[6]</sup>。目前有关大气污染对园林绿化植物的影响和作用机理尚缺乏深入系统的研究。为此,我们在广州选择几个不同程度的污染点,以不同绿化植物为对象,应用叶绿素荧光技术等从多方面研究大气污染对植物的影响,并比较了不同植物对大气污染敏感性的差异,为探讨大气污染对植物的伤害及植物的抗性机理奠定理论基础,为进一步筛选出一些有应用价值的能耐受大气污染的绿化植物种类及苗木提供理论依据。

## 1 材料和方法

**采样地点** 按广州市不同大气污染成分和大气污染物浓度的分布在广州市城区选取 3 个实验点:(1)白云山山脚的麓湖公园(CS),大气污染较少,代表清洁区;(2)广雅中学(IS),代表工业区, $\text{SO}_2$  含量较高,(3)广州市东风路边的越秀公安分局(TS),代表交通枢纽区, $\text{NO}_x$  较高,主要是汽车尾气的污染。

**植物材料和测定方法** 试验于 1999 年 3 月开始,挑选 19 种植物幼苗,其中包括广州市现有的几种绿化植物和一些对城市绿化有应用前景的植物,株高约 80–100 cm。盆栽,在华南植物园苗圃生长一个月后,分别移至 3 个实验点的楼顶(离地约 5 m),每个实验点每种植物 3 盆重复,3 个实验点同等肥水管理。2000 年 9 月中旬取当年生的成熟叶作各项分析测定。

**光合色素测定** 以 80%的丙酮提取,分光光度计(Beckman DU-7)测定<sup>[7]</sup>。

**细胞膜的渗漏率** 取数量相等的叶圆片( $d=0.6 \text{cm}$ )用蒸馏水浸泡 3 h,以 DDS-11 型

电导仪测出浸出液在煮沸前、后的电导度, 计算相对电导率。

**叶绿素荧光的测定** 采用彭长连等<sup>[9]</sup>的方法, 用脉冲调制荧光仪 (Pulse Modulation Fluorometer, PAM, Walz, Germany) 测定叶片的叶绿素荧光诱导曲线。原初荧光 ( $F_0$ ) 是用暗适应 15 min 的叶片在弱调制测量光 ( $0.05 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) 诱导下产生的, 最大荧光 ( $F_m$ ) 则在 ( $F_0$ ) 之后用强饱和脉冲 ( $5000 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) 激发。

## 2 结果

### 2.1 广州市不同实验点的大气污染情况

图 1 是由广州市环境监测中心站测定的 3 个实验点从 1992 到 2000 年大气污染物  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$  的变化动态 (广州市环境监测中心站, 广州市环境质量报告书, 1992-2000)。从 2000 年的综合污染指数来看, 3 个实验点污染程度由大到小的顺序是: 工业区 (IS) > 交通枢纽区 (TS) > 清洁区 (CS), 工业区和交通区的污染程度没有明显的差异, 但工业区  $\text{SO}_2$  的浓度最高, 而交通枢纽区的  $\text{NO}_x$  浓度最高。

### 2.2 大气污染对植物叶片光合色素和细胞膜透性的影响

空气污染可直接影响城市绿化植物叶片的光合色素 (叶绿素) 的含量 (表 1)。与对照点相比, 在工业点和交通点生长的 19 种绿化植物叶片的叶绿素含量有不同程度的下降, 其中印度胶树、榕树、黄榕、海南红豆、夹竹桃、红胶木、山玉兰、灰莉、桃花心木、牛乳树等叶绿素含量下降的幅度相对较小, 而长芒杜英、水石榕、钝叶鱼木、鹅掌藤其次。下降幅度较大的为肖蒲桃、仪花、吊灯树、木棉、朱槿等植物。公园对照点、工业点、交通点的所有植物叶绿素含量平均值分别为  $43.37$ 、 $33.58$ 、 $32.98 \mu\text{g cm}^{-2}$ 。以公园对照点为 100%, 工业点和交通点的叶绿素含量则分别下降了 22.57%、24.03%。交通点的影响较工业点稍大。

另一类光合色素类胡萝卜素与植物对环境的适应性和抗逆性密切相关, 不同试验点绿化植物叶片的类胡萝卜素含量的变化与叶绿素含量的变化基本一致 (表 2)。所有绿化植物的类胡萝卜素平均值在工业点、交通点、公园对照点分别为  $8.06$ 、 $8.14$  和  $10.76 \mu\text{g cm}^{-2}$ 。

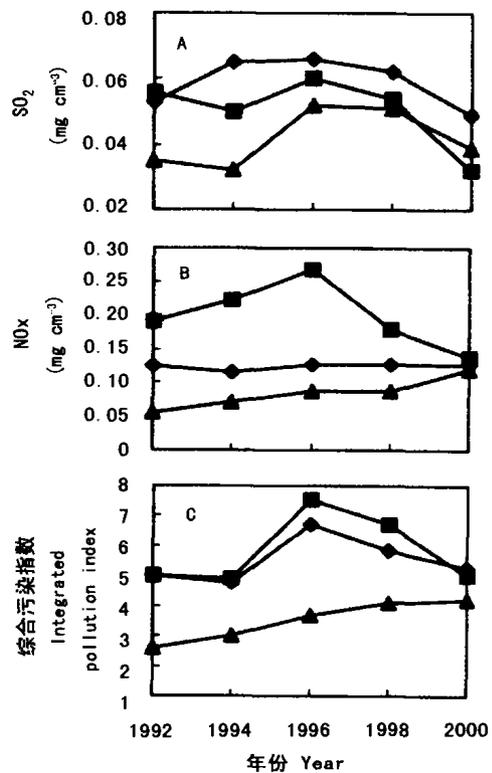


图 1 广州市 3 个实验点 1992-2000 年大气  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  浓度和综合污染指数的变化

Fig. 1 Changes in atmospheric concentrations of  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  and integrated pollution index at three experimental sites of Guangzhou city during 1992-2000

◆ IS—工业点 Industrial site; ■ TS—交通点 Transportation site; ▲ CS—公园对照点 Park control site

表 1 3 个实验点的城市绿化植物叶片叶绿素的含量 ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ )Table 1 Chlorophyll contents ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) in leaves of plants grown at three experimental sites

种类 Species	工业点 Industrial site (IS)	交通点 Transportation site (TS)	公园对照点 Park control site (CS)
印度胶树 <i>Ficus elastica</i>	37.29±2.16 (81.22%)	39.92±0.72 (86.69%)	45.91±4.07 (100%)
榕树 <i>F. microcarpa</i>	41.16±2.0 (94.49%)	43.18±2.36 (99.12%)	43.56±4.09 (100%)
黄榕 <i>F. microcarpa</i> cv. Golden Leaves	43.98±0.56 (89.94%)	35.92±1.17 (73.45%)	48.9±1.75 (100%)
肖蒲桃 <i>Acmena accuminatissima</i>	29.55±3.14 (68.56%)	29.16±0.08 (67.66%)	43.10±1.63 (100%)
海南红豆 <i>Ormosia pinnata</i>	25.42±3.58 (84.79%)	29.22±3.28 (97.46%)	29.98±2.9 (100%)
仪花 <i>Lysidice rhodostegia</i>	25.13±2.72 (68.89%)	22.977±2.9 (62.97%)	36.48±1.3 (100%)
长芒杜英 <i>Elaeocarpus apiculatus</i>	23.75±0.66 (80.07%)	22.02±2.34 (74.24%)	29.66±2.54 (100%)
吊灯树 <i>Kigelia africana</i>	25.45±1.51 (55.83%)	26.84±0.25 (58.88%)	45.58±3.52 (100%)
水石榕 <i>Elaeocarpus hainanensis</i>	52.11±3.49 (72.84%)	48.13±5.24 (67.28%)	71.54±3.69 (100%)
木棉 <i>Bombax malabaricum</i>	23.98±0.09 (63.95%)	21.69±0.25 (57.84%)	37.5±2.5 (100%)
钝叶鱼木 <i>Crateva trifoliata</i>	37.69±1.8 (78.47%)	37.53±0.23 (78.13%)	48.03±1.35 (100%)
夹竹桃 <i>Nerium indicum</i>	35.45±1.5 (76.84%)	40.96±3.87 (88.79%)	46.32±5.0 (100%)
鹅掌藤 <i>Schefflera arboricola</i>	21.865±2.53 (72.68%)	24.02±0.39 (63.06%)	38.09±5.43 (100%)
朱槿 <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	20.26±2.83 (47.58%)	21.83±0.6 (51.27%)	42.58±1.56 (100%)
红胶木 <i>Tristania conferta</i>	26.51±1.99 (80.16%)	28.29±2.17 (85.54%)	33.07±2.13 (100%)
山玉兰 <i>Magnolia delawayi</i>	33.18±1.32 (87.89%)	34.26±0.39 (90.75%)	37.75±1.27 (100%)
灰莉 <i>Fagraea ceilanica</i>	25.84±0.31 (86.3%)	22.76±0.72 (76.02%)	29.94±0.31 (100%)
桃花心木 <i>Swietenia mahagoni</i>	37.81±2.67 (95.60%)	30.68±0.8 (77.57%)	39.55±2.68 (100%)
牛乳树 <i>Mimusops elengi</i>	71.55±1.9 (93.47%)	66.58±3.1 (86.97%)	76.55±1.9 (100%)

括号中的数字为相对 CS 的百分比 Numbers in parentheses are the percentages of CS. 下同 For same as Tab. 2-4

表 2 3 个实验点的城市绿化植物叶片  $\beta$ -胡萝卜素的含量 ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ )Table 2 Carotenoid contents ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) in leaves of plants grown at three experimental sites

种类 Species	工业点 Industrial site (IS)	交通点 Transportation site (TS)	公园对照点 Park control site (CS)
印度胶树 <i>Ficus elastica</i>	8.89±0.01 (79.16%)	9.39±0.38 (83.62%)	11.23±1.35 (100%)
榕树 <i>F. microcarpa</i>	13.18±0.38 (94.21%)	13.67±0.95 (97.71%)	13.99±0.68 (100%)
黄榕 <i>F. microcarpa</i> cv. Golden Leaves	11.62±0.95 (92.52%)	10.12±0.71 (80.57%)	12.56±0.23 (100%)
肖蒲桃 <i>Acmena accuminatissima</i>	7.09±0.3 (61.65%)	8.05±1.18 (70.0%)	11.50±0.2(100%)
海南红豆 <i>Ormosia pinnata</i>	6.37±0.03 (91.13%)	5.31±0.65 (75.97%)	6.99±0.81 (100%)
仪花 <i>Lysidice rhodostegia</i>	6.09±0.71 (70.65%)	4.93±0.56 (57.19%)	8.62±0.21(100%)
长芒杜英 <i>Elaeocarpus apiculatus</i>	5.61±0.3 (72.2%)	5.36±0.35 (68.98%)	7.77±0.75 (100%)
吊灯树 <i>Kigelia africana</i>	9.10±0.06 (71.21%)	8.55±0.16 (66.90%)	12.78±1.05 (100%)
水石榕 <i>Elaeocarpus hainanensis</i>	10.17±0.64 (74.07%)	10.42±0.97 (75.89%)	13.73±1.14 (100%)
木棉 <i>Bombax malabaricum</i>	6.487±0.15 (61.14%)	6.57±0.23 (61.92%)	10.61±0.36 (100%)
钝叶鱼木 <i>Crateva trifoliata</i>	9.78±1.2 (62.45%)	9.86±0.11 (62.96%)	15.66±1.31(100%)
夹竹桃 <i>Nerium indicum</i>	8.95±0.19 (73.66%)	10.69±0.74 (87.98%)	12.15±1.04 (100%)
鹅掌藤 <i>Schefflera arboricola</i>	5.86±0.09 (75.13%)	5.65±0.05 (72.43%)	7.8±0.91(100%)
朱槿 <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	5.48±0.71 (45.59%)	5.878±0.17 (48.90%)	12.02±0.7 (100%)
红胶木 <i>Tristania conferta</i>	5.94±0.19 (85.22%)	5.44±0.36 (78.05%)	6.97±0.5 (100%)
山玉兰 <i>Magnolia delawayi</i>	6.74±0.05 (74.56%)	8.39±0.48 (92.81%)	9.04±1.3 (100%)
灰莉 <i>Fagraea ceilanica</i>	4.76±0.05 (86.54%)	4.25±0.02 (77.27%)	5.5±0.09 (100%)
桃花心木 <i>Swietenia mahagoni</i>	8.05±0.05 (74.88%)	8.72±0.86 (81.12%)	10.75±1.28 (100%)
牛乳树 <i>Mimusops elengi</i>	12.89±0.98 (87.15%)	13.45±0.6 (89.85%)	14.79±0.78 (100%)

### 2.3 细胞膜渗漏率的变化

细胞膜渗漏率是反映膜系统稳定性的一个重要指标,从表3可见,所有生长在交通点、工业点等污染区的绿化植物叶片的细胞膜渗漏率较公园对照点都有不同程度的增加,其中印度胶树、榕树、黄榕、海南红豆、夹竹桃、山玉兰、灰莉、桃花心木、牛乳树等在工业点和交通点都增加较少,除山玉兰外,所有植物都是工业点增加大于交通点,朱槿的增幅最大。所有绿化植物细胞渗漏率的平均值在工业点、交通点、公园对照点分别为16.31%、13.31%和9.71%。以公园对照点为对照,工业点与交通点的细胞渗漏率分别增加了68%和37%。结果与这三个点的综合污染指数相符,工业点对细胞渗漏率的影响大于交通点。

表3 3个实验点的植物细胞渗漏率的变化  
Table 3 Changes in cell membrane leakage rate in leaves of plants grown at three experimental sites

种类 Species	工业点 Industrial site (IS)	交通点 Transportation site (TS)	公园对照点 Park control site (CS)
印度胶树 <i>Ficus elastica</i>	15.27±0.29 (118.74%)	13.57±1.09 (105.53%)	12.86±1.16 (100%)
榕树 <i>F. microcarpa</i>	11.1±1.34 (113.38%)	10.14±0.69 (103.58%)	9.79±0.77 (100%)
黄榕 <i>F. microcarpa</i> cv. Golden Leaves	14.56±0.26 (119.05%)	13.95±1.23 (114.06%)	12.23±0.19 (100%)
肖蒲桃 <i>Acmena accuminatissima</i>	18.18±2.10 (188.98%)	16.25±1.55 (171.7%)	9.62±0.83 (100%)
海南红豆 <i>Ormosia pinnata</i>	12.7±1.89 (116.5%)	11.50±0.89 (105.5%)	10.9±0.22 (100%)
仪花 <i>Lysidice rhodostegia</i>	26.5±3.21 (194.3%)	20.71±1.17 (151.83%)	13.64±1.15 (100%)
长芒杜英 <i>Elaeocarpus apiculatus</i>	18.57±2.89 (199.68%)	14.58±0.28 (156.77%)	9.3±0.79 (100%)
吊灯树 <i>Kigelia africana</i>	21.21±4.89 (168.74%)	18.97±1.29 (150.91%)	12.57±0.88 (100%)
水石榕 <i>Elaeocarpus hainanensis</i>	16.25±1.13 (162.5%)	14.0±0.59(140%)	10±0.49 (100%)
木棉 <i>Bombax malabaricum</i>	18.89±0.69 (218.38%)	14.29±0.97 (165.2%)	8.65±0.82 (100%)
钝叶鱼木 <i>Crateva trifoliata</i>	17.98±0.15 (279.19%)	9.89±0.16 (153.57%)	6.44±0.83 (100%)
夹竹桃 <i>Nerium indicum</i>	13.57±1.02 (138.61%)	10.37±0.68 (105.92%)	9.79±0.67(100%)
鹅掌藤 <i>Schefflera arboricola</i>	17.78±1.56 (249.02%)	12.2±0.53 (170.86%)	7.14±0.64 (100%)
朱槿 <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	25.0±4.62 (354.11%)	15.51±1.85 (219.69%)	7.06±0.35 (100%)
红胶木 <i>Tristania conferta</i>	18.25±2.36 (202.78%)	14.28±2.11(158.67%)	9.0±0.19(100%)
山玉兰 <i>Magnolia delawayi</i>	10.93±0.26 (122.67%)	11.86±0.67 (133.11%)	8.91±0.42 (100%)
灰莉 <i>Fagraea ceilanica</i>	15.1±0.36 (120.22%)	14.2±0.8 (113.08%)	12.56±1.2 (100%)
桃花心木 <i>Swietenia mahagoni</i>	8.82±0.4 (123.88%)	7.93±0.51 (111.38%)	7.12±0.39 (100%)
牛乳树 <i>Mimusops elengi</i>	9.56±0.87 (136.77%)	8.71±0.41 (124.61%)	6.99±0.65 (100%)

### 2.4 Fv/Fm 的变化

叶绿素荧光参数 Fv/Fm 代表了叶绿体光系统 II 的原初光能转换效率,是近年来最常用的研究植物对逆境响应的重要生理参数之一。从表4可见不同绿化植物的 PSII 的原初光化学效率对工业废气和汽车尾气的影响有不同的响应模式。榕树、灰莉的 Fv/Fm 在工业点、交通点基本没有多大的变化,印度胶树、黄榕、海南红豆、长芒杜英、夹竹桃、鹅掌藤、红胶木、山玉兰、桃花心木、牛乳树等绿化植物的 Fv/Fm 在这两个污染点降幅较小,而肖蒲桃、仪花、木棉、朱槿的 Fv/Fm 在这两个污染点的降幅较大,吊灯树、水石榕、钝叶鱼木等 Fv/Fm 的下降幅度介于上面两组之间。公园对照点、交通点和工业点所有绿化植物叶片的 Fv/Fm 平均值分别为 0.772、0.714 和 0.703,交通点和工业点较公园对照点下降 3.75% 和 9.0%,其下降幅度与不同污染点的综合污染指数相符。

表 4 3 个实验点植物叶片 Fv/Fm 的变化  
Table 4 Changes of Fv/Fm in leaves of plants grown at three experimental sites

种类 Species	工业点 Industrial site (IS)	交通点 Transportation site (TS)	公园对照点 Park control site (CS)
印度胶树 <i>Ficus elastica</i>	0.748±0.065 (92.35%)	0.80±0.025 (98.76%)	0.81±0.026 (100%)
榕树 <i>F. microcarpa</i>	0.734±0.025 (97.74%)	0.747±0.068 (99.46%)	0.751±0.042 (100%)
黄榕 <i>F. microcarpa</i> cv. Golden leaves	0.744±0.07 (95.5%)	0.725±0.06 (93.07%)	0.779±0.058 (100%)
肖蒲桃 <i>Acmena accuminatissima</i>	0.587±0.044 (80.96%)	0.673±0.040 (88.6%)	0.725±0.037 (100%)
海南红豆 <i>Ormosia pinnata</i>	0.745±0.024 (94.78%)	0.756±0.037 (96.18%)	0.78±0.040 (100%)
仪花 <i>Lysidice rhodostegia</i>	0.679±0.082 (89.11%)	0.625±0.08 (82.02%)	0.762±0.036 (100%)
长芒杜英 <i>Elaeocarpus apiculatus</i>	0.733±0.029 (91.74%)	0.76±0.042 (95.12%)	0.799±0.019 (100%)
吊灯树 <i>Kigelia africana</i>	0.611±0.094 (83.13%)	0.687±0.08 (93.47%)	0.735±0.033 (100%)
水石榕 <i>Elaeocarpus hainanensis</i>	0.701±0.036 (88.85%)	0.714±0.027 (90.49%)	0.789±0.019 (100%)
木棉 <i>Bombax malabaricum</i>	0.66±0.027 (86.84%)	0.631±0.025 (83.03%)	0.76±0.013 (100%)
钝叶鱼木 <i>Crateva trifoliata</i>	0.68±0.05 (90.06%)	0.643±0.04 (85.17%)	0.755±0.014 (100%)
夹竹桃 <i>Nerium indicum</i>	0.715±0.02 (94.3%)	0.725±0.08 (95.6%)	0.758±0.038 (100%)
鹅掌藤 <i>Schefflera arboricola</i>	0.65±0.029 (91.04%)	0.644±0.036 (90.19%)	0.714±0.033 (100%)
朱槿 <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	0.61±0.024 (78.9%)	0.689±0.026 (89.13%)	0.773±0.019 (100%)
红胶木 <i>Tristania conferta</i>	0.719±0.035 (90.89%)	0.752±0.027 (95.0%)	0.808±0.026 (100%)
山玉兰 <i>Magnolia delavayi</i>	0.724±0.03 (98.5%)	0.681±0.017(92.65%)	0.735±0.011(100%)
灰莉 <i>Fagraea ceilanica</i>	0.812±0.02 (97.72%)	0.815±0.01 (98.07%)	0.831±0.01(100%)
桃花心木 <i>Swietenia mahagoni</i>	0.766±0.02 (94.8%)	0.747±0.008(92.45%)	0.808±0.06 (100%)
牛乳树 <i>Mimusops elengi</i>	0.741±0.02 (94.39%)	0.76±0.019(96.82%)	0.785±0.04 (100%)

### 3 讨论

**大气污染对植物的影响** 城市的大气污染已对绿化植物的生理生化特性产生了不良的影响,在以粉尘和工业废气(主要是 SO<sub>2</sub>)为主要污染源的工业点和汽车尾气(主要是 NO<sub>x</sub>)为主要污染源的交通点栽种的绿化植物,其光合色素含量和 PSII 功能比作为对照的公园对照点都有不同程度的下降。其降幅与试验点大气污染物综合污染指数的大小及其主要污染物成分有关。Tanaka 和 Sugahara 报告 SO<sub>2</sub> 导致菠菜叶绿素的降解<sup>[8]</sup>。我们观察到有些生长于交通点和工业点的绿化植物叶片呈现局部失绿枯黄、落叶和落花的症状,出现明显的色素氧化降解现象。前人在模拟单一的大气污染物如 SO<sub>2</sub> 或 SO<sub>2</sub> / NaHSO<sub>3</sub> 与 CO<sub>2</sub> 复合作用,对植物叶绿体的影响已有较多的研究。如证明 SO<sub>2</sub> 抑制菠菜的光合磷酸化、全链和 PS II 的电子传递活性<sup>[9]</sup>;单细胞盐藻的光合作用在强光和 SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 的处理下先受抑制,使 qP 和 ΦPS II 降低等<sup>[10]</sup>。本文比较了生长于不同污染点的 19 种绿化植物的一些生理特性,进一步证明了在自然的复合污染系统中,大气污染物的增加使叶片的色素降解,PSII 活性受抑制,并已经轻微影响膜的完整性和稳定性。因此,控制污染源的排放量是控制大气污染加剧和改善城市绿化景观的重要措施之一。

**不同植物对大气污染响应的差异** 本文比较了 19 种绿化植物对不同大气污染的响应,无论是从色素的抗氧化降解或是细胞膜的稳定性,还是 PS II 的原初光化学效率变化都表明榕树类的印度胶树、榕树、黄榕抗汽车尾气污染与抗工厂废气的的能力都较强。结果与

孔国辉等用  $\text{SO}_2$ 、 $\text{Cl}_2$  等室内熏气所得的结论一致<sup>[6]</sup>。除此之外,还有一些新的较有推广前景的植物对工厂废气和汽车尾气有较强的抗性,如海南红豆、山玉兰、灰莉、桃花心木、牛乳树等。而目前华南地区较为广泛应用的绿化植物如木棉和大红花(朱槿)对这两种污染都较敏感,单纯从抗污染的角度来说,不宜推广为城市绿化树种。因此城市绿化除了考虑栽种植物树形的美观等因素之外,还要考虑其抗污染能力。

**以叶绿素荧光为探针来探讨绿化植物对大气污染的影响** 由于叶绿素荧光技术属于生物物理方法。对测试样品无破坏性,反应灵敏,测定快速<sup>[11]</sup>,已在植物环境生理研究中被广泛应用。叶绿素荧光参数的变化表现在出现损伤症状和生长指标改变之前,具有明显的优点和可预测性。从本文中叶绿素荧光参数  $F_v/F_m$  的下降与样点污染程度加剧之间的一致性,以及 19 种植物的荧光参数对大气污染响应的规律性差别,进一步验证此技术应用的可行性,甚至当人们不了解大气污染的实际数值时,通过对不同试验点中同类植物的叶绿素荧光测定,将可定性地评估其受污染的程度,为大气环境质量的评价提供重要依据。

#### 参考文献:

- [1] 王扬祖. 稳步推行排污许可证制度,强化对污染源的监督管理 [J]. 环境工作通讯, 1995, 1:19-20.
- [2] 林植芳,梁春,彭长连,等. 人类活动对马尾松年轮  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  的影响 [J]. 生态学报, 1997, 17(2): 124-132.
- [3] 彭长连,林植芳,孔国辉,等. 旅游和工业化对亚热带森林大气质量及两种木本植物叶绿素荧光特性的影响 [J]. 植物学报, 1998, 40 (3):270-276.
- [4] 广州市科学技术协会,广州市环境科学学会. 广州市建设国际大都市生态环境问题与对策 [A]. 大都市建设与生态环境论文集 [C]. 广州:广州市科学技术协会, 1995. 14-32.
- [5] 冯采芹. 城市环境研究 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1992.
- [6] 孔国辉,汪嘉熙,陈庆诚. 大气污染与植物 [M]. 北京:中国林业出版社, 1988.
- [7] 林植芳,李双顺,林桂珠,等. 水稻叶片衰老与超氧化物歧化酶活性及脂质过氧化的关系 [J]. 植物学报, 1984, 26:605-615.
- [8] Tanaka K, Furusawa I, Kondo N, et al.  $\text{SO}_2$  tolerance of tobacco plants regenerated from paraquat-tolerant callus [J]. Plant Cell Physiol, 1988, 29:743-746.
- [9] Shimazaki K, Sugahara K. Specific inhibition of photosystem II activity in chloroplasts by fumigation of spinach leaves with  $\text{SO}_2$  [J]. Plant Cell Physiol, 1979, 20(5): 947-955.
- [10] 彭长连,林植芳,陈贻竹,等. 强光下  $\text{SO}_3^{2-}$  和  $\text{HCO}_3^-$  对盐藻叶绿素荧光的影响 [J]. 热带亚热带植物学报, 1998, 6 (2): 117-123.
- [11] Schreiber U, Schliwa V, Rilger W. Continuous recording of photochemical and nonphotochemical chlorophyll fluorescence quenching with a new type of modulation fluorometer [J]. Photosyn Res, 1986, 10:51-62.