

## 旅游和工业化对亚热带森林地区大气环境质量 及两种木本植物叶绿素荧光特性的影响\*

彭长连 林植芳 林桂珠 孔国辉 刘鸿先

(中国科学院华南植物研究所 广州 510650)

**摘要** 研究了旅游、工业化等不同类型的活动对亚热带森林大气  $\text{CO}_2$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  浓度及两种木本植物——木荷 (*Schima superba* Gardn. et Champ.) 和马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.) 叶绿素荧光特性的影响。结果表明,不同形式人类活动使森林中大气  $\text{CO}_2$  浓度上升了  $17\sim 30\ \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,  $\text{NO}_x$  化合物的浓度上升了  $5\sim 20\ \text{nmol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,  $\text{SO}_2$  浓度上升了  $2\sim 19\ \text{nmol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。森林大气中  $\text{CO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_2$  浓度随着人类活动的加强而升高。木荷和马尾松叶片  $F_v/F_m$ 、 $\Phi\text{PSII}$  和稳态下的  $q_p$  随人类活动加强而下降,其下降趋势与  $\text{CO}_2$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  的上升趋势相一致。

**关键词** 人类活动,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , 叶绿素荧光

## EFFECT OF TOURISM AND INDUSTRIALIZATION ON THE ATMOSPHERIC QUALITY OF SUBTROPICAL FORESTS AND ON CHLOROPHYLL FLUORESCENCE OF TWO SPECIES OF WOODY PLANTS

PENG Chang-Lian LIN Zhi-Fang LIN Gui-Zhu KONG Guo-Hui LIU Hong-Xian  
(South China Institute of Botany, The Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650)

**Abstract** Different impacts of human activities including tourism, religious activity and industrial activities on atmospheric  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  and  $\text{SO}_2$  concentration of the subtropical forests and the chlorophyll fluorescence of two woody plant species (*Schima superba* Gardn. et Champ. and *Pinus massoniana* Lamb.) were studied. The experimental sites were at Dinghushan Biosphere Reserve and its nearby industrial area in Guangdong Province. In recent years, the Biosphere Reserve has received more than 700 000 tourists and nearly 120 000 vehicles each year. A steel production plant and a chemical plant are located in the nearby industrial area. The chlorophyll fluorescence was measured by a modulation pulse fluorometer (PAM). The results showed that the effects of human being activities have caused an increase of the concentration of  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  and  $\text{SO}_2$  within the forests. Comparing to the control site (core area of Biosphere Reserve), the  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  and  $\text{SO}_2$  concentration in the disturbed sites have increased 17 to  $40\ \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ , 5 to  $20\ \text{nmol}\cdot\text{mol}^{-1}$  and 2 to  $19\ \text{nmol}\cdot\text{mol}^{-1}$  respectively. The  $F_v/F_m$ ,  $q_p$  and  $\Phi\text{PSII}$  of two woody plants decreased with the increase of human being activities. The trend of decreasing  $F_v/F_m$ ,  $q_p$  and  $\Phi\text{PSII}$  associated with an increase of  $q_N$  in leaves of forests plant was consistent with the increasing  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  and  $\text{SO}_2$  concentration within the forests.

**Key words** Human activities,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , Chlorophyll fluorescence

\* 国家自然科学基金资助课题(No.39270138)。Supported by the National Natural Science Foundation of China.  
收稿日期:1996-05-14 接受日期:1996-10-08

大气 CO<sub>2</sub> 浓度不断增加, 大气污染日益加重等都是人类活动的直接结果。位于北回归线附近的广东鼎湖山自然保护区是中国最早的自然保护区之一, 有完整的亚热带森林生态系统, 是华南著名的风景区。近年来, 每年大约有 60~70 万游客和 12.5 万辆机动车辆到达该区。人类活动已影响到保护区的生态环境, 使一些珍贵生物种大量减少或近乎灭绝<sup>[1]</sup>。为此, 我们在保护区内选择了旅游、宗教等活动点, 并在毗邻肇庆市的龟顶山选择了工厂区等作为不同类型的人类活动, 研究旅游和工业化对大气 CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub> 浓度和植物叶片叶绿素荧光的影响, 以阐明这些人类活动对亚热带森林大气质量和森林植物光合作用带来的生态后果, 为森林管理和保护提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验地点

在鼎湖山自然保护区选了 4 个点: (1) 望鹤亭: 是保护区的核心区, 人烟稀少, 作为对照点; (2) 树木园办公楼附近进山公路旁: 为旅游车辆必经之处; (3) 护林站: 位于庆云寺附近, 受寺庙内外朝拜烧香和旅游的影响; (4) 肇庆龟顶山钢铁厂: 距鼎湖山自然保护区 18 km, 与化工厂毗邻。

### 1.2 材料和采样方法

试验树木为阔叶-针叶混交林中分别代表阔叶树和针叶树两种类型的主要树种——木荷 (*Schima superba* Gardn. et Champ.) 和马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.), 于 1995 年植物生长旺盛和旅游旺季的 7~8 月采样。大气中的 CO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub> 的收集用专用气袋(化学工业部光明化工研究所产品)和采气泵定点定时分别于上述各实验地点, 每天 9 时、12 时、15 时各收集距地表 10 m 处的空气 2 L, 密封待测。大气 SO<sub>2</sub> 样品用多孔玻板吸收管中 5 mL 的四氯汞钠溶液吸收, 采样约 1 h。同时, 在自然保护区的望鹤亭、路边、护林站(位于庆云寺附近)3 个点附近选 20 m 左右的木荷和马尾松, 分别于同一时间采 10 m 处的向阳叶片。钢铁厂附近的树木均为人工林, 而且多为 10 年生左右的树木, 树高只有 7~8 m, 故叶片取样按树木的高度取中层的叶片。

### 1.3 分析方法

CO<sub>2</sub> 浓度以 Li-Cor 6200 手持式光合装置(Li-Cor Inc. Nebraska, USA)测定。NO<sub>x</sub> 以 NO-NO<sub>2</sub>-NO<sub>x</sub> 分析仪(42 型, Thermo Environmental Instruments Inc. USA)测定。SO<sub>2</sub> 用盐酸副玫瑰苯胺比色法测定<sup>[2]</sup>。叶绿素荧光按 Schreiber 等<sup>[3]</sup>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( $0.05 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )下诱导产生的, 最大荧光( $F_m$ )则是在  $F_0$  之后用强饱和脉冲( $7000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )激发。 $(F_v)_m$  为黑暗适应叶片的最大可变荧光。当荧光从最大值降低到接近  $F_0$  水平时, 用光强为  $250 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  的光化光(actinic light)诱导荧光动力学。在光诱导期间的最大可变荧光用饱和脉冲闪光(闪光时间 2 s, 两次闪光间的间歇为 30 s)激发产生, 它叠加在光化光的背景上。根据 Schreiber 等<sup>[3]</sup>的公式计算得出光化学猝灭系数  $q_P$  和非光化学猝灭系数  $q_N$ :

$$q_P = [(F_v)_s - F_v] / (F_v)_s, \quad q_N = [(F_v)_m - (F_v)_s] / (F_v)_m$$

## 2 实验结果

### 2.1 人类活动对亚热带森林大气质量的影响

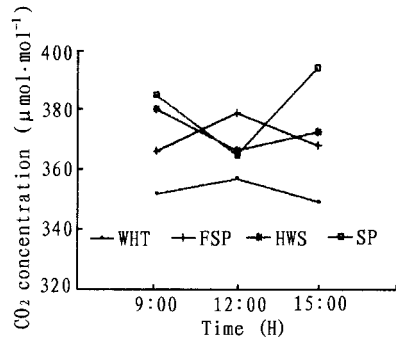


图1 人类活动对森林 CO<sub>2</sub> 日进程变化的影响(试验地点:望鹤亭(WHT)、路边(HWS)、护林站(FSP)、钢铁厂(SP))

Fig.1 Effect of human activities on daily variation of CO<sub>2</sub> concentration within the forests (Experiment sites: Wangheting (WHT), High way side(HWS), Forest sentry post(FSP), Steel Plant(SP))

Same labellings in Fig.1 to Fig.8.

度的初步研究已观察到这种趋势。然而,本文中 CO<sub>2</sub> 浓度日变化研究是在阴天进行的,在此情况下植被光合作用对 CO<sub>2</sub> 的影响较弱,从而可以较好地反映人类活动对大气 CO<sub>2</sub> 浓度的影响。护林站附近的旅游拜佛烧香的人群在中午时最多,上午与下午都是来回赶路的,所以 CO<sub>2</sub> 浓度呈中午高、上下午低的趋势,而路边 CO<sub>2</sub> 浓度变化趋势则相反,与上下午进山出山的车辆多有关。钢铁厂在中午 11~13 时停产休息,所以此时的 CO<sub>2</sub> 浓度较低。

图2是不同试验点大气 CO<sub>2</sub> 浓度7~8月的日平均值:对照点 CO<sub>2</sub> 浓度为 352 μmol·mol<sup>-1</sup>,护林站、路边和钢铁厂分别为 368、372 和 381 μmol·mol<sup>-1</sup>。表明 CO<sub>2</sub> 浓度的增高与人类活动性质和频率的增强是一致的。图1与图2的结果与我们在1994年测定的结果一致<sup>[4]</sup>。

2.1.2 对大气中氮氧化物和 SO<sub>2</sub> 含量的影响 目前,已阐明对植物有直接影响的氮氧化物为 NO 和 NO<sub>2</sub>, 大都是由燃料在空气中燃烧产生的。NO 可与超氧自由基·O<sub>2</sub><sup>-</sup> 反应形成高生物学反应活性的 NO<sub>2</sub>·和 OH·<sup>[5]</sup>。图3是不同试验点氮氧化物含量的日均值。其中 NO<sub>2</sub> 的含量相对较稳定,受人类活动影响较大的是 NO 的含量,护林站、路边和钢铁

2.1.1 对大气 CO<sub>2</sub> 浓度的影响 每年大约有 70 万人到鼎湖山自然保护区旅游或庆云寺拜神,7~8 月为高峰期。我们连续 3 d 对进山的机动车辆进行统计,平均每天单程进山的汽车有 250 辆,摩托车有 150 辆以上。龟顶山下的肇庆钢铁厂依然沿用五六十年代的设备,废气排放较严重,山上的植物出现明显的可见伤害症状。1995 年 8 月的测定显示,各试验点大气中 CO<sub>2</sub> 浓度呈动态变化(图 1),对照点望鹤亭的 CO<sub>2</sub> 浓度变化幅度较小,全天中 CO<sub>2</sub> 浓度相差的最大值为 8 μmol·mol<sup>-1</sup>;而人类活动频繁的护林站、路边和钢铁厂大气 CO<sub>2</sub> 浓度日变化幅度较大,分别为 13、15 和 29 μmol·mol<sup>-1</sup>。大气 CO<sub>2</sub> 浓度的变化受植物光合作用日变化动态和人类活动的性质和频率的影响。通常,由于植被的光合作用对 CO<sub>2</sub> 的利用,使中午前后的大气 CO<sub>2</sub> 浓度明显低于上午。Kong 等<sup>[1]</sup>在 1991 年对鼎湖山庆云寺和白云寺附近森林大气的 CO<sub>2</sub> 浓度

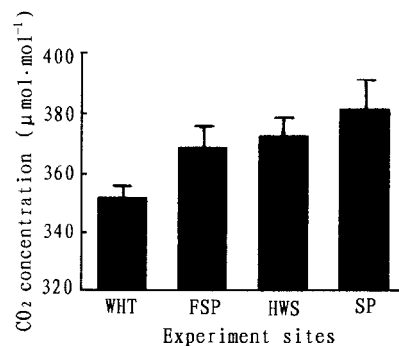


图2 人类活动对森林 CO<sub>2</sub> 浓度的影响 (n=9)

Fig.2 Effect of human activities on CO<sub>2</sub> concentration within the forests (n=9)

厂的NO含量比对照点明显高,总氮氧化物含量也相应地上升。以对照点的NO<sub>x</sub>为100%,护林站、路边、钢铁厂的NO<sub>x</sub>含量分别为112%、136%和159%,其上升的趋势和CO<sub>2</sub>的上升趋势相一致。

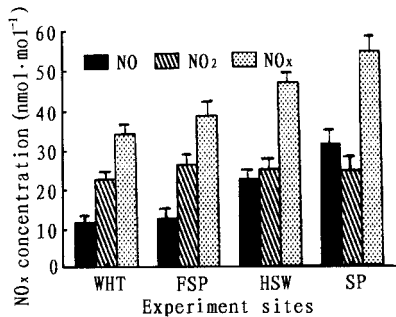


图3 人类活动对森林NO<sub>x</sub>含量的影响( $n=9$ )  
Fig.3 Effect of human activities on NO<sub>x</sub> content within the forests ( $n=9$ )

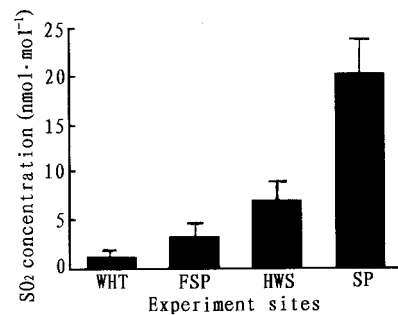


图4 人类活动对森林大气中SO<sub>2</sub>含量的影响( $n=9$ )  
Fig.4 Effect of human activities on SO<sub>2</sub> content within the forests ( $n=9$ )

SO<sub>2</sub>是大气主要污染物之一,车辆排放的尾气和工厂的废气中都含有大量的SO<sub>2</sub>。图4是不同试验点SO<sub>2</sub>含量的日均值,表明人类活动对SO<sub>2</sub>含量的影响非常明显。以对照点为100%,护林站、路边和钢铁厂分别为291%、642%和1874%,最高点是对照点的18倍。

## 2.2 人类活动对森林植物叶片叶绿素荧光的影响

**2.2.1 对PSII光化效率( $F_v/F_m$ )的影响** 近年来,叶绿素荧光技术作为植物光合作用对环境变化响应的研究手段愈来愈受到人们的重视。 $F_v/F_m$ 是叶绿体光系统II光化学效率的一种度量。图5是不同试验点PSII光化效率( $F_v/F_m$ )的变化。马尾松叶片的 $F_v/F_m$ 受人类活动影响较大,木荷叶片的 $F_v/F_m$ 相对小些,但两种植物叶片的 $F_v/F_m$ 都是随着人类活动的加强而下降。

**2.2.2 对 $q_p$ 和 $q_N$ 的影响**  $q_p$ 受人类活动的影响因植物种类而异。木荷(图6,A)的 $q_p$ 受影响较为明显,且 $q_p$ 达到稳定的时间延后到4~5 min,马尾松的 $q_p$ 受影响较小,且 $q_p$ 达到稳定的时间变化不大(图6,B)。与对照相比,木荷和马尾松的 $q_p$ 随着人类活动的加强而下降,木荷叶片在稳态下的 $q_p$ 分别下降了8%(FSP)、13%(HWS)和18%(SP);马尾松下降了4%(FSP)、10%(HWS)和15%(SP)。

$q_N$ 与叶绿体光合膜质子梯度的建立及膜的高能态有关<sup>[6]</sup>,代表激发能用于热耗散的程度。人类活动提高了两种森林植物叶片的 $q_N$ 水平(图7),稳态时 $q_N$ 比对照增大了12%~38%(木荷)或20%~49%(马尾松)。 $q_N$ 的增高伴随着 $q_p$ (图6)的下降,表明叶绿体吸收的光能用于有效的光化学

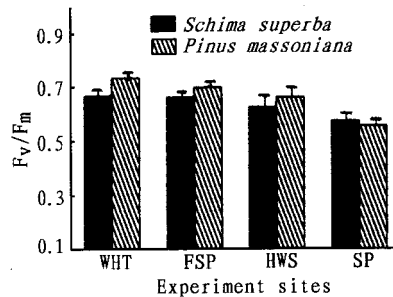


图5 人类活动对森林植物叶片 $F_v/F_m$ 的影响( $n=6$ )  
Fig.5 Effect of human activities on  $F_v/F_m$  of forests plant leaves ( $n=6$ )

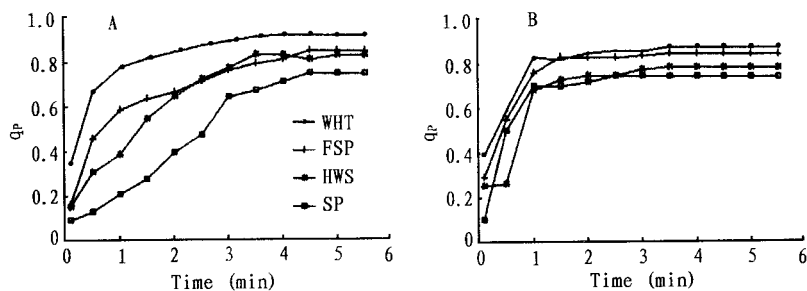


图6 人类活动对森林植物叶片  $q_P$  的影响(A.木荷; B.马尾松)

Fig. 6 Effect of human activities on  $q_P$  of forest plant leaves (A. *Schima superba*; B. *Pinus massoniana*)

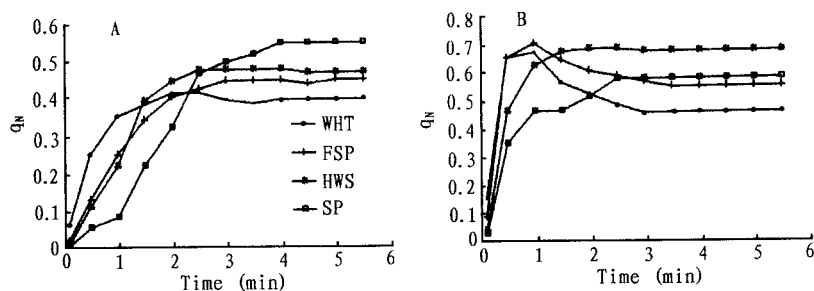


图7 人类活动对森林植物叶片  $q_N$  的影响(A.木荷; B.马尾松)

Fig. 7 Effect of human activities on  $q_N$  of forests plant leaves (A. *Schima superba*; B. *Pinus massoniana*)

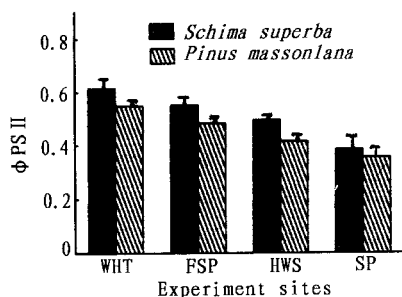


图8 人类活动对森林植物叶片  $\Phi_{PSII}$  的影响 ( $n=6$ )

Fig. 8 Effect of human activities on  $\Phi_{PSII}$  of forest plant leaves ( $n=6$ )

能量转换的比例下降,用于非光化反应的热耗散部分增高。

**2.2.3 对  $\Phi_{PSII}$  的影响** 根据 Genty 等<sup>[7]</sup>的定义,叶绿体的开放 PSII 反应中心的光化学量子效率  $\Phi_{PSII}$  为  $\Delta F_v/F_m'$ , 正比例于非循环电子传递速率,反映 PSII 的活性。人类活动明显抑制了木荷和马尾松的 PSII 光化学量子效率(图 8),以对照点的  $\Phi_{PSII}$  为 100%,护林站、路边和钢铁厂木荷的  $\Phi_{PSII}$  分别为 89%、80% 和 62%;护林站、路边和钢铁厂马尾松的  $\Phi_{PSII}$  分别为 88%、76% 和 65%,钢铁厂附近的植物  $\Phi_{PSII}$  受到严重的抑制, $\Phi_{PSII}$  的下降与人类活动所造成的污染加强相一致。

### 3 讨论

#### 3.1 人类活动影响了亚热带森林大气的质量

$CO_2$  浓度是大气质量和全球环境变化的重要指标之一,由于化石燃料的大量应用,大气  $CO_2$  浓度急剧上升,由此而导致的温室效应将使全球气候异常。本文结果表明人类活动是导致亚热带森林大气  $CO_2$  上升的重要因素。对照点望鹤亭远离人类生活和旅游活动及工厂区,受人类活动的干扰少,因而大气  $CO_2$  从上午 9:00 到下午 15:00 的变幅较少,

日平均值较低。这个结果与 Sternberg<sup>[8]</sup>研究巴拿马热带森林大气 CO<sub>2</sub> 浓度白天变化的结果一致。3个试验点(护林站、路边和钢铁厂)的大气 CO<sub>2</sub> 平均浓度增高, CO<sub>2</sub> 浓度的日变化也大于对照区, 这些变化与人类活动的形式、频率和大气中其它污染物的排放有关。大气中污染物 NO<sub>x</sub> 和 SO<sub>2</sub> 与 CO<sub>2</sub> 的变化有相同的趋势。NO 不稳定, 能很快被 O<sub>3</sub> 氧化, 夏季时 NO 的氧化更快<sup>[9]</sup>, 但可能对植物生理过程产生明显的影响。NO<sub>2</sub> 相对较稳定。人类活动引起各实验点 NO<sub>x</sub> 上升, 但其数量仍低于或接近典型大城市的 NO<sub>x</sub> 水平(50 ~ 100 nmol·mol<sup>-1</sup>)<sup>[10]</sup>。SO<sub>2</sub> 的变化却很显著, 工厂区与对照点相差近 18 倍。对照点为 1.08 nmol·mol<sup>-1</sup>, 与 Granat<sup>[11]</sup>报道典型乡村和自然山区 SO<sub>2</sub> 浓度小于 2 nmol·mol<sup>-1</sup>相符。工业化城市的 SO<sub>2</sub> 平均浓度 10 ~ 30 nmol·mol<sup>-1</sup><sup>[9]</sup>。钢铁厂附近的大气已达这个标准, 而鼎湖山自然保护区两个试验点的 SO<sub>2</sub> 浓度低于这个标准。

上述结果证明人类活动已明显引起亚热带森林大气质量的恶化, 尤其以工厂和车辆的影响较大。人类活动强弱的顺序从小到大是: 望鹤亭 < 护林站 < 路边 < 钢铁厂。

### 3.2 人类活动对植物光合作用的影响

CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>浓度的上升表明大气质量和环境的恶化, 显示人类活动对环境干扰的程度。而作为自然界最重要生命活动的植物光合作用的变化则可以反映植物对人类干扰活动的响应。叶绿素荧光技术的应用为研究光合作用提供了灵敏、简便和快速的手段。本文表明, 人类活动降低了 PSII 光能转换效率( $F_v/F_m$ ), 抑制了  $q_p$ , 降低了  $\Phi_{PSII}$ 。 $q_p$  是衡量 PSII 原初电子受体质体醌 Q<sub>A</sub> 的氧化程度,  $F_v/F_m$  和  $\Phi_{PSII}$  分别代表光合作用开放的 PSII 反应中心捕获激发能的效率和非循环电子传递效率。低的  $F_v/F_m$  和低的  $q_p$  是光合作用出现光抑制现象的指标。Schmidt 等<sup>[12]</sup>用叶绿素荧光技术研究空气污染物对离体叶片的影响, 发现 SO<sub>2</sub> 伤害了 PSII 电子供体侧(抑制了荧光的 I<sub>1</sub>-I<sub>2</sub>-P 相), NO<sub>2</sub> 阻止了电子传递。Schreiber 等<sup>[13]</sup>也用荧光技术证明 O<sub>3</sub> 抑制光系统 PSI 和 PSII 之间的电子传递。陈贻竹等<sup>[14]</sup>发现靠近火力发电厂的荔枝(*Litchi chinensis* Sonn.) 叶片光能的利用受到抑制。因此, 本文中 3 个人类活动干扰点的木荷和马尾松叶片光合作用活性的下降, 是植物对环境恶化、主要是 SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub> 等污染因子的响应。人类活动对植物光合作用影响的大小与试验点大气 CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub> 上升的趋势一致。

**致谢** 本文的荧光测定得到陈贻竹先生的帮助和指导, 特此致谢!

### 参 考 文 献

- 1 Kong G H, Zhang D Q, Yu Q F, Liang C, Ding F, Liao C H, Shi G L. The impacts of human activities in the forests and environment in Dinghushan Biosphere Reserve and our countermeasures. In: Li X F, Chen C Y eds. Proceedings of the International Conference on Natural Resources Management and Conservation in Chinese Tropical and Subtropical Regions. Beijing: China Science and Technology Press, 1993. 55 ~ 67
- 2 Institute of Health, The Chinese preventive Medical Center eds. (中国预防医学中心卫生研究所编). Monitoring Methods of Air Pollution. Beijing: Chemical Industry Press, 1984. 803 ~ 812
- 3 Schreiber U, Schliwa U, Rilger W. Continuous recording of photochemical and nonphotochemical chlorophyll fluorescence quenching with a new type of modulation fluorometer. *Photosyn Res*, 1986, **10**: 51 ~ 62
- 4 Peng Chang-Lian (彭长连), Lin Zhi-Fang (林植芳), Lin Gui-Zhu (林桂珠), Wei Cai-Miao (韦彩妙), Kong Guo-Hui (孔国辉), Liu Hong-Xian (刘鸿先). Effect of human activities on atmospheric CO<sub>2</sub> concentration in subtropical forests and carbohydrate content of two species of woody plants. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 1997, **8**: 225 ~ 230
- 5 Malinski T, Patton S, Pierchela B, Kubaszewski E, Grunfield S, Rao K V S, Tomboubian P. Kinetics of nitric oxide release in the presence of superoxide on the endocardium as measured by a porphyrinic sensor. In: Asada K, Yoshikava T eds. Frontiers of

- Reactive Oxygen Species in Biology and Medicine. Amsterdam: Elsevier Sci. B. V, 1994. 207 ~ 210
- 6 Lin Shi-Qing(林世青), Xu Chun-Hui(许春辉), Zhang Qi-De(张其德), Xu Li(徐黎), Mao Da-Zhang(毛大璋), Kuang Ting-Yun(匡廷云). Some application of chlorophyll fluorescence kinetics to plant stress Physiology, Ecology and agricultural modernization. *Chin Bull Bot* (植物学通报), 1992, 9(1): 1 ~ 16
  - 7 Genty B, Briants J M, Baker N R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochem Biophys Acta*, 1989, 990: 87 ~ 92
  - 8 Sternberg L D S. A model to estimate carbon dioxide recycling in forests using  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$  ratios and concentrations of ambient carbon dioxide. *Agric Forest Meteorol*, 1989, 48: 163 ~ 173
  - 9 Martin A, Barber F R. Sulphur dioxide, oxides of nitrogen and ozone measured continuously for 2 years at a rural site. *Atmos Environ*, 1981, 15: 567 ~ 578
  - 10 Haagen-Smit A J, Wayne L G. Atmospheric reactions and scavenging processes. In: Strem A J ed. Air Pollution, Vol. I. 3rd ed. London: Academic Press, 1976.
  - 11 Granat L, Rodhe H, Hallberg R O. The global sulphur cycle. *Ecol Bull*, 1976, 22: 89 ~ 123
  - 12 Schmidt W, Neubauer C, Kolbowski J, Schreiber U, Wolfgang U. Comparison of effects of air pollutants ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ) on intact leaves by measurements of chlorophyll fluorescence and  $P_{700}$  absorbance changes. *Photosyn Res*, 1990, 25: 241 ~ 248
  - 13 Schreiber U, Vidaver W, Runeckles V C, Rosen P. Chlorophyll fluorescence assay for ozone injury in intact plants. *Plant Physiol*, 1978, 61: 81 ~ 84
  - 14 Chen Yi-Zhu(陈贻竹), Li Xiao-Ping(李晓萍), Xia Li(夏丽), Guo Jun-Yan(郭俊彦). The application of chlorophyll fluorescence technique in the study of responses of plants to environmental stresses. *J Trop Subtrop Bot* (热带亚热带植物学报). 1995, 3(4): 79 ~ 86

\* \* \* \* \*

## 书 讯

由我国著名植物形态学家李正理教授编著的《植物组织制片学》一书已由北京大学出版社出版。该书是作者 50 多年来自己制片经验的总结,汇集了植物组织制片学的各种基本方法及显微制片方面的发展史,可提供给大专院校及农、林、医药等科研单位作为植物制片的教材与参考。

该书订价 7.90 元,邮挂费 2.10 元,共计 10.00 元。函购者请汇款至北京香山南辛村 20 号中国科学院植物研究所《植物学报》编辑部,邮编 100093。

为适应园林花卉和经济植物开发生产需要,中国科学院植物研究所王宗训教授主编的《新编拉汉英植物名称》一书,1996 年 3 月航空工业出版社出版。全书 200 余万字,包括各类植物名称 55800 余条,是科研、农林、园艺、医药、外贸、植检、新闻出版等领域重要工具书。定价 168.00 元,邮购另加 10.00 元邮费。需要此书请汇款至北京香山南辛村 20 号,邮政编码 100093,《植物学报》编辑部收。