

## SO<sub>2</sub>和HF污染区抗污绿化植物的净化能力比较

郁梦德 余清发

(中国科学院华南植物研究所)

广东省肇庆市龟顶山原为风景区之一,有“龟顶松荫”的雅称,由于五十年代相继建造了化肥、钢铁等工厂,大气氟化物和二氧化硫污染严重,致使原有的松林逐渐毁灭,仅有一些小灌木和稀疏的草本植物。为恢复龟顶山的植被,1983年华南植物研究所与肇庆地区林业处组成抗污绿化试验研究小组,在污染严重的东南山坡进行引种试验,共引种了70种植物,到1987年7月止,存活的有58种,其中生长较好的有13种(试验植物的抗性比较另文发表)。本文是以肇庆市龟顶山的大气污染物SO<sub>2</sub>和HF为研究对象,对引种成功的抗性较强的供试植物进行叶片硫、氟含量的测定,籍以比较其对二氧化硫和氟化物的净化能力,为选择抗污绿化树种提供科学依据。

### 一、试验地概况

试验地位于肇庆化肥厂的磷肥车间与硫酸车间之间的山坡地,东面100m处为肇庆地区钢铁厂,南1km处为肇庆地区火柴厂。试验坡地的面积约2公顷,地面大部分裸露,为大小不等的岩石碎块,土层浅薄,土壤干旱瘦瘠,部分地面水土流失严重,并有冲刷沟。试验前仅生长稀疏的草本植物和小灌木。

据肇庆市环境保护监测站1983年和1984年的四次大气监测结果,试验地的日平均浓度SO<sub>2</sub>为0.136mg/m<sup>3</sup>,HF为0.0054mg/m<sup>3</sup>,最高瞬时浓度SO<sub>2</sub>为0.885mg/m<sup>3</sup>,HF为0.0355mg/m<sup>3</sup>;SO<sub>2</sub>和HF的日平均浓度和瞬时浓度最高值都出现在西边的试验地,按国家“工业企业设计卫生标准”规定(日平均最高容许浓度SO<sub>2</sub>为0.15mg/m<sup>3</sup>,HF为0.02mg/m<sup>3</sup>),试验地SO<sub>2</sub>和HF的日平均浓度均在容许浓度范围内,但一次最高容许浓度SO<sub>2</sub>和HF均分别超标0.77和1.78倍。

当空气中SO<sub>2</sub>浓度达到0.3ppm,或HF达数个ppb时(1ppmSO<sub>2</sub>=2.85mg/m<sup>3</sup>,1ppbHF=0.893mg/m<sup>3</sup>)<sup>[1]</sup>,植物即会受到伤害。试验期间,工厂因停电和事故曾多次排放出高浓度的SO<sub>2</sub>和HF,如1986年7月和1987年5月硫酸车间发生事故,使试验植物受到严重伤害。

为了比较这些植物对SO<sub>2</sub>和HF的净化能力,于1986年7月采集了生长较好的13种植物及原有的两种野生灌木,进行叶片硫、氟含量的测定,并以华南植物研究所(位于广州东北郊)栽植的植物作对照。

### 二、方 法

1. 取样方法:在两块试验地分别采集每种植物5株下坡向的枝条1—3枝(视叶片数

张德强同志参加部分样品采集工作。

量而定),洗净晾干后,剪取成熟叶与老叶(不带叶柄),放60℃烘箱烘干,用手粉碎后再磨碎过80目筛,装磨口塞瓶备用。

2. 测定方法:叶片含硫量用燃烧法提取,  $\text{BaSO}_4$ 比浊法测定<sup>[2]</sup>。叶片含氟量测定用燃烧法提取,氟选择性电极测定<sup>[3]</sup>。

### 三、试验结果

#### 1. 各种植物的硫、氟含量

从表1、2看出,试验地植物的硫、氟含量均高于对照区,说明15种植物对  $\text{SO}_2$ 和 HF 都有吸收积累的能力。

对照区硫的含量范围在1.23—2.65 g/kg.dw. 之间,野牡丹(*Melastoma candidum*)的硫含量最高,达4.81 g/kg.dw.,最低为光叶山黄麻(*Trema cannabina*)。而试验地植物硫的含量范围在1.99—4.56g/kg.dw. 之间,为对照区植物的1.38—3.37倍。含量最高的野牡丹达10.85g/kg.dw.。

对照区氟含量范围在23.16—48.52ppm之间,含量最高为油茶(*Camellia oleifera*)达308.18ppm,最低为灰毛相思(*Acacia holosericea*)。试验地植物氟的含量范围在60.16—194.70ppm 之间(其中油茶高达117.12 ppm),为对照区植物的1.24—6.25倍。

上述结果说明了龟顶山试验地的  $\text{SO}_2$ 和 HF 污染是较为严重的。

各种植物叶片的含污量高低与叶片受害症状及程度无关,从表1可看出,野牡丹、海南蒲桃(*Syzygium cumini*)含硫量较高,但叶片没有出现受害症状,木麻黄(*Casuarina equisetifolia*)含硫量最低,但受害症状极为明显而且严重;又如表2的油茶与榕树(*Ficus microcarpa*)含氟量差异很大,但两者的受害症状及程度相似,对同一植物来说,叶片的受害程度与污染物的含量关系极为密切(见表3),龟顶山19个样点的大叶相思(*Acacia auriculaeformis*),叶片中硫、氟含量的高低及其受伤害程度,与大气中  $\text{SO}_2$ , HF 的浓度成正相关。

#### 2. 各种植物净化能力的比较

各种植物对不同污染物的吸收积累能力不同,吸收积累硫多的植物不一定吸收积累氟也多,这说明植物对各种污染物的净化能力是不相同的。

积累硫达到2.0g/kg.dw.以上的植物有野牡丹、海南蒲桃、蒲桃(*Syzygium jambos*)、乌桕(*Sapium sebiferum*)、油茶五种。在1.2—2.0g/kg.dw. 之间的有光叶山黄麻、荷木(*Schima superba*)、榕树、环榕(*Ficus annulata*)、灰毛相思五种。小于1.0g/kg.dw. 的有大叶相思、阴香(*Cinnamomum burmanni*)、牛乳树(*Mimusops elengi*)、笔管榕(*Ficus virens*)、木麻黄等五种。

氟积累量达到100 ppm以上的有油茶、光叶山黄麻、乌桕、牛乳树、野牡丹五种。在50—100ppm之间的有木麻黄、阴香、灰毛相思、蒲桃、环榕、笔管榕六种。小于50ppm的有大叶相思、荷木、海南蒲桃、榕树四种。

在选择抗污绿化树种时,应考虑选择耐干旱、速生、再生力强、吸毒量大的抗性植物。从本项测定的15种植物中,大叶相思、蒲桃、海南蒲桃、牛乳树、野牡丹、光叶山黄麻是较为理想的抗污绿化树种。

表1 植物叶片含硫量比较\* 单位: g/kg.dw.  
Table 1 Comparison of sulphur content in plant leaves (g/kg.dw.)

植 物 种 类 Plant species	试验植物 text plants	对照植物 control plants	积累量** increment	受 害 症 状 injured symptom
野 牡 丹 Melastoma candidum	10.85	4.81	6.04	轻微受害, 叶色微黄。
海 南 蒲 桃 Syzygium cumini	4.56	1.36	3.20	同上
蒲 桃 Syzygium jambos	4.09	1.43	2.66	同上
乌 柏 Sapium sebiferum	4.49	2.06	2.43	老叶脱落。
油 茶 Camellia oleifera	3.42	1.36	2.06	同上, 但枝端叶少。
光 叶 山 麻 黄 Trema eannabina	3.07	1.23	1.84	轻微受害。
荷 木 Schima superba	3.86	2.19	1.67	老叶有红棕色伤斑。
榕 树 Ficus microcarpa	3.18	1.67	1.51	老叶脱落。
环 榕 Ficus annulata	2.75	1.32	1.43	同上
灰 毛 相 思 Acacia holosericea	3.65	2.38	1.27	生长良好。
大 叶 相 思 Acacia auriculaeformis	3.64	2.65	0.99	中度受害, 少量叶色黄绿 或叶尖枯焦。
阴 香 Cinnamomum burmanni	3.18	2.22	0.96	叶色黄绿。
牛 乳 树 Mimusops elengi	3.21	2.27	0.94	老叶脱落。
笔 管 榕 Ficus virens	2.54	1.76	0.78	同上
木 麻 黄 Casuarina equisetifolia	1.99	1.28	0.71	受害较重, 嫩枝枯黄或脱 落。

\* 表内数据系三次重复平均值, 相对误差≤5%。

\*\* 积累量系试验植物与对照植物的含污量差值。

### 3. 大叶相思对SO<sub>2</sub>和HF的净化量估算

植物可以吸收积累大气中的有害气体, 对大气具有净化的作用, 但关于净化量的计算, 至今国内外尚未有较成熟的方法。一些研究者在估算植物净化量时, 均以污染区和对照区的叶片含污量差值为依据。较为正确的估算, 应该是除了掌握植物的容污量外, 还需了解大气

污染物的浓度和植物实际接触的时间,计算出植物的吸污速率,同时还要收集一系列的基本资料,如不同立地条件下植物叶片的产量,生长期叶片的增长规律等。本文由于受各种条件限制,仅以叶片含污量差值和叶片产量作粗略的估算,结果如下:

(1)  $\text{SO}_2$ 净化量的估算:龟顶山19个样点的大叶相思叶片的硫含量平均值与对照区含量的差值为1.47g/kg,折算成 $\text{SO}_2$ 时为2.94g/kg。据1987年7月孔国辉等同志的测定<sup>\*</sup>,5年生的大叶相思,每株叶片干重为2.0kg,则每株大叶相思可净化 $\text{SO}_2$  5.88g。龟顶山的抗污绿化面积约有80公顷,共计种植大叶相思约20万株(每公顷种植大叶相思约2400株),将每株大叶相思可净化 $\text{SO}_2$ 的数5.88g与种植的大叶相思总株数相乘,即为1987年大叶相思叶片对 $\text{SO}_2$ 的净化量,根据计算龟顶山80公顷的大叶相思对 $\text{SO}_2$ 的净化量可达1176kg。

(2) HF净化量的估算:19个样点大叶相思叶片平均含氟量与对照区含量的差值为42.27 ppm,折算成HF和重量单位时,即相当于0.0487g/kg.d.w.,每株大叶相思的干叶重为2.0

表2 植物叶片含氟量比较\* 单位: ppm  
Table 2 Comparison of F content in plant leaves (ppm)

植 物 种 类 Species	试验植物 test plants	对照植物 control	积累量** increment
油茶 <i>Camellia oleifera</i>	1117.12	308.18	608.94
光叶山黄麻 <i>Trema cannabina</i>	194.70	31.15	163.55
乌柏 <i>Sapium sebiferum</i>	181.80	42.82	138.98
牛乳树 <i>Mimusops elengi</i>	16.009	28.87	131.22
野牡丹 <i>Melastoma candidum</i>	151.91	43.37	108.54
木麻黄 <i>Casuarina equisetifolia</i>	132.00	38.29	93.71
阴香 <i>Cinnamomum burmanni</i>	111.29	32.77	78.52
灰毛相思 <i>Acacia holosericea</i>	89.94	23.16	66.78
蒲桃 <i>Syzygium jambos</i>	101.14	37.08	64.06
环榕 <i>Ficus annulata</i>	87.52	26.50	61.02
笔管榕 <i>Ficus virens</i>	88.71	33.71	55.00
大叶相思 <i>Acacia auriculaeformis</i>	70.90	26.23	44.67
荷木 <i>Schima superba</i>	95.22	71.81	23.41
海南蒲桃 <i>Syzygium cumini</i>	62.53	40.78	21.75
榕树 <i>Ficus microcarpa</i>	62.53	48.52	11.64

\*表内数据系三次重复平均值,相对误差 $\leq 5\%$ 。受害症见表1。

\*\*积累量系试验植物和对照植物的含污量差值。

\* 大叶相思在氟化物、二氧化硫污染环境中的生长、生物量和生理生态特性(未刊稿)

表3 龟顶山各样点的大叶相思叶片的硫氟含量及受害症状  
Table 3 The contents of S, F and the injured symptom of leaves  
of *Acacia auriculaeformis* on Gui Ding Hill

样点号 No. of plot	含硫量 S content (g/kg. dw.)	含氟量 F content (ppm)	植物受害症状 injured symptom of plant
1	3.74	96.88	嫩叶尖枯黄
2	3.88	96.62	同上
3	3.88	37.54	叶脉间有红棕色伤斑
4	4.63	37.39	叶黄绿色, 少数嫩叶尖有烫伤状, 老叶多红棕色伤斑
5	5.03	35.48	少数叶尖有烫伤状, 老叶黄绿色多红棕色伤斑
6	6.15	35.28	同上
7	4.26	27.08	老叶有黄棕、红棕色伤斑, 少数老叶有穿孔
8	4.82	35.98	少数嫩叶尖枯焦, 老叶黄绿色多红棕色伤斑
9	4.55	35.07	受害重, 嫩叶尖有烫伤状, 老叶多有红棕色伤斑
10	4.98	37.36	嫩叶尖枯焦, 老叶有红棕色伤斑, 脉间穿孔
11	3.23	60.57	叶尖枯焦, 叶色黄绿
12	3.59	108.90	叶尖枯焦, 叶色黄绿, 脉间有红棕色伤斑、穿孔或缺刻
13	2.80	245.35	受害严重, 叶窄小, 氟害症状明显, 无完好叶
14	3.30	202.70	同上
15	3.97	56.89	嫩叶尖有不同程度枯黄或枯焦, 老叶有红棕色伤斑及穿孔
16	4.38	44.78	嫩叶尖枯焦, 老叶黄绿色有红棕色伤斑
17	3.39	42.73	嫩叶尖有烫伤状或枯焦, 老叶黄绿色, 有红棕色伤斑及穿孔
18	3.03	33.92	同上, 但受害程度较上者轻
19	4.74	107.05	少数叶尖枯焦, 老叶黄绿色有红棕色伤斑
平均值	4.12	72.50	
对 照	2.65	26.23	叶色青绿, 叶片肥大

注: 表内数据系三次重复平均值, 相对误差 $\leq 5\%$ 。

kg, 故每株大叶相思叶片可净化HF的量为48.7mg。将此每株大叶相思叶片净化HF 的量与80公顷种植的大叶相思总株数相乘, 乘积19.48kg即为大叶相思叶片对HF的净化量。

据有关资料认为<sup>[4-8]</sup>: 植物的净化量应该包括三个部份: 一是叶片吸收积累的量; 二是附着于叶片表面、枝干上的粉尘中的含量, 约占叶片总吸收量的1/3; 三是植物在代谢过程中同化或转移的量, 约占叶片吸收量的10—20% (以平均值15%计)。因而上述估算的净化量还应该包括二、三两个部份的量, 即SO<sub>2</sub>的净化量应为1744.40kg; HF的净化量应为28.90

kg。

实际上大叶相思对SO<sub>2</sub>和HF的净化量比上述数据要高,因为大叶相思是速生树种,增长速度极快,其叶片总重会随着树龄的增大而加重,净化SO<sub>2</sub>和HF的量也就会更高些。上述估算的数据虽不完整,但由此也可看出大叶相思对净化大气及改善当地环境所起的作用。

#### 四、结 语

1. 15种植物对SO<sub>2</sub>和HF都有明显的净化能力,其净化能力的大小因各种类不同而有差异。

2. 在SO<sub>2</sub>和HF复合污染区选择抗污绿化树种时,应考虑选择速生、再生力或萌发力强、吸毒量高的抗性树种。15种植物中,大叶相思、蒲桃、海南蒲桃、牛乳树、光叶山黄麻、野牡丹是比较理想的植物,可在热带和亚热带地区的有SO<sub>2</sub>和HF污染的工矿区推广种植。

3. 植物可净化大气、改善环境。以大叶相思为例,据估算,每株大叶相思可净化SO<sub>2</sub> 8.72g和HF139.5mg。如龟顶山80公顷的绿化面积全部为1983年种植的大叶相思(部份大叶相思为1985年种植),按目前生长情况,就可净化SO<sub>2</sub>达1744.40kg, HF28.90kg。

#### 参 考 文 献

- (1) 江苏省植物研究所等, 1978: 防污绿化植物, 3、6页。科学出版社。
- (2) 郁梦德, 1983: 植物叶片中含硫量测定方法的改进。植物生理学通讯, (3): 49—51。
- (3) 郁梦德等, 1978: 用燃烧法测定植物叶片中的氯、氟、硫。环境科学, (5): 38—41。
- (4) 冯采芹等, 1982: 有关林木净化二氧化硫的几个问题。环境科学, (4) 42—46。
- (5) 孟庆英等, 1979: <sup>35</sup>SO<sub>2</sub>在苗木中的分布及其存在形式(初报)。林业科学15(3): 219—221。
- (6) 郁梦德等, 1986: 接骨草叶片硫的积累和转移。生态学报, 6(2): 101—106。
- (7) Jensen, K. F. and T. T. Kozlowski, 1975: Absorption and Translocation of sulfur dioxide by seedlings of four forest tree species. J. Environ. Qual. 4(3): 379—381。
- (8) 清水英幸、卢珍绩, 1979: ヒマクリ个体群によるSO<sub>2</sub>吸収量の推定。国立公害研究所研究报告, 第10号, 139—158。

## A COMPARISON WITH THE PURIFICATION CAPABILITY OF AFFORESTATION PLANTS OF RESISTANT TO POLLUTION IN THE REGIONS POLLUTED WITH SO<sub>2</sub> AND HF

Yu, Meng De and Yu, Qing Fa

(South China Institute of Botany, Academia Sinica)

**Abstract** Fifteen plant species have obviously purification capability and the capability differs according to species.

1. To afforestation in the polluted regions with SO<sub>2</sub> and HF the resistant species with fast and vigorous growing, easier sprouting should be selected.

2. *Acacia auriculaeformis*, *Syzygium jambos*, *Syzygium cumini*, *Mimusops elengi*, *Trema cannabina*, *Melastoma candidum* are the most suitable afforestation plants among the fifteen species.

3. *Acacia auriculaeformis* played a greater purification role to SO<sub>2</sub> and HF. Base on the calculation, the amount of SO<sub>2</sub> and HF purified by each plant of this were 8.72 g and 139.5 mg respectively.