

# 五种亚热带树苗的生长与干物质分配格局 对大气污染胁迫的响应

郑飞翔<sup>1,2</sup>, 余春珠<sup>1,2</sup>, 温达志<sup>1\*</sup>, 旷远文<sup>1,2</sup>, 刘菊秀<sup>1</sup>, 褚国伟

1. 中国科学院华南植物园, 广东 广州 510650; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039

**摘要:** 将乡土木本植物猫尾木 *Dolichandrone cauda-felina*、蒲桃 *Syzygium jambos*、野牡丹 *Melastoma candidum*、翻白叶树 *Pterospermum heterophyllum* 以及鸭脚木 *Schefflera octophylla* 1年生袋装苗盆栽, 置半庇荫环境下适应4周, 之后按株数均等分成两组, 分别放置在南海五星污染区和广州华南植物园清洁区进行试验。5个月后进行植物构形生长参数和干物质质量的测定, 以探讨这5种亚热带树苗对大气污染响应的差异。结果表明, ①这5种树苗均能在清洁区和污染区都存活, 但生长特征表现明显差别。②除翻白叶树基径有少许增大外, 大气污染基本上都使植物基径生长减小; 树高方面, 除了蒲桃外, 其余树种树高都有所降低, 鸭脚木树高受到的影响最为严重。③翻白叶树与猫尾木单株侧枝数有少许增加, 而蒲桃和鸭脚木单株侧枝数有大幅度地下降, 分别减少为清洁区单株侧枝数的46.5%和65.1%, 野牡丹单株侧枝数基本上没有受到影响。④在污染区生长的5个树种单株干物质总量除了翻白叶树有所增加外, 其余4个树种单株干物质质量均有不同程度地下降。⑤除了蒲桃保持不变外, 污染区生长4种植物冠根比(CRR)均有不同程度地增加。在污染区生长的植株叶质量比(LWR)和叶面积比(LAR)与清洁区相比存在差异, 野牡丹和蒲桃叶质量比和叶面积比下降, 而其余3种植物叶质量比和叶面积比上升。综合实验结果表明, 5种植物幼苗中对大气污染抗性最强的是翻白叶树和蒲桃, 抗性最弱的是鸭脚木。

**关键词:** 大气污染; 树苗; 生长特征; 干物质分配; 抗性

**中图分类号:** X173

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-2175 (2006) 03-0519-06

随着工业化、城市化和现代化的迅速发展, 我国大气污染日益严重, 已成为仅次于欧洲和北美的世界第三大酸雨区。我国酸雨主要分布地区是长江以南的四川盆地、贵州、湖南、湖北、江西, 以及沿海的福建、广东等省。位于广东省中南部的珠江三角洲凭借其原有的经济基础及毗邻港澳这一特有的地缘优势和改革开放政策, 在近 20 年来经济实现了超常发展。然而, 伴随而来的自然资源过度开发、环境污染和生态破坏对人类健康和生存环境构成了严重威胁, 尤其是佛山、南海陶瓷工业的迅速崛起和生产规模的持续扩大, 煤、石油和天然气的消耗大量增加, 使近地高空的大气  $SO_x$ 、HF、 $NO_x$  和夹杂在悬浮颗粒物中重金属的浓度不断升高, 大气污染已成为该地区最突出的环境问题, 也是该地区经济发展的一大隐患<sup>[1-2]</sup>。

目前, 植物在监测大气质量和改善环境污染中的作用已日益为人们所重视<sup>[3]</sup>。但是, 植物对大气污染的耐受能力与适应性千差万别, 有些植物在大气污染环境中能长期生长旺盛, 有些则在短期内死亡<sup>[4]</sup>。乡土树种是根据树种进化体系和自然区域演替而产生的树种, 也是大自然通过自然竞争, 优胜劣汰而产生的目的树种。一般认为乡土树种对于当

前的地理分布、土壤、水分、气候等因子最具适应性和生命力<sup>[5]</sup>, 从而在生态重建方面有着十分重要的作用<sup>[6-7]</sup>。猫尾木 *Dolichandrone cauda-felina*、蒲桃 *Syzygium jambos*、野牡丹 *Melastoma candidum*、翻白叶树 *Pterospermum heterophyllum* 以及鸭脚木 *Schefflera octophylla* 都是属于亚热带乡土树种<sup>[8-10]</sup>。通过在污染区和清洁区对上述 5 个树种进行栽培处理, 从生长特征方面比较它们对大气污染的相对抗性, 为大气污染地区生态恢复与重建之树种选择提供科学参考。

## 1 研究地概况

### 1.1 气候地理情况

选择广州市华南植物园为清洁区作为对照组, 陶瓷工业密集的佛山市南海区小塘镇五星为污染区作为处理组进行苗木盆栽实验。佛山市南海区位于珠江三角洲腹地, 与广州接壤。华南植物园位于广州市东北郊龙洞, 距离市中心区大约有 15 km。两个试验点的地理位置接近, 均属亚热带海洋性季风气候, 光热充足, 气候温和, 雨量充沛, 且气温、降水分配格局类似。污染试验区位于陶瓷工业群的南面偏东方向, 冬季污染严重, 植物受害显著。

**基金项目:** 国家自然科学基金项目 (30370283); 广东省自然科学基金项目 (04002306); 佛山市科技发展专项基金项目 (03020091)

**作者简介:** 郑飞翔 (1982-), 男, 硕士研究生, 研究方向为植物生理生态学。E-mail: yangyu@scbg.ac.cn

\***通讯作者:** 温达志, E-mail: dzwen@scbg.ac.cn

**收稿日期:** 2005-11-08

## 1.2 大气环境质量

2个试验点上植物生长季内(6—10月)大气成分的监测结果见表1<sup>[11]</sup>。南海五星污染区硫酸盐化速

表1 污染区与清洁区大气监测结果的比较

Table 1 A comparison of air monitoring data measured at polluted and clean sites

试验点	硫酸盐化速 /(10 <sup>-2</sup> mg·cm <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> )	氟化物 /(10 <sup>-2</sup> μg·cm <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> )	降尘 /(mg·m <sup>-3</sup> ·月 <sup>-1</sup> )
南海五星 污染区	2.160±0.523	44.131±16.463	20.090±9.34
华南植物 园清洁区	0.142±0.101	2.532±0.817	7.265±3.79
国家二级标准	0.25	3	8

注：硫酸盐化速率见国家环保局1991年《环境质量报告编写技术规范》推荐的标准，以SO<sub>3</sub>的量计，氟化物见GB3095-1996，以F的量计；数据表征为2002年6-10月间5次测定的“均值±标准差”

率、氟化物含量和降尘4个月测定的平均值分别为2.160 × 10<sup>-2</sup> mg·cm<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>(以SO<sub>3</sub>的量计)、44.131 × 10<sup>-2</sup> μg·cm<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>(以F的量计)和20.090 mg·m<sup>-3</sup>·月<sup>-1</sup>，分别是清洁区广州华南植物园的15.2、17.4和2.76倍。而且，图表中标准差数据表明，污染区硫酸盐化速率月变化差异相对较小，氟化物和降尘则显示出明显的月动态变化。除降尘外，污染区硫酸盐化速率和氟化物含量明显高于清洁区，且远超过国家二级标准，而清洁区的3项测定指标都低于该标准，尤以硫酸盐化速率明显。

表2 不同处理区植物茎、枝特征度量的测定值

Table 2 Stem and branch measurement of seedlings grown at different experiment sites

植物种类	处理区	样本数	基径(D)(cm)	株高(H)(cm)	D <sup>2</sup> H(cm <sup>3</sup> )	单株侧枝数	冠幅(cm <sup>2</sup> )
野牡丹 <i>M.candidum</i>	植物园	12	1.15(0.24)	64.3(6.5)	87.4(36.5)	19.0(5.31)	2947(1041)
	南海	12	0.89(0.08)	53.1(8.7)	43.1(10.7)	18.8(5.34)	1869(517)
翻白叶树 <i>P.heterophyllum</i>	植物园	11	1.24(0.09)	98.3(12.5)	151.4(31.2)	14.4(2.80)	1982(340)
	南海	15	1.26(0.10)	87.3(10.1)	137.9(21.1)	16.1(4.63)	1613(264)
猫尾木 <i>D.cauda-felina</i>	植物园	8	1.35(0.11)	56.1(6.85)	103.8(21.4)	16.1(2.26)	2092(274)
	南海	11	1.19(0.21)	43.5(5.74)	61.8(16.0)	18.5(6.51)	2135(552)
蒲桃 <i>S.jambos</i>	植物园	8	1.16(0.12)	66.3(10.2)	92.6(31.8)	18.5(3.71)	3706(1322)
	南海	8	1.14(0.17)	75.8(16.6)	103.6(38.8)	8.6(2.96)	2254(1030)
鸭脚木 <i>S.octophylla</i>	植物园	12	1.35(0.21)	62.2(8.72)	118.3(44.5)	15.2(2.48)	2745(483)
	南海	12	1.15(0.13)	41.4(5.36)	56.2(15.6)	9.9(2.25)	1734(369)

注：所有参数的测定值表示为“均值(标准差)”

染区5种植物的相对生长量分别为77.4%(野牡丹)、101.6%(翻白叶树)、98.3%(蒲桃)、88.1%(猫尾木)和85.2%(鸭脚木)，树高的相对生长量分别为82.6%(野牡丹)、88.8%(翻白叶树)、114.3%(蒲桃)、77.5%(猫尾木)和66.6%(鸭脚木)。由此可知，除翻白叶树的基径有少许增大外，大气污染基本上都使植物的基径生长减小；树高方面，除了蒲桃外，其余树种的树高都有所降低，而且鸭脚木树高受到的影响最为严重。其中，野牡丹、猫尾木和鸭脚木的

## 2 材料与方法

### 2.1 材料

本实验选取猫尾木 *D.Cauda-felina*、蒲桃 *S.jambos*、鸭脚木 *S.octophylla*、翻白叶树 *P.heterophyllum* 以及野牡丹 *M.candidum* 一年生带土袋苗为实验材料。前四种树苗来自华南农业大学实验苗圃，后一种树苗来自广州市龙洞苗圃。

### 2.2 方法

2004年4月中下旬从苗圃选择上述5种植物树苗，同种植物大小、长势尽可能一致，盆栽于森林土：泥炭土=2：1(体积比)的土壤基质中，盆的直径和高度大约为50cm，在植物园半庇荫环境下生长4周。之后，于2004年5月上旬分别将盆苗放置在2个试验点上观测，每个试验点每种植物8~10盆。处理5个月后，测定树苗基径(cm)、树高(cm)和冠幅(cm<sup>2</sup>，定义为自中心延伸至东西、南北方向树冠长度的乘积)，查数侧枝数、叶片数，Li-cor3000测叶片面积，于2004年10月上旬一次性收割完毕，并分器官测定干质量和鲜质量。

本实验所得的数据采用SPSS13.0分析。

## 3 实验结果

### 3.1 基径、树高生长

如表2所示，5个树种的基径和树高均不同程度的受到了大气污染的影响。如果用100%来表示种植在清洁区植物园的植物相对生长量，那么在污

基径和树高都明显降低。

基径(D)和株高(H)是树木测度的重要指标，常常作为预测变量广泛应用于森林资源清查中树木材积的估算以及生态学研究生物量的估算。通常组合变量D<sup>2</sup>H比单一的特征变量更能反映树苗本身的状况以及它受到大气污染的影响。因为在污染状态下植物的基径和树高可能会减少或增加，也可能在减少基径(树高)的同时促进树高(基径)生长从而得到部分的补偿。由表2可知，仅仅只有蒲

桃在大气污染状态下  $D^2H$  值升高,其余四种植物的  $D^2H$  值均呈显著性下降,其下降幅度从高到低依次是鸭脚木(47.5%)、野牡丹(49.3%)、猫尾木(59.5%)、翻白叶树(91.1%)。污染区处理的植株明显生长矮小。将清洁区与污染区的数据进行成对处理时,从表 3 可以看出,在基径方面,野牡丹、猫尾木和鸭脚木均存在显著差异,同样,上述 3 个树种的树高和  $D^2H$  值均存在显著差异,而蒲桃和翻白叶树差异不明显。

### 3.2 单株侧枝数与冠幅

林冠截获太阳光进行光合作用,单株侧枝数和冠幅等林冠参数,是影响群落光合作用的重要因子。如表 2 所示,在大气污染状态下,除了翻白叶树与猫尾木的单株侧枝数有少许增加外,蒲桃和鸭脚木的单株侧枝数有大幅度的下降,分别减少为清洁区单株侧枝数的 46.5%和 65.1%,野牡丹的单株侧枝数基本上没有受到影响。在进行成对处理时,蒲桃与鸭脚木的单株侧枝数存在明显差异(表 3)。在

表 3 不同处理区植物茎、枝特征测定值差异的绝对值比较和 T 检验  
Table 3 Absolute differences and t-tests for stem and branch measurement between treatments

植物种类	成对处理	基径 (D) (cm)	树高 (H) (cm)	$D^2H$ (cm <sup>3</sup> )	单株侧枝数	冠幅 (cm <sup>2</sup> )
野牡丹 <i>M.candidum</i>	植物园 vs 南海	0.25 *	11.3 **	44.3**	0.3	1077.8 *
翻白叶树 <i>P.heterophyllum</i>	植物园 vs 南海	0.02	10.9	13.5	1.7	368.5 *
猫尾木 <i>D.cauda-felina</i>	植物园 vs 南海	0.16*	12.6 **	42.0 **	2.3	42.8
蒲桃 <i>S.jambos</i>	植物园 vs 南海	0.02	9.5	11	9.8 **	1452.4
鸭脚木 <i>S.octophylla</i>	植物园 vs 南海	0.20 *	20.8 **	62.1 **	5.3 **	1010.8 **

注: \*和\*\*表示显著水平分别为  $P=0.05$  和  $P=0.01$

冠幅方面,除了猫尾木的冠幅有少许上升(2.1%)外,其余 4 种植物的冠幅均呈现下降趋势,其下降幅度分别为: 39.2%(蒲桃)、36.8%(鸭脚木)、36.6%(野牡丹)、18.6%(翻白叶树)。而且,在成对处理时,污染区与清洁区野牡丹、翻白叶树和鸭脚木冠幅存在显著性差异。

### 3.3 干物质在植物器官中的分配

如表 4 所示,在污染区生长的 5 个树种单株干物质总量除了翻白叶树有少许增加外(增幅为 1.9%),其余 4 个树种单株干物质质量均有不同程度的下降,其中鸭脚木下降幅度最大,达到 47.7%,其次是野牡丹(45.3%)。同时,野牡丹、猫尾木和

表 4 干物质(g·株<sup>-1</sup>) 在叶、枝、茎、根(粗根 > 2 mm, 细根 ≤ 2 mm)中的分配  
Table 4 Dry mass(g·plant<sup>-1</sup>) partition among leaves, stems, branches, coarse ( $D > 2$  mm) and fine ( $D \leq 2$  mm) roots

植物种类	处理区	样本数	新叶	老叶	枝	茎	粗根	细根	总和
野牡丹 <i>M. candidum</i>	植物园	5	30.1 14.5% (7.31)	21.7 10.4% (9.65)	32.2 15.5% (6.90)	40.5 19.5% (7.18)	41.5 20.0% (15.8)	41.8 20.1% (15.1)	207.7 100% (29.4)
	南海	5	18.2 16.0% (4.44)	8.78 7.72% (1.26)	20.4 17.9% (7.14)	23.2 20.4% (4.35)	18.9 16.6% (3.51)	23.6 20.8% (10.4)	113.7 100% (19.9)
蒲桃 <i>S. jambos</i>	植物园	5	28.9 15.6% (8.88)	36.5 19.7% (12.9)	29.4 15.8% (13.5)	51.0 27.5% (3.29)	27.4 14.8% (2.53)	12.5 6.73% (3.23)	185.7 100% (24.4)
	南海	5	20.0 11.9% (2.70)	46.7 27.8% (2.29)	24.8 14.8% (4.32)	42.1 25.1% (6.24)	23.9 14.2% (2.70)	10.3 6.14% (2.52)	167.8 100% (11.6)
翻白叶树 <i>P.heterophyllum</i>	植物园	5	3.04 2.26% (0.663)	16.8 12.5% (3.96)	6.14 4.57% (0.815)	56.7 42.2% (8.94)	35.7 26.6% (4.65)	15.9 11.8% (2.54)	134.3 100% (15.9)
	南海	5	11.4 8.33% (3.37)	20.2 14.8% (4.27)	7.05 5.15% (0.842)	55.1 40.3% (2.90)	31.7 23.2% (10.2)	11.3 8.26% (1.80)	136.8 100% (11.5)
猫尾木 <i>D.cauda-felina</i>	植物园	5	2.43 1.18% (1.14)	10.9 5.30% (1.90)	4.47 2.17% (0.530)	41.7 20.3% (20.2)	137.1 66.6% (27.3)	9.17 4.46% (1.93)	205.8 100% (28.9)
	南海	5	8.85 5.43% (5.65)	14.7 9.01% (5.17)	7.25 4.45% (1.36)	26.6 16.3% (4.39)	96.0 58.9% (22.6)	9.65 5.92% (4.25)	163.1 100% (20.0)
鸭脚木 <i>S. octophylla</i>	植物园	5	15.8 8.29% (2.63)	43.0 22.5% (9.60)	20.6 10.8% (10.2)	60.7 31.8% (12.7)	28.1 14.7% (7.60)	22.5 11.8% (14.0)	190.7 100% (12.1)
	南海	5	11.4 11.4% (4.02)	25.0 24.9% (7.75)	11.2 11.2% (2.27)	29.8 29.7% (6.05)	16.3 16.2% (5.91)	7.30 7.27% (2.69)	100.4 100% (15.3)

注: 所有参数的测定值表示为均值和占总量的%, 括号内的数据为均值的标准差

鸭脚木的干物质总量在成对处理时都存在显著性差异(表 5, 下页)。

此外, 大气污染还改变了干物质产量的分配格局, 同时同种植物不同器官对大气污染胁迫也存

在很大的差异。在污染区生长的野牡丹和鸭脚木的新叶、老叶、枝、茎、粗根和细根的干物质产量均低于对照生长下的植株,但是新叶、枝和茎干物质含量占总量的百分比却有不同程度的提高。野牡丹的

表5 植物器官生物量(g·株<sup>-1</sup>)处理间差异绝对值比较与T检验  
Table 5 Absolute differences and t-tests of dry mass (g plant<sup>-1</sup>) among treatments

植物种类	处理区	新叶	老叶	枝	茎	粗根	细根	总和
野牡丹 <i>M.candidum</i>	植物园 vs 南海	11.9 *	12.9	11.7 *	17.3 *	22.5	18.2	94.0 **
翻白叶树 <i>P.heterophyllum</i>	植物园 vs 南海	8.33 **	3.44	0.914	1.54	4.05	4.56 **	2.5
猫尾木 <i>D. cauda-felina</i>	植物园 vs 南海	6.42	3.76	2.77 *	15	41.1	0.484	42.7 *
蒲桃 <i>S. jambos</i>	植物园 vs 南海	8.88	10.2	4.59	8.8	3.54	2.19	17.9
鸭脚木 <i>S. octophylla</i>	植物园 vs 南海	4.4	18.0 *	9.46	30.9 **	11.8	15.2	90.3 **

注: \*和\*\*表示显著水平分别为  $P < 0.05$  和  $P < 0.01$

粗根干物质含量占总量的百分比下降幅度最大,而鸭脚木是细根下降幅度最大。蒲桃的老叶干物质在污染状态下升高,其余的各个器官都有所下降。翻白叶树的茎、粗根和细根干物质在污染状态下有所下降,其余的各个器官都呈上升趋势。猫尾木除了茎和细根干物质在污染区下降以外,其余的各个器官都有所上升。所有树种茎和粗根干物质均受污染而下降;除老叶外,蒲桃各个器官干物质相对清洁区均成下降趋势;翻白叶树的茎、粗根和细根干物质均受污染而下降;污染区猫尾木的枝、茎和粗根干物质均低于清洁区。从表5还可以看出,在成对处理时,野牡丹新叶、枝和茎、翻白叶树新叶、猫尾木枝和鸭脚木老叶和茎干物质存在明显差异。

### 3.4 冠根比、叶质量比和叶面积比

如表6所示,除了蒲桃保持不变外,其余在污染区生长4种植物的冠根比(CRR)均有不同程度的增加,这说明不同植物对大气污染的抗性不同且大气污染增加了干物质向地上部分分配的比例。在污染区生长的植株叶质量比(LWR)和叶面积比与清洁区相比存在差异,野牡丹和蒲桃叶质量比和叶面积比下降,而其余3种植物叶重比和叶面积比上升。其中猫尾木叶质量比和叶面积比上升最为明显,上升幅度分别为112.5%和62.4%。实际上,叶质量比、叶面积比之间的相关关系在很大程度上为线性,二者均与叶片数密切相关。猫尾木、翻白叶树和鸭脚木通过提高单株叶片数或累积叶面积来抵抗大气污染对它的不良影响,这种反应是植物对逆境的一种适应策略。此外,如表7所示,野牡丹冠根比、翻白叶树和猫尾木叶质量比存在显著差异;

表6 不同处理下植物的冠根比、叶质量比和叶面积比

Table 6 Crown root ratio (CRR), leaf weight ratio (LWR) and leaf area ratio (LAR) between treatments

植物种类	处理区	冠根比 (CRR) (g·g <sup>-1</sup> )	叶质量比 (LWR) (g·g <sup>-1</sup> )	叶面积比 (LAR)
野牡丹	植物	0.9	0.28	44.9
<i>M. candidum</i>	南海	1.11	0.27	47.7
翻白叶树	植物	1.46	0.22	30.1
<i>P. heterophyllum</i>	南海	1.67	0.3	44.2
猫尾木	植物	0.32	0.08	20.5
<i>D. cauda-felina</i>	南海	0.32	0.17	33.3
蒲桃	植物	1.97	0.4	74.8
<i>S. jambos</i>	南海	2.18	0.38	56.3
鸭脚木	植物	1.34	0.37	59.7
<i>S. octophylla</i>	南海	1.6	0.4	82

注:冠根比=枝茎干质量之和与根干质量之比;叶质量比=叶干质量与整株干质量之比;叶面积比=叶面积与整株干质量之比。所有测定在完全收割之前完成

除了野牡丹外,其余4种植物的叶面积比均存在显著差异。

## 4 讨论

大气污染环境中生长的大多数植物的解剖和生理特性均发生改变。植物在适应性进化过程中通过自然选择而表现出形态特征差异,某些形态特征也可能是适应性性状<sup>[12]</sup>。物种对环境变化的不同响应主要表现为产生生态系统稳定性或引发生态系统功能上的急剧变化,而这种不同主要取决于物种的性状特征<sup>[13]</sup>。大气污染能够影响植株的基茎增长和树高生长,且植株对污染的反应因植株的不同而产生差异。本实验中,野牡丹、猫尾木和鸭脚木的基茎(D)和树高(H)均随污染而下降,从而导致D<sup>2</sup>H的急剧减少。翻白叶树和蒲桃则不然,翻白叶

表7 不同处理下植物的冠根比、叶质量比和叶面积比差异绝对值比较与T检验

Table 7 Absolute differences and t-tests of crown root ratio (CRR), leaves weight ratio (LWR) and leaves area ratio (LAR) between treatments

植物种类	成对处理	冠根比 (CRR) (g·g <sup>-1</sup> )	叶质量比 (LWR) (g·g <sup>-1</sup> )	叶面积比 (LAR) (cm <sup>2</sup> ·g <sup>-1</sup> )
野牡丹 <i>M. candidum</i>	植物园 vs 南海	0.21*	0.01	2.81
翻白叶树 <i>S. cathayensis</i>	植物园 vs 南海	0.21	0.08**	14.10**
猫尾木 <i>D. cauda-felina</i>	植物园 vs 南海	0	0.09*	12.70*
蒲桃 <i>S. jambos</i>	植物园 vs 南海	0.19	0.02	18.50*
鸭脚木 <i>S. octophylla</i>	植物园 vs 南海	0.26	0.03	22.30*

注: \*和\*\*表示显著水平分别为  $P < 0.05$  和  $P < 0.01$ 。

树在大气污染环境中增加它的基茎生长, 树高生长却由不同程度地降低, 而蒲桃的情况则刚好相反。但是翻白叶树的  $D^2H$  表现为下降而蒲桃则上升。可见在大气污染下蒲桃的适应能力较强, 而其余几种树木的适应能力较差。

植物对不良环境具有一定程度的适应性, 这些适应也因植物本身的生物特性不同而产生差异。就单株侧枝数而言, 蒲桃和鸭脚木有大幅度的下降, 野牡丹变化不大, 翻白叶树和猫尾木却有一定的上升。但是野牡丹、翻白叶树、蒲桃和鸭脚木的冠幅有大幅度的下降, 猫尾木的冠幅却变化不大。这些现象表明植物能够通过调整自身的形态和结构特征来抵御不良环境的影响。就干物质而言, 野牡丹和鸭脚木无论是整株还是不同器官干物质质量受污染的影响极大, 蒲桃和猫尾木的干物质总量也有所下降, 而翻白叶树的干物质总量基本上没有变化。此外, 植株的冠根比(CRR)、叶质量比(LWR)和叶面积比(LAR)也因树种、个体发育的差别而异。如在对照组蒲桃有最大的冠根比, 其次是翻白叶树、鸭脚木和野牡丹, 最低的是猫尾木。除了猫尾木的冠根比基本上不变外, 其余的4种植物在大气污染环境中冠根比均上升, 这表明大气污染减少了光合产物向地下部分的分配, 特别是在根中的积累; 增加地上部分的积累有利于植株最大限度的进行光合作用, 促进营养物质的生成。

虽然在这次实验中5种植物都没有出现死亡现象, 但是从实验结果来看, 这5种植物幼苗对大气污染的抗性有很大的分别。本实验是一个相对而言的短期实验, 验证的是大气污染对这5种植物生长特征影响的早期反应。综合实验结果, 在大气污染对这5种植物生长特征影响的早期反应中, 5种植物幼苗中对大气污染抗性最强的是翻白叶树和蒲桃, 抗性最弱的是鸭脚木。

### 参考文献:

- [1] 袁征. 珠江三角洲环境保护发展路向(专稿)[J]. 广东环保科技, 2002, 12(2): 1-4.  
YUAN ZHENG. The way and direction of environmental protection in the Pearl River Delta[J]. Guangdong Environmental Protection Science Technology, 2002, 12(2):1-4.
- [2] 张远东. 珠江三角洲地区酸雨污染简析[J]. 环境科学研究, 1999, 12(3): 31-34.  
ZHANG Yuandong. Simple analysis of acid rain pollution in the Pearl River Delta region[J]. Research of Environmental Sciences, 1999, 12(3):31-34.
- [3] 温学, 孔国辉, 彭长连, 等. 植物监测大气污染及其抗性[J]. 热带亚热带植物学报, 2003, 11(4): 348-357.  
WEN XUE, KONG GUO HUI, PENG CHANGLIAN, *et al.* Air pollution monitoring by plants and plant resistance[J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2003,11(4):348-357.
- [4] 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: 28-83.  
KONG GUO HUI, WANG JIA XI, CHEN QING CHENG. Air pollution and plants [M]. Beijing: Chinese Forestry Press, 1988: 28-83.
- [5] 齐凯, 张银虎, 王熠青. 大力发展乡土树种确保生态建设健康、持续、高效发展[J]. 内蒙古林业科技, 2003, 1: 20, 31.  
QI KAI, ZHANG YIN HU, WANG XI QING. Develop native tree species vigorously to insure the health, continuance and high efficiency development of ecosystem construction [J]. Inner Mongolia Forestry Science and Technology, 2003,1:20,31.
- [6] PEDRAZA R A, WILLIAMS-LINERA G. Evaluation of native tree species for the rehabilitation of deforested areas in a Mexican Cloud Forest[J]. New Forests,2003,26:83-99.
- [7] ALVAREZ-AQUINO C, WILLIAMS-LINERA G, NEWTON A C. Experimental native tree seedling establishment for the restoration of a Mexican Cloud Forest [J]. Restoration Ecology, 2004,12(3):412-418.
- [8] 孔国辉, 陈宏通, 刘世忠, 等. 广东园林植物对大气污染的反应及污染物在叶片的积累[J]. 热带亚热带植物学报, 2003, 11(4): 297-315.  
KONG GUO HUI, LU HONG TONG, LIU SHI ZHONG, *et al.* Responses of garden greening plants to air pollution in Guangdong province and the accumulation of pollutants in leaves[J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2003, 11(4):297-315.
- [9] 林翠新, 杨学成, 廖庆文. 乡土阔叶树种在园林绿化上开发利用的初探[J]. 林业经济问题, 2003, 23(3): 165-168.  
LIN CUI XIN, YANG XUE CHENG, LIAO QING WEN. Discussion on local broad-leaved tree species and their utilization in garden planting [J]. Problems of Forestry Economics, 2003,23(3):165-168.
- [10] 李传霞, 沈家芬, 苏开君. 广州市园林木本植物原产区分析[J]. 中南林学院学报, 2003, 23(5): 63-67.  
LI ChUAN XIA, SHEN JIA FEN, SU KAI JUN. Analysis of woody garden plants in Guangzhou City and their countries of origin[J]. Journal of Central South Forestry University, 2003, 23(5):63-67.
- [11] 张德强, 褚国伟, 余清发, 等. 园林绿化植物对大气二氧化硫和氟化物污染的净化能力及修复功能[J]. 热带亚热带植物学报, 2003, 11(4): 336-340.  
ZHANG DE QIANG, CHU GUO WEI, YU QINA FA, *et al.* Decontamination ability of garden plants to absorb sulfur dioxide and fluoride[J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2003, 11(4): 336-340.
- [12] 胡志昂, 王洪新. 分子生态学研究进展[J]. 生态学报, 1998, 18(6): 565-574.  
HU ZHI YANG, WANG HONG XI. Advances in molecular ecology[J]. Acta Ecologica Sinica, 1998, 18(6):565-574.
- [13] CHAPIN III F S, WALKER B H, HOBBS R J, *et al.* Biotic control over the functioning of ecosystems [J]. Science, 1997, 277: 500-504.

## Growth responses and dry mass allocation pattern of five subtropical tree species seedlings to air pollution stress

ZHENG Feixiang<sup>1,2</sup>, YU Chunzhu<sup>1,2</sup>, WEN Dazhi<sup>1</sup>,  
KUANG Yuanwen<sup>1,2</sup>, LIU Juxiu<sup>1</sup>, CHU Guowei<sup>1</sup>

1. South China Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China;

2. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China

**Abstract:** One-year-old seedlings of five native species including *Dolichandrone cauda-felina*, *Syzygium jambos*, *Melastoma candidum*, *Pterospermum heterophyllum*, and *Schefflera octophylla* were planted in pot containers and acclimated under partially shaded regime for 4 weeks. And further, seedlings of each species were divided into two groups with equivalent individuals for each group, which were exposed to the clean and the polluted site, respectively. After five months, dimensional growth parameters and dry mass allocation were measured and analysed to study the differences in response of these subtropical woody species to atmospheric pollution. The results showed, ①All these five species seedlings can survive in both experimental sites, but differed in growth parameters. ②The ground diameter and total height in all species decreased under air pollution with the exceptions of slightly increase in diameter of *P. heterophyllum* significant increase in height of *S. jambos*. ③Under the polluted site, the branch number per plant in *P. heterophyllum*, *D. cauda-felina* and *M. candidum* showed no significant change, but it decreased in *S. jambos* and *S. octophylla* to 46.5% and 65.1% of those growing at the clean site, respectively. ④All species except for *P. heterophyllum* showed decrease in total dry mass per plant under pollution. ⑤The crown-root ratio (CRR) decreased in all species growing under pollution environment except for *S. jambos* that nearly no change appeared in its CRR. Similarly, the LWR and LAR in *M. candidum* and *S. jambos* decreased while both parameters revealed an increase trend in other species under air pollution. In general, the results from this study demonstrated that *P. heterophyllum* and *S. jambos* had highest potentials in resisting pollution stress, and *S. octophylla* was most sensitive to pollution.

**Key words:** ambient air pollution; plant seedlings; growth responses; dry mass allocation; resistance