

DOI: 10.3969/j.issn.2095-3704.2013.01.012

不同化学型樟树对 SO₂ 吸收的比较分析

陈瑞炎

(福建省永安市林业局, 福建 永安 366000)

摘要: 在密闭条件下, 采用静态熏气法研究不同化学型(芳樟型、脑樟型)樟树 1 年生苗木、枝条在 SO₂ 伤害阈值时 (0.5 g/m³×4 h) 对 SO₂ 的吸收能力及熏气后的恢复能力, 结果表明, 芳樟型 1 年生苗木对 SO₂ 吸收量为 450.6 mg/m², 芳樟型枝条对 SO₂ 吸收量为 451.8 mg/m²; 脑樟型 1 年生樟树苗对 SO₂ 吸收量为 597.6 mg/m², 脑樟型枝条对 SO₂ 吸收量为 809.4 mg/m²。芳樟型樟树 1 年生苗木、枝条与脑樟型樟树 1 年生苗木、枝条熏气后恢复能力无显著差异。

关键词: 樟树; 化学型; SO₂; 吸收能力

中图分类号: S792.23; X173 文献标志码: A 文章编号: 2095-3704 (2013) 01-0053-05

Analysis of Different Chemotypes of *Cinnamomum camphora* on SO₂ Absorption

CHEN Rui-yan

(Yong'an Forestry Bureau, Yong'an 366000, China)

Abstract: The resistance and absorbency to gaseous SO₂ of linalool-type and camphor-type *Cinnamomum camphora* (L.) Presl were studied under airtight conditions. The results showed that the linalool-type of one year old camphor tree absorbed SO₂ 450.6 mg/m², the linalool-type of camphor tree branches absorbed SO₂ 451.8 mg/m²; the camphor-type of one year old camphor tree absorbed SO₂ 597.6 mg/m², the camphor-type of camphor tree branches absorbed SO₂ 809.4 mg/m². There were not significantly differences between resistance of linalool-type and of camphor-type *C. camphora* (L.).

Key words: *Cinnamomum camphora*(L.) Presl; chemotype; sulfur dioxide; absorbency

SO₂ 是主要的大气污染物之一, 在大气污染中分布最广、影响最大, 是大气环境监测的主要指标。SO₂ 会对人体产生伤害, 造成人体呼吸道内径狭窄, 并刺激黏液分泌量增加, 结果使得呼吸道阻力增加, 空气进入肺部受到阻碍, 致使呼吸系统疾病。另外, SO₂ 造成的大气污染还严重影响着国民经济、工农业生产和人民的生活, 如它可使金属材料、房屋建筑、棉纺化纤制品、皮革纸张及工艺美术品腐蚀和褪色, 它还可使农作物减产, 使植物叶子变黄、落叶甚至枯死^[1]。中国是仅次于欧洲和北美的世界第

三大酸雨区, 我国的酸雨类型可分为煤烟型和硫酸型^[2], SO₂ 是硫酸型酸雨的主要来源。

樟树适宜城市环境, 并对城市大气污染物 SO₂ 吸收力强, 抗性中等^[3], 研究比较芳樟型樟树及脑樟型樟树对 SO₂ 的吸收, 可以判断出哪一种樟树对 SO₂ 的吸收效果最好, 在城市森林生态景观构建时, 对硫酸厂等 SO₂ 污染严重的地区, 可以有选择地配置吸收力和抵抗力更强的樟树, 更有利于改善城市空气。而我国酸雨严重的地区, 也是适宜樟树生长的地区, 研究不同化学型樟树对 SO₂ 的吸收有利于

收稿日期: 2013-01-22

基金项目: 福建省林业厅科技基金资助项目[闽财(农)指[2009]190号]

作者简介: 陈瑞炎, 男, 高级工程师, 主要从事森林生态、森林培育研究, E-mail: 18960588287@163.com。

我国酸雨的治理,优化城市环境,建设宜居城市。

国外对樟树的研究主要在樟树的组织培养技术^[4]、化学成分、樟树的药用价值^[5]等方面,在樟树对 SO₂ 吸收方面的报道较少。国内在植物对 SO₂ 吸收方面的研究,存在以下特点:研究以某些树种作为研究对象^[6],而不只是以单一树种为研究对象;主要研究方法有两种,一种是直接测定污染地区植物叶片中的硫含量^[7],另一种是在试验室用熏蒸法对植物进行预处理,再用硫酸钡比浊法测定植物叶片中的硫含量^[8]。本研究以不同化学型樟树为研究对象,利用静态熏气法对芳樟型及脑樟型樟树进行预处理,再用甲醛缓冲溶液吸收-盐酸副玫瑰苯胺分光光度法对不同化学型樟树的吸收能力进行定量测定,此法排除了叶片原有含硫量对试验结果的干扰,拟为生产生活中化学型樟树的选种、种植面积等提供科学依据。

1 材料与方方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试樟树苗 选用生长良好、无病虫斑的芳樟型、脑樟型 1 年生樟树苗,选用生长良好、无病虫斑的芳樟型、脑樟型枝条。以上苗木和枝条进行适当疏剪使试验组的叶片总数基本一致。

1.1.2 仪器设备 有机玻璃静态熏气室,熏气室体积为 60 dm³ (3 dm×4 dm×5 dm)。ZWC-100 大气

采样器、紫外可见分光光度计、空盒气压计。

1.2 试验方法

1.2.1 试验用苗的预处理 将试验同一组所需苗木或枝条,在同一时间,用剪刀对樟树苗进行适当疏剪,利用方格纸法测出每株樟树苗的总叶面积 S ,并用保鲜膜将处理好的樟树苗盆体(培养瓶)部分覆盖住(防止大气采样时土壤颗粒阻塞吸收管,防止培养液溶解 SO₂)。在不同化学型苗木的花盆上(培养瓶)贴上对应的标签。

1.2.2 樟树苗静态熏气处理 樟树苗的 SO₂ 熏气处理在自行设计的密闭有机玻璃静态熏气室内进行。用 0.5 g/m³ SO₂ 对樟树苗静态熏气 4 h (樟树的 SO₂ 伤害阈值^[9])。根据熏气箱体积、所需浓度及 Na₂SO₃+H₂SO₄→Na₂SO₄+H₂O+SO₂↑ 的原理,计算在密闭容器中所需亚硫酸钠的量,外加过量浓硫酸定量反应发生 SO₂ 气体。密闭容器内放置空盒气压计,用于测定密闭容器内的体积、压强,从而将采样体积转换成标况下体积。4 h 后,用甲醛缓冲溶液吸收-盐酸副玫瑰苯胺分光光度法,用大气采样器在密闭容器内采样 1 L 气体,用紫外分光光度计在 577 nm 处测定吸收液的吸光度,根据 SO₂ 浓度的标准曲线,可计算出密闭容器内的 SO₂ 浓度。在静态熏气处理过程中,分为对照组和试验组。对照组为 SO₂ 发生装置、空花盆(培养瓶),试验组为 SO₂ 发生装置、种有樟树苗的花盆(含樟树枝条的培养瓶)。

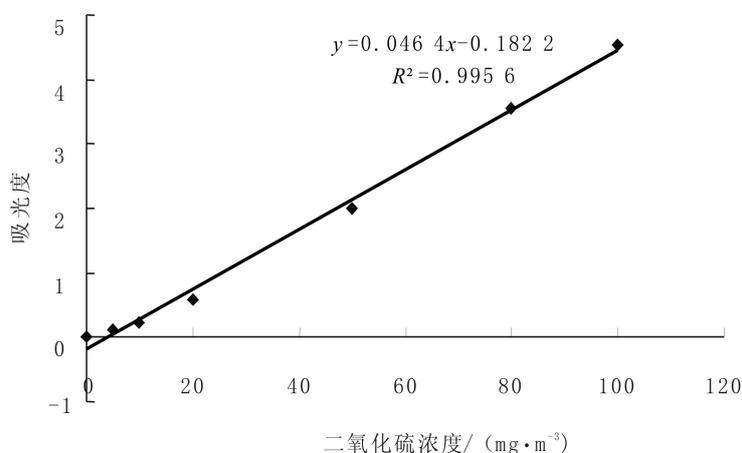


图 1 SO₂ 浓度标准曲线

1.2.3 SO₂ 浓度的标准曲线

根据 GB/T 15262-94 环境空气 SO₂ 的测定甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法,测得标准曲线回归方

程 $y=0.046x-0.182$, 斜率 b 等于 0.046, 满足 GB/T 15262-94 斜率需在 0.042~0.046 范围的要求, 相关系数 R 等于 0.998, 基本符合要求。

1.2.4 标况下体积的计算

$$V_s = \frac{273}{273 + T} \times \frac{P}{101.3}$$

V_s —标况下体积 (L); P —试验时密闭容器内的压强 (kpa); T —试验时密闭容器内的温度 (°C)。

1.2.5 静态熏气室内 SO₂ 浓度的计算^[10]

$$C = \frac{A - A_0 - a}{b \times V_s} \times \frac{V_a}{V_t}$$

C —密闭容器内的浓度 (mg/m³); A —样品溶液吸光度; A_0 —试剂空白吸光度; a —标曲的截距, -0.182 2; b —标曲的斜率, 0.046 4, 分光度 10 mL/μg; V_s —标况下采样体积 (L); V_t —样品溶液总体积, (mL); V_a —测定时所取样体积 (mL)。

1.2.6 樟树单位叶面积吸收率计算^[11]

计算公式如下:

SO₂ 浓度净下降率 $NC_{\Delta} = C_{\Delta\text{试验}} - C_{\Delta\text{对照}}$;

单位叶面积吸收率 $A = NC_{\Delta} \div S \times V$;

S —试验用苗的总叶面积 (cm²); V —密闭容器体积 (0.06 m³)。

每组试验重复 3 次, 通过对比每组试验单位叶面积对 SO₂ 吸收量及 3 组试验平均对 SO₂ 的吸收量, 判断不同化学型樟树对 SO₂ 的吸收能力。

1.2.7 芳樟型、脑樟型樟树苗抗性及其恢复能力

樟树苗的抗性通过记录首次出现受害症状的时间、熏气后受害面积判定, 受害症状首次出现的时间更晚, 受害面积更小, 则此种化学型樟树抗性更强。樟树苗的恢复能力通过记录受害症状完全消失

所需的时间判定, 恢复正常所需时间更短, 则此种化学型樟树恢复能力更强。

熏气结束后, 将熏气处理的樟树苗移到正常环境中, 观察不同化学型樟树苗出现病害症状的时间及叶的受害面积, 并记录不同化学型苗木受害叶片完全恢复所需的时间。

2 结果与分析

2.1 脑樟型与芳樟型 1 年生樟树苗对 SO₂ 吸收能力比较

以 0.5 g/m³ 浓度的 SO₂ 静态熏气 4 h 后, 测得芳樟型、脑樟型 1 年生樟树苗单位叶面积对 SO₂ 吸收数据 (表 1), A 组代表芳樟型、B 组代表脑樟型、0 为空白对照组。对照组 SO₂ 浓度低于 0.5 g/m³, 原因是玻璃密闭容器试验装置表面吸附了部分 SO₂。3 组试验结果表明, 同一种化学型樟树之间单位叶面积对 SO₂ 吸收存在差异, 芳樟型樟树 1 年生苗木对 SO₂ 吸收的范围是 302.4~632.4 mg/m², 脑樟型樟树 1 年生苗木对 SO₂ 吸收的范围是 486.6~786.6 mg/m², 出现这一结果可能是因为: 1 幼叶、成熟叶、老叶对 SO₂ 的吸收能力不一样, 而试验过程无法完全排除叶龄的干扰, 2 试验环境的差异 (温度、压强) 影响樟树叶片的酶活性、气孔开放大小, 从而影响对 SO₂ 的吸收能力, 3 即使同一种化学型樟树, 叶片成分也存在差异, 使得对 SO₂ 的吸收存在差异。

表 1 芳樟型、脑樟型 1 年生苗木对 SO₂ 吸收

组别	$T/$ °C	$P/$ kpa	$V_s/$ L	A	$C/$ (mg·m ⁻³)	$NC_{\Delta}/$ (mg·m ⁻³)	$S/$ cm ²	$NC_{\Delta}/S \times V/$ (mg·m ⁻²)
0	11.2	100.2	0.950	4.570	323.426			
A ₁	11.2	100.2	0.950	3.218	231.411	92.015	182.60	302.4
B ₁	11.5	100.2	0.950	2.136	157.772	165.654	191.43	519.0
A ₂	9.0	100.1	0.957	1.136	89.058	234.368	222.43	632.4
B ₂	9.0	100.1	0.957	0.889	72.371	251.055	191.43	786.6
A ₃	11.0	100.4	0.953	1.261	97.912	225.514	324.80	416.4
B ₃	11.0	100.4	0.953	1.916	142.350	181.076	223.24	486.6

3 组试验芳樟型樟树苗对 SO₂ 吸收平均值是 450.6 mg/m², 脑樟型樟树苗对 SO₂ 吸收平均值是 597.6 mg/m²。分组进行比较, 第 1、2、3 组均是脑樟型樟树吸收能力大于芳樟型樟树对 SO₂ 的吸收能力。由此得出, 在相同环境下, 脑樟型樟树 1 年生

苗木对 SO₂ 吸收能力大于芳樟型樟树 1 年生苗木。

大气中的 SO₂ 主要通过气孔进入叶肉细胞, 溶于细胞的水分中, 生成重亚硫酸离子和亚硫酸离子, 随后氧化成硫酸根离子存在于叶内^[12]。脑樟型樟树比芳樟型樟树吸收 SO₂ 的能力更强, 可以从以下两

方面解释：一是脑樟型樟树受 SO₂ 刺激时，气孔开放更大，更多的 SO₂ 进入叶肉细胞；二是脑樟型樟树叶肉内将重亚硫酸离子和亚硫酸离子转化成硫酸根离子的速率更快。脑樟型樟树与芳樟型樟树的主要成分不一样，对 SO₂ 的吸收能力也存在差异。

2.2 脑樟型与芳樟型樟树枝条对 SO₂ 吸收能力比较

以 0.5 g/m³ 浓度的 SO₂ 静态熏气 4 h 后，测得芳樟型、脑樟型樟树枝条单位叶面积对 SO₂ 吸收数据（表 2），A 组代表芳樟型，B 组代表脑樟型，0

为空白对照组。芳樟型樟树枝条对 SO₂ 吸收的范围是 313.2~522.0 mg/m²，脑樟型樟树枝条对 SO₂ 吸收的范围是 759.0~876.0 mg/m²，3 组试验芳樟型樟树枝条对 SO₂ 吸收平均值是 451.8 mg/m²，脑樟型樟树枝条对 SO₂ 吸收平均值是 809.4 mg/m²。同组之间比较，脑樟型樟树枝条对 SO₂ 的吸收能力均大于芳樟型樟树枝条。由此得出，在相同环境下，脑樟型樟树枝条对 SO₂ 吸收能力大于芳樟型樟树枝条对 SO₂ 的吸收能力。

表 2 芳樟型、脑樟型樟树枝条对 SO₂ 吸收

组列	T/ °C	P/ KPa	Vs/ L	A	C/ (mg·m ⁻³)	NC _Δ / (mg·m ⁻³)	S/ cm ²	NC _Δ /S×V/ (mg·m ⁻²)
0	24.0	99.0	0.898	4.563	341.528			
A ₁	22.5	98.6	0.899	2.661	204.484	137.044	158.25	519.6
B ₁	22.5	98.6	0.899	2.250	174.956	166.572	126.00	793.2
A ₂	26.0	98.5	0.888	3.075	237.128	104.400	120.00	522.0
B ₂	26.0	98.5	0.888	2.243	176.548	164.980	113.00	876.0
A ₃	25.0	98.3	0.889	3.064	236.084	105.444	202.00	313.2
B ₃	25.0	98.3	0.889	2.430	189.981	151.547	119.80	759.0

2.3 芳樟型、脑樟型樟树 1 年生苗木与枝条对 SO₂ 吸收能力比较

芳樟型、脑樟型苗木与 1 年生苗木对 SO₂ 的吸收量趋势（图 2）：芳樟型樟树苗木、枝条对 SO₂ 吸收的能力均低于脑樟型樟树苗木、枝条对 SO₂ 的吸收能力。

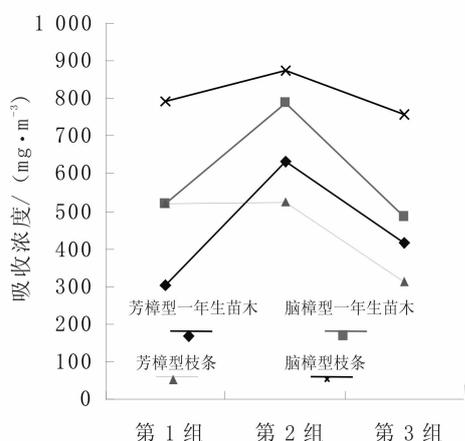


图 2 芳樟型、脑樟型樟树 1 年生苗木与枝条对 SO₂ 吸收趋势

试验结果表明，植物叶片成分不同，对 SO₂ 的吸收能力也存在差异，脑樟型樟树的主要成分是樟脑，芳樟型樟树的主要成分是芳樟醇^[13]，而无论是枝条还是 1 年生苗木，脑樟型樟树都表现出对 SO₂

吸收能力更强，因此认为樟脑成分比芳樟醇成分更有利于 SO₂ 的吸收。

同一化学型樟树苗木与枝条之间对 SO₂ 吸收差别较大，脑樟型樟树枝条对 SO₂ 吸收趋势线在苗木的上方，而芳樟型樟树枝条与苗木对 SO₂ 吸收则无规律，这可能是因为试验条件不一样，同一化学型樟树苗木与枝条之间不存在可比性。

2.4 SO₂ 静态熏气处理后恢复能力比较

叶片受 SO₂ 伤害机制：SO₂ 从气孔进入，逐渐扩散到海绵组织和栅栏组织细胞。SO₂ 对植物的伤害，起始于细胞膜，改变膜的通透性，使之受害，其中最初受害的部位是光合作用最活跃的栅栏组织细胞的细胞膜，然后是海绵组织的细胞膜，随之叶绿体和叶绿素相继破坏。与此同时，细胞质分离，组织脱水、枯萎、死亡，最后导致叶表面受害，形成许多褪色斑点。

在对熏气过程及熏气结束后樟树苗、枝条的持续观察中发现：（1）脑樟型樟树和芳樟型樟树在熏气后的恢复情况无显著差异；（2）幼叶比成熟叶片更早出现受害症状，熏气 3 h，幼叶开始出现点状的烟熏斑，受害面积小，而成熟叶片在熏气结束 30 h 后，才出现块状的白色斑块，与幼叶受害面积相比更大；（3）幼叶的恢复能力比成熟叶片的恢复能力

更快,幼叶在熏气48 h后,受害症状开始淡化直至消失,而成熟叶片在熏气结束72 h后,仍未恢复。

综上,不同化学型樟树受SO₂熏气后恢复能力无显著差异,可能是因为,(1)脑樟型樟树和芳樟型樟树代谢解毒能力相同,都拥有将对叶片有害的SO₂、亚硫酸根、硫酸根转化成硫代谢物质所需的酶;(2)脑樟型樟树与芳樟型樟树的恢复存在细微差别,不能从叶表面直接观察出来。幼叶比成熟叶更早出现SO₂受害症状,说明幼叶的SO₂受害阈值低于成熟叶的SO₂受害阈值。

幼叶的恢复比成熟叶更快,这可能是因为:(1)幼叶本身累积的SO₂比成熟叶少;(2)幼叶的代谢解毒能力比成熟叶强,即转移SO₂及代谢有毒物质的速度更快。

4 结论与讨论

(1)脑樟型樟树的主要成份是樟脑,芳樟型樟树的主要成分是芳樟醇,它们之间成分的差异导致对SO₂的吸收能力不同。脑樟型樟树对SO₂吸收能力比芳樟型樟树更强,而且其受害症状恢复所需时间与芳樟型樟树无明显差异,因此根据适地适树要求,在城市森林生态景观构建时,对SO₂污染严重的工厂附近及工业区,可以选择吸收能力更强的脑樟型樟树。

(2)芳樟型樟树与脑樟型樟树,在熏气后的恢复情况上,以受害症状完全恢复所需时间比较,很难观测出结果。樟树叶片因叶龄不同受害症状出现的时间不一致,幼叶受害症状出现早,成熟叶出现受害症状晚,在受害症状恢复上,幼叶恢复早,成熟叶恢复晚。且樟树出现受害症状及受害症状恢复所需时间长。

(3)樟树对SO₂的吸收具有一定的复杂性,同一种化学型樟树在不同的环境下对SO₂的吸收能力也存在差异,温度、压强、长势都是影响樟树SO₂吸收的因素,研究不同生态环境下樟树对SO₂的吸收对SO₂污染的治理具有理论和应用价值。

(4)静态熏气室内环境条件与自然环境相差较大,光照减弱,温度、湿度高,二氧化碳和氧气比例失调,均能较大地影响樟树苗正常生理活动。试

验中得出的樟树对SO₂浓度吸收的数据与自然条件下存在一定的差异。

参考文献:

- [1] 陈玲, 赵建夫. 环境监测[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 169.
- [2] 张晓勇, 王振红. 当前酸雨形势和治理对策[J]. 环境科学与管理, 2007, 32(8): 85-88.
- [3] 刘军, 丁四海, 姚娉, 等. 豫南地区抗污染树种的选择[J]. 国土绿化, 2010, 1: 44-45.
- [4] Li Du, Bao M Z. Plant regeneration from protoplasts isolated from embryogenic suspension cultured cells of *Cinnamomum camphora*[J]. Plant Cell Rep, 2005, 24: 462-467.
- [5] Donald G, Barceloux M D. Cinnamon (*Cinnamomum Species*)[J]. Medical Toxicology of Natural Substances, 2009: 327-335.
- [6] 徐玉梅, 王建明, 高俊明, 等. 42种园林植物对SO₂伤害的敏感性研究[J]. 山西农业大学学报, 2006, 25(2): 32-35.
- [7] 蔡慧, 高月华, 林建华. 淮南市大气中SO₂污染与植物叶片中含硫量监测分析[J]. 仪器仪表与分析监测, 2006(1): 27-28.
- [8] 陈卓梅, 李庆荣, 杜国坚. 浙江省42种园林绿化植物对SO₂气体的抗性及其吸收能力研究[J]. 浙江林业科技, 2007, 27(6): 29-32.
- [9] 徐玉梅, 王建明, 高俊明, 等. 42种园林植物对SO₂伤害的敏感性研究[J]. 山西农业大学学报, 2006: 25(2): 32-35.
- [10] 国家环境保护局 GB/T 15262-94 环境空气SO₂的测定 甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法[S].
- [11] 令狐昱慰, 黎斌, 李思锋, 等. 3种观赏植物对室内甲醛污染的净化及生长生理影响[J]. 西北植物学报, 2011, 31(4): 776-782.
- [12] 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, 8: 29.
- [13] 张国防, 陈存及. 不同化学型樟树的RAPD分析[J]. 植物资源与环境学报, 2007, 16(2): 17-21.