

绿化对保护和改善桂林环境的研究

研 究 报 告

广西壮族自治区植物研究所

一九八二年十二月

前 言

本研究课题是广西壮族自治区科学技术委员会和广西壮族自治区环境保护办公室下达的国家科委 1979 年重点项目《桂林环境污染综合防治科学研究》的第十七项。

我所接受了此项课题任务后，组建了环境保护课题组。按照课题计划，开展了桂林抗污树种和敏感植物的筛选，植物净化环境能力的研究，植物抗污机理的研究等三个方面的工作。由于研究工作的需要，还进行了工厂区栽培试验，降雨酸度的监测，花坪自然保护区植物叶片含硫、氯本底值的调查等项目。将以上研究内容分成十七个单项，逐项进行。其中有七篇试验报告参加了全国性的学术讨论会。在工作过程中，得到中国科学院上海植物生理研究所、中国科学院华南植物研究所、江苏省植物研究所、兰州大学、广西壮族自治区和桂林市环境保护科学研究所、监测站、桂林大风山化工厂、桂林乳胶厂、桂林电表厂、桂林钢厂等单位的热情支持和协助，谨此一一致以衷心的感谢。

全部调查研究工作结束后，综合写成本研究报告初稿，在课题组研究室内通过并送请中国科学院上海植物生理研究所倪晋山研究员、余叔文副研究员、兰州大学吕忠恕教授审阅，根据提供的宝贵意见修改补充为第二稿，最后经我所所长梁畴芬副研究员、副所长李时刚研究员审定付印。同时将十七个单项调查报告作为本文附件一并刊出，以便查考。文中存在的缺点错误，欢迎批评指正。

先后参加本课题的人员有：陈锐章（课题负责人，本文执笔）、陆菱妹、邓立杰、彭桂英、孙克熙、以及王奕正、侯正生。

目 录

一、桂林抗污树种和敏感植物的筛选·····	(5)
(一)、工厂区植物调查·····	(5)
(二)、急性中毒试验·····	(7)
(三)、工厂区植物栽培试验·····	(11)
(四)、筛选结果·····	(12)
二、植物净化环境能力的研究·····	(12)
(一)、植物净化大气二氧化硫污染的能力·····	(13)
(二)、植物吸氯能力的测定·····	(17)
(三)、植物非常吸氯净化量·····	(19)
(四)、花坪自然保护区植物叶片硫、氯含量的本底调查	(20)
(五)、桂林雁山降雨酸度的监测及模拟酸 雨对植物种子的生理效应·····	(20)
三、植物抗污机理的研究·····	(24)
(一)、叶细胞的 PH 值、等电点、缓冲容量 与植物对二氧化硫抗性的关系·····	(24)
(二)、叶细胞耐酸力与植物抗氯性的关系·····	(26)
(三)、根系环境的硫、氯含量对叶片硫、 氯含量及抗性的影响·····	(26)
(四)、几种氧化酶活性与植物对二氧化硫 抗性的研究·····	(31)
结论·····	(31)
建议·····	(32)
研究报告及附件所用的植物名录 (按中文笔划顺序排列)·····	(33)

附件：（按研究报告引用的顺序排列）

- 1、桂林钢厂、桂林乳胶厂、大风山化工
厂厂区内植物调查……………陈锐章、
陆菱妹、邓立杰、孙克熙、侯正生、王奕正……………（49）
- 2、植物试验用的开顶式熏气装置……………陈锐章…（54）
- 3、植物对氯污染的反应症状及其吸收净
化作用……………陈锐章、彭桂英…（57）
- 4、二氧化硫抗性植物和监测植物的筛选……陈锐章、
陆菱妹、邓立杰、孙克熙、侯正生、王奕正……………（65）
- 5、从植物叶片含硫量估测桂林大气二氧
化硫污染状况……………陈锐章、
陆菱妹、邓立杰、孙克熙、侯正生、王奕正……………（69）
- 6、植物对二氧化硫的吸收净化作用……………陆菱妹、
王奕正、邓立杰……………（71）
- 7、不同树种对大气二氧化硫污染净化能
力……………陆菱妹…（76）
- 8、桂林大风山化工厂内几种植物吸氯能
力的测定……………陈锐章、
孙克熙、陆菱妹、邓立杰、侯正生、王奕正……………（77）
- 9、植物净化大气氯污染的能力……………陆菱妹、
王奕正、邓立杰……………（80）
- 10、花坪自然保护区几种植物叶片硫、氯
本底值的测定……………彭桂英…（85）
- 11、桂林雁山降雨酸度的监测……………彭桂英…（87）
- 12、模拟酸雨对植物种子的生理效应……………彭桂英…（89）
- 13、叶细胞的PH值、等电点、缓冲容量

- 与抗二氧化硫的关系.....陈锐章... (92)
14. 叶细胞耐酸力与植物抗氯性的关系.....陈锐章、
彭桂英..... (104)
15. 根系环境的硫、氯含量对叶片硫氯含量
量及抗性的影响.....陈锐章、彭桂英... (106)
16. 几种氧化酶活性与植物对二氧化硫抗
性的研究.....邓立杰... (111)
17. 植物受 SO_2 污染后有无不可见伤害
的商榷.....邓立杰... (123)

一、桂林抗污树种和敏感植物的筛选

关于抗污树种和敏感植物的筛选工作，国内外各地先后都在进行。但所得结果，总有一些不一致的情况。因为各地的自然环境条件、筛选使用的方法以及筛选时的试验条件各不相同，植物的抗性表现就会有一些差别。由于这些原因，所以有必要就地进行筛选，并尽可能做到选的试验条件与桂林的自然环境条件相近似，以期得到适用于桂林种植的抗性树种和敏感植物。

筛选抗性树种采取工厂区植物调查、急性中毒试验和工厂区栽培试验相结合的方法；敏感植物只用急性中毒试验进行筛选。

(一)、工厂区植物调查

1979年夏、秋、冬三季，选择了不同污染类型的三个工厂——大风山化工厂、桂林乳胶厂和桂林钢厂，对厂区内现有的植物种类及生长情况，进行了多次调查。

大风山化工厂是以食盐为主要原料，经过电解制备氯气，生产一系列含氯的化工原料和农药的工厂。主要的气态污染物是氯；特别是电解车间、液氯车间和漂白车间附近，一般人都可嗅到刺激性的氯味，眼睛也有受刺激的感觉。厂区内有树木30种，生长于上述车间附近的大叶女贞枝叶枯损，马尾松叶尖枯死，翅荚香槐、木芙蓉、侧柏等植物长势较差。这些植物抗氯能力较弱，而大叶黄杨、夹竹桃、构树、泡桐、樟树、柘木等生长基本正常。当发生跑冒

滴漏造成较重的氯污染时，这些植物的叶片也会枯萎脱落，但以后又能发出新叶恢复生长，这些植物在氯污染的环境中仍能生存。在含盐酸废水使水泥修筑的排水沟崩坏的地方，狗尾草、鼠尾粟等草本植物仍能繁茂生长，而且植株含氯量也比生长于相对清洁区的植株高，表明这些植物对盐酸具有较强的适应和吸收能力。

桂林乳胶厂厂区内有树木 39 种。桂林钢厂厂区内有树木 23 种。这两个厂的锅炉日耗煤量均为 50——70 吨。乳胶厂还排放少量含氮的废水和废气。这两个厂的厂区内，除极靠近锅炉房的地方外，植物生长正常。对乳胶厂内排放含氮废水和废气的车间附近的 5 种植物（阴香、樟树、大叶女贞、苦楝、夹竹桃）枝条生长量与相对清洁区这 5 种植物枝条生长量相比较，表明少量的氮不仅未对植物造成伤害，反而具有促进枝条生长的作用（见表 1）。

表 1 植物枝条总生长量调查 单位：厘米

枝条总生长量 植物名称 地点	阴香	樟树	大叶女贞	苦楝	夹竹桃
桂林乳胶厂	417	608	80	80	490
雁山(相对清洁区)	265	272	55	60	617

根据以上的调查结果表明：

1、日耗煤量均为 50——70 吨的上述三个厂，未发现二氧化硫对植物的伤害。

2、大风山化工厂的植物，已受到氯污染的损害。马尾松、大

叶女贞、翅荚香槐、木芙蓉、侧柏等植物抗氯能力较差，大叶黄杨、夹竹桃、构树、泡桐、樟树、柘木、苦楝、阴香等植物抗氯能力较强，狗尾草、鼠尾粟等草本植物具有抗盐酸废水的能力。

(二)、急性中毒试验

1、开顶式熏气装置

国内用于急性中毒试验的装置，在1976年以前，均采用向密闭的透明罩内通入污染气体处理罩内植物的方法，即所谓静式熏气试验。1976年以后，改进为污染气体不断流经罩内的方法，称为动式熏气试验。密封罩内的光、温、湿条件，还要附加一系列调控装置，设备要求较高，但即使做成这样的装置，仍难于做到与罩外的自然环境条件相近似。为此，设计了简易的开顶式熏气装置，直接利用自然环境的光、温、湿条件，风雨、昆虫、粉尘等也与罩外的自然环境条件相近似，大大提高了筛选工作的可靠性。我所于1980年7月建成开顶式熏气装置，用于筛选抗氯和对氯敏感的植物，效果很好，是国内第一个开顶式装置，与最近国外报道的新型装置——Open type chamber，各自独立设计而成。

2、氯中毒试验

(1)、方法：1) 抗性植物筛选：将150种植物的新鲜离体枝条插于水瓶中，置入开顶式熏气装置内，然后向装置内通入含氯25 Ppm的空气，温度30℃，相对湿度86%，熏蒸6小时。2) 敏感

植物筛选：将 24 种盆栽植物置入开顶式熏气装置内，然后通入含氯 12 PPm 的空气，温度 27℃，相对湿度 82%，熏蒸 1.5 小时。熏蒸结束后，将植物移置于空气流通不受阳光直射的地方，观察 24 小时。

(2)、受害症状：植物熏氯后，叶片出现的症状有如下几种类型：

1) 全叶褪绿。这是氯污染的典型症状，所有植物都有类似的表现，只不过轻重程度有所不同。

2) 叶背出现暗绿色水渍斑。如落地生根、龙吐珠等。

3) 叶片和嫩梢软垂。如重阳木、构树等。

4) 叶脉间出现褐色斑块，最后叶肉枯朽，仅残留叶脉。如鸡冠花、凤仙花等。

5) 叶尖或叶缘卷缩、枯黄或枯白。如含羞草、白车轴草等。

6) 全叶卷缩、枯死、脱落。如大猪屎青、芝麻等。

(3)、抗性植物等级的划分及各级抗性植物。

经 25 PPm 氯气熏蒸 6 小时后，在 24 小时内叶片不出现受害症状或受害症状占叶面积 30% 以下的为抗性植物，受害症状占叶面积 30—70% 之间的为抗性中等的植物，受害症状占叶面积 70% 以上的为抗性弱的植物。

抗性强的植物如下：金心卫矛、大叶女贞、黄杨、肉桂、福建

柏、大叶黄杨、柳杉、罗汉松、桂花、银杏、光叶红豆、假黄杨、杉、刺叶冬青、苦槠、厚皮香、池杉、柘木、南洋杉、重阳木、红背桂、火力楠、夹竹桃、灰木莲、桂林锥栗、珊瑚树、青果榕、日本扁柏、南天竹、马尾松、苦李根、大叶栎、九里香、子凌蒲桃、海桐花、刺鸭脚、阿丁枫、大叶仙茅、广东松、杨梅、脉叶罗汉松、落地生根、白腊树、紫竹梅、闽楠。

抗性中等的植物如下：亮叶腊梅、冬青、鄂西侏木、圆果冬青、湿地松、油茶、宛田红花油茶、石楠、台湾相思、鸭脚木、板栗、蝴蝶果、柞木、黄花榆、花榈木、水杉、榿木、柚子、大花五棱果、垂柏、细齿叶榕木、小叶女贞、桃、小叶十大功劳、桃金娘、樟树、金丝李、白蟬蟬山胶木、黄枝油杉、冬枣木、木槿、八角、仪花、玉兰、龙吐珠、罗伞树、枇杷、千年桐、樟叶槭、棠梨、竹柏、假烟叶、含笑、棕竹、十大功劳、无患子、石笔木、木莲。

抗性弱的植物如下：黄素馨、椴树、白饭树、盐肤木、野茉莉、水东哥、长花龙吐珠、算盘子、兰桉、黄牛木、朴树、雪松、构树、日本樱、灰毛浆果、合欢、赖桐、黄枝子、千层纸、桑树、番石榴、乌柏、木尧子、枫香、云实、密花金丝桃、罗芙木、白榄、英国梧桐、牛尾木、大青、麻叶绣线菊、枳椇、苣荬、羊蹄甲、泡桐、鹅掌楸、象牙红、白背桐、喜树、大叶桉、芙蓉花、任豆、颠茄、香椿、梧桐、樱花、油梨、了哥王、三叶木通、蚬木、苦楝。

酸枣、银桦 阿婆伞。

(4)、敏感植物等级的划分及各级敏感植物

敏感植物只从适于盆栽的花卉中进行筛选，因为筛选敏感植物的主要目的，是利用植物对大气污染能在外部形态上出现肉眼可见的症状，向人们指示大气的污染状况，起着监测大气污染的作用。所以又称为监测植物或指示植物。

经 12 PPM 氯气熏蒸 1.5 小时后，在 24 小时内叶片受害症状占叶面积 70 % 以上的植物为敏感植物，叶片受害症状占叶面积 30—70 % 之间的为稍敏感植物，叶片受害症状占叶面积 30 % 以下的为不敏感植物。

敏感植物有：大猪屎青、鸡冠花、凤仙花、含羞草、白车轴草、芝麻、糯米草和麒麟吐珠。

稍敏感植物有：波斯菊、大丽菊、万寿菊、菊花、汗斑草、麻疯草、水兰青和五彩椒。

不敏感植物有：万年青、落地生根、海棠、蒲公英、玉簪、萱草和六月雪。

3、二氧化硫中毒试验

(1)、方法：采用液体二氧化硫处理植物的方法。用含二氧化硫为 6 % 的亚硫酸，稀释成为含二氧化硫为 250、300、400、500、750、1000 和 1500 PPM 的溶液，将植物的枝条（连同

叶片)分别浸于上述不同浓度的二氧化硫溶液中半分钟,然后取出任其自然干燥,24小时内,观察叶片有无受害症状出现。共处理了226种植物。

(2)、受害症状:植物受二氧化硫溶液处理后,叶片的脉间出现弥散性的黑色伤斑或块状伤斑,严重时整片叶子枯萎脱落,甚至整个枝条枯死。

(3)、抗性植物的标准和抗性植物。

能耐受1500 ppm 二氧化硫溶液处理,叶片无受害症状的植物定为抗性植物,有如下30种:

油茶、棕榈、荷花玉兰、杨梅、蒲葵、大叶黄杨、柚子、芭蕉、珠砂根、亮叶槭、黄枝油杉、黄杨、鹰爪、水团花、闽楠、罗汉松、含笑、绣球花、日本扁柏、异叶南洋杉、长梗金粟兰、大果冬青、亮叶腊梅、柘木、台湾相思、红豆、蚬木、落地生根、罗裙带、麻疯树。

(4)、敏感植物标准和敏感植物。

用250 ppm 二氧化硫溶液处理叶片即出现受害症状的植物定为敏感植物,有如下11种:

大猪屎青、三尖叶猪屎豆、假兰蕙、金钮扣、糯米草、香雪兰、含羞草、密花金丝桃、青蒿、脉叶香茶菜和汗斑草。

(三)、工厂区植物栽培试验

1980年在桂林乳胶厂栽种泡桐、桂花、阴香、木莲、香子含笑、湿地松等6种植物共约400株。在种植地点周围250米范围内,有该厂和桂林橡胶制品厂各一个日耗煤50吨左右的锅炉。在桂林电表厂栽种泡桐、竹柏、火力楠等3种植物共约200株,分布在该厂各车间近旁和宿舍区。到1982年检查这两个厂种植的8种植物,除湿地松受人畜损害外,全部生长正常。特别是在电表厂的

电镀车间近旁3米处，因有酸、碱、氰化物、铬酸盐等多种气体污染，过去曾种过樟树、女贞等植物，成活率都不高。但这次种植的5株泡桐却全部成活，生长正常，平均每年增高1米左右。在乳胶厂栽种的泡桐，平均每年增高也是1米左右。这些情况说明，泡桐、桂花、阴香、木莲、香子含笑、竹柏、火力楠等植物，均能在上述有二氧化硫污染的环境中正常生长，泡桐还具有抵抗多种污染的能力。

(四)、筛选结果

综合工厂区植物调查、急性中毒试验和工厂区植物栽培试验的结果，较好的抗氯植物有大叶黄杨、桂花、夹竹桃、海桐花、九里香、泡桐、樟树、构树、柘木；较好的抗二氧化硫植物有夹竹桃、泡桐、棕榈、蒲葵、鹰爪、大叶黄杨、柘木；较好的对氯敏感植物有大猪屎青、鸡冠花、凤仙花、含羞草；较好的对二氧化硫敏感植物有大猪屎青、汗斑草、糯米草。

上列植物中，大叶黄杨、夹竹桃、泡桐、柘木既是抗氯植物，同时也是抗二氧化硫的植物。大猪屎青对氯和二氧化硫都敏感。据资料报道，植物对二氧化硫和氯的抗性或敏感性基本上是一致的，桂花、夹竹桃、海桐花、九里香、棕榈、蒲葵和鹰爪等植物，可以在大气含二氧化硫 $0.16 \sim 0.61$ ppm或含氯 $0.019 \sim 0.04$ ppm的环境中正常生长。※ 因此上列抗氯和二氧化硫植物，都是既抗氯也抗二氧化硫的植物。

二、植物净化环境能力的研究

研究植物净化环境能力的目的：在于了解各种植物可能吸收污染物质的数量，以便计算在不同的环境条件下，绿化面积应占的比

※ 中国科学院华南植物研究所资料(1981)

例；并且选择净化能力较强的植物，以便在相同的绿化面积上，得到较大的净化效果。对于城市、厂矿等人口密集、绿化面积极其有限的地方，尤其具有重要的意义。

在本报告中，植物净化大气污染的能力，是以生长于污染环境中叶片含污染物质的量减去生长于相对清洁区同种植物叶片含该种污染物质的量（本底含量）来表示的。

叶片含氯量用氯离子选择电极测叶片水提液，叶片含硫量用湿式灰化比浊法进行测定。

由于植物净化量的测定必需是污染区和相对清洁区都有的植物，而污染区内通常只有较少种类的植物，故不能大量地进行测定。此外在不同的时间，以及选用的污染区和相对清洁区的不同，得到的结果也不相同，所以只能在同一组测定中比较各种植物净化能力的大小，而不能将不同组测定的结果直接进行比较。

（一）、植物净化大气二氧化硫污染的能力

在 1979 — 1981 年期间，先后进行过三次测定，结果列于表 2 ~ 4。

表 2 为 1979 年以三个工厂为污染区，以距桂林市 24 公里的雁山我所植物园为相对清洁区。3 种植物在不同季节叶片的吸硫净化量，最大的是大风山化工厂十一月份的夹竹桃叶片，达 4830 毫克 / 公斤（干叶）。

表2 植物叶片含硫量(毫克/公斤干叶) (1979)

植 名	采样地点 采样日期	桂 林 乳胶厂	大风山 化工厂	桂林钢厂	七星公园	雁山(相 对清洁区)
桂 花	5月2日	5545	3895	2620	3925	3090
	8月20日	6750	3970	2185	3635	4535
	11月15日	7820	4140	3185	4880	4515
构 树	5月2日	4355	5055	3255	3185	2395
	8月20日	7740	4055	3300	3250	—
	11月15日	3970	5350	3815	3560	2050
夹 竹 桃	8月20日	4960	2755	4410	2330	1985
	11月15日	5480	7155	4565	2665	2325

表3为1980年以桂林市六个不同功能区为污染区,以大河公社为相对清洁区,对7种植物叶片含硫量的测定值。其中以航修厂的女贞吸硫净化量最大,达2099.5毫克/公斤(干叶)。

表3 植物叶片含硫量(毫克/公斤干叶) (1980)

植 物 名 称	北 村	七星公园	观音阁	冶 金 机修厂	供电公司 招待所	航修厂	大河(相 对清洁区)
樟 树	2937.5	2408.0	3864.9	3141.4	—	3815.4	2563.8
桂 花	3709.2	2769.0	—	2137.0	—	3474.2	1641.4
女 贞	—	3127.4	—	3919.9	3931.6	4850.9	2751.4
苦 楝	2938.4	2422.5	2887.9	3060.9	2494.4	2937.0	2421.9
泡 桐	2755.0	3195.4	—	3265.2	3289.4	2804.1	2091.2
阴 香	—	2188.0	3325.8	3212.5	2468.1	2437.5	2137.2
大叶桉	—	—	—	1700.3	2360.2	3009.2	1989.0

表4为1981年以航修厂为污染区，以大河公社为相对清洁区，对8种植物的测定值。其中以夹竹桃吸硫净化量最大，达2232.9毫克/公斤（干叶）。

表4 植物叶片含硫量（毫克/公斤干叶）（1981）

植物名称 \ 项目	污染区（航修厂）	清洁区（大河）	吸硫净化量
夹竹桃	5279·	3046·8	2232·9
泡桐	4748·8	3126·5	1622·3
大叶桉	6054·1	4570·5	1483·6
桂花	4577·3	3490·9	1086·4
乌柏	3832·3	2950·2	882·1
樟树	3655·4	3039·0	616·4
构树	3961·6	3707·2	254·2
槐树	3231·4	3173·4	58·0

表 2~4 的资料表明:

1、被测的 11 种植物中,以夹竹桃和女贞的吸硫净化能力较大。净化量在 2099.5 毫克/公斤以上。

2、生长于二氧化硫污染区的植物叶片含硫量,绝大多数都高于相对清洁区。

3、不同种类植物的叶片含硫本底值(相对清洁区的植物叶片含硫量)及吸硫净化能力各不相同,本底值的高低与吸硫净化能力无关。

4、大多数植物叶片含硫量以秋冬季较高。

在工作过程中体会到相对清洁区的确定是相当困难的。因为二氧化硫的污染源十分广泛,厂矿、交通工具及居民生活上的燃料都产生二氧化硫。据桂林市大气污染调查的结果[※],二氧化硫污染以居民区最重。这是始料所不及的。本研究选定距桂林市中心 24 公里,附近没有大中型厂矿的雁山公社范围内我所植物园作为相对清洁区原则上是对的,可是园内也错落地分布一些职工宿舍,可能造成相当程度的污染,以致在第一年的测定结果(表 2),曾有相对清洁区桂花叶片含硫量高于大风山化工厂和桂林钢厂的情况。以后在采样时尽量远离宿舍区就不再出现这类情况了。

※ 广西壮族自治区环境保护监测站写:桂林市大气污染调查和评价(1982)