

37种园林绿化植物苗木对氯气的抗性及吸收能力

杜国坚¹, 缪宇明², 陈卓梅¹, 张跃仙³, 陈亚飞²

(1. 浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023; 2. 浙江林学院 园林学院, 浙江 临安 311300; 3. 浙江省武义县林业局, 浙江 武义 321200)

摘要: 采用人工熏气法, 对 37 种园林绿化植物对氯气(Cl_2)的抗性及吸收能力进行了研究, 通过系统聚类分析方法, 将参试植物的抗性及吸收能力分别从弱到强划分为 5 个等级 (I, II, III, IV, V)。实验结果显示: 37 种植物对氯气抗性存在较大差异, 抗性最强的为茶花 *Camellia japonica*, 最弱的为乳源木莲 *Manglietia yuyuanensis*, 红花木莲 *Manglietia insignis* 和交让木 *Daphniphyllum macropodum*; 37 种植物对氯气吸收能力差异显著, 吸收能力最弱的为乳源木莲, 熏气前后氯元素质量分数差为 $0.50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 最强的为火棘 *Pyracantha fortuneana*, 熏气前后氯元素质量分数差变化 $8\ 107.68 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。图 2 表 5 参 11

关键词: 植物学; 人工熏气; 园林植物; 氯气; 抗性; 吸收能力

中图分类号: S731 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2009)04-0503-08

Resistance and absorbency to gaseous chlorine with 37 young landscaping plant species

DU Guo-jian¹, MIAO Yu-ming², CHEN Zhuo-mei¹, ZHANG Yue-xian³, CHEN Ya-fei²

(1. Zhejiang Forestry Academy, Hangzhou 310023, Zhejiang, China; 2. School of Landscape Architecture, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 3. Forest Enterprise of Wuyi County, Wuyi 321200, Zhejiang, China)

Abstract: With artificial fumigation, resistances and absorbencies to gaseous chlorine (Cl_2) of 37 common plant species were graded into five levels: I, II, III, IV, and V (from weak to strong), using a cluster analysis with DPS software. Results showed that the strongest resistance was with *Camellia japonica* and the weakest with *Manglietia yuyuanensis*, *Manglietia insignis*, and *Daphniphyllum macropodum*. The greatest absorbency was with *Pyracantha fortuneana* ($8\ 107.68 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) and the weakest with *Manglietia fordiana* ($0.50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). [Ch, 2 fig. 5 tab. 11 ref.]

Key words: botany; fumigation chamber; horticultural species; chlorine (Cl_2); resistance; absorbency

氯气(Cl_2)是黄绿色, 有强烈窒息性异味且有有毒的气体, 是一种危害环境和人体健康而且难以分解的污染物。它具有很强的氧化性, 与二氧化碳接触能形成光气, 在高压下可液化为液氯, 在空气中呈白色烟雾, 极易溶于水、醇和醚。它主要来源于制氯厂、制碱厂以及利用氯制造农药、漂白剂、消毒剂、塑料和合成纤维等工业排出的废气。在生产过程中产生的氯气、含氯废水和盐泥废渣以及逸出氯气均能造成污染, 可使草木枯萎。氯气对人体严重危害表现在它能刺激眼、鼻、喉以及上呼吸道等。当质量浓度为 $1 \sim 6 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 时, 对人有显著刺激, $30 \sim 60 \text{ min}$ 可致严重中毒; $120 \sim 170 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 时极为危险, 会引起急性肺水肿及肺炎; $3\ 000 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 时, 可立即麻痹呼吸中枢, 出现“闪电性死亡”。长期吸入低质量浓度的氯气会引起慢性中毒, 主要症状为鼻炎、慢性支气管炎、肺气肿和肝硬

收稿日期: 2008-10-13; 修回日期: 2008-12-27

基金项目: 浙江省科学技术重点项目(2005C22056)

作者简介: 杜国坚, 研究员, 从事城市林业研究。E-mail: dugj87798210@163.com

化等慢性疾病。对氯敏感的人,当接触较高质量浓度的氯气后,即可发生皮炎或湿疹。氯气对金属制品和建筑还有腐蚀作用。最近 Satish 发现由腐朽植物所产生的有机氯,在土壤、沉积物和天然水中的分布反而比无机氯更丰富。研究发现,植物对于一定浓度范围内的大气污染物,不仅具有一定的抵抗力,而且也具有相当程度的吸收有害气体能力^[1-3]。有研究显示,米兰 *Aglaia odorata* 和桂花 *Osmanthus fragrans* 对氯有较强吸收能力,米兰能吸收大气中的二氧化硫和氯气。在含 $0.01 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 氯气的空气中熏 4 h, 1 kg 米兰叶吸氯量为 0.004 8 g; 桂花对化学烟雾有特殊的抵抗能力,对氯化氢、硫化氢、苯酚等污染物有不同程度的抵抗性,在氯污染区种植 48 d 后,1 kg 叶片可吸收氯 4.8 g。它还能吸收汞蒸气。笔者曾对浙江省主要园林绿化植物对氯化氢气体以及二氧化氮气体的抗性和吸收能力进行了研究^[4-5]。本实验采用人工熏气法对浙江省 37 种重要园林绿化植物对氯气的抗性及吸收能力进行了定量研究,在工业园区周围及公路附近选择抗性和吸收能力强的绿化植物,构建不同类型的人工绿地生态工程体系,可有效改善生态环境,缓解环境污染,同时为浙江省及周边区域城市功能型园林绿地的物种配置提供科学依据。

1 试验方法

1.1 开顶式自动监控熏气装置

自动监控熏气装置顶部敞开,由配气系统、送风系统、熏气罩和监测系统组成。配气系统采用罐装气体,通过微机和电磁阀实时监测熏气室质量分数,可自动调控使熏气室气体质量分数保持在目标值。送风系统采用轴流风机,将供试气体连续不断送入气室。熏气罩用有机玻璃制成,六面柱体,顶部略有收口。氯气首先进入气室栅板的底部空间,再从栅板上均匀分布的 1 200 多个直径为 12 mm 的孔眼自下而上通过气室,使气室内实验气体质量分数均匀。监测系统中,有害气体质量分数监测采用在线式监测仪(传感器为瑞士生产)将信号传输到计算机,由计算机发出指令控制电磁阀的开关,将熏气室质量分数控制在目标值,数据采集密度达每秒 1 次,误差不超过 5%。

1.2 物种的选择及实验材料的确定

本研究的实验对象是园林绿化中应用比较广泛的植物,其中包含木兰科 Magnoliaceae,樟科 Lauraceae,壳斗科 Fagaceae 等乡土植物。实验材料选取生长健壮、条件基本相同的 2 年生容器苗。草本植物为当年播种或分盆,藤本植物为当年生嫩枝扦插。共进行了 37 种植物苗木的熏气实验。各植物 3 次重复。

1.3 实验设计

熏气条件:参试植物置于同一熏气装置内,控制 Cl_2 质量分数在 $(3.0 \pm 0.5) \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,环境温度 $15 \sim 25 \text{ }^\circ\text{C}$,湿度为 40% ~ 60%,以及相同的光照条件(500 ~ 8 000 lx)。在同一季节(6 - 10 月)进行熏气实验,以保证植物处在相同生长季。

抗性强度的确定:观察植物的受害情况,当植物叶片出现 5% 伤害率时,记录下熏气持续时间,并以此作为植物抗性划分依据。其中,伤害率(%) = [伤害叶数(%) + 伤害面积(%)]/2。

吸收能力的确定:当熏气苗木出现 5% 伤害率时,在苗木相同位置取样,洗净,60 $^\circ\text{C}$ 烘干,粉碎后过 80 目筛,采用氧化钙干灰法-硝酸银滴定法测定全氯质量分数,以叶片含氯量的多少作为植物吸收氯气能力的划分依据。吸收能力($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) = 熏气后氯质量分数 - 熏气前氯质量分数。相对吸收能力(倍) = (熏气后氯质量分数 - 熏气前氯质量分数)/熏气前氯质量分数。

对照:以同一地点,温、湿、光照及风力条件相同的苗木为对照,同时采集叶样分析氯元素质量分数。

1.4 数据统计分析

运用 DPS 分析软件进行聚类分析,对 37 种植物的抗性及吸收能力等级进行分类。

2 结果与讨论

2.1 植物受伤害症状

氯气对叶肉细胞有很强的杀伤力，进入叶肉细胞后很快破坏叶绿素，产生点、块状褪色伤斑，叶片严重失绿，甚至全叶失绿褪为白色脱落，其伤斑部位大多在脉间，伤斑与健康组织之间没有明显界限^[6]。

2.2 植物抗性能力的研究

本实验中，以植物叶片出现 5% 伤害率的时间先后、伤害症状的严重程度作为植物抗性划分依据。并依据 DPS 分析软件，对植物的熏气持续时间进行系统聚类分析，将植物抗性从弱到强划分为：I，II，III，IV 和 V 等 5 个等级。

图 1 显示，抗性最弱的是红花木莲 *Manglietia insignis*，乳源木莲 *Manglietia yuyuanensis*，交让木 *Daphniphyllum macropodum*；而抗性最强的是茶花 *Camellia japonica*，其次还有披针叶茴香 *Illicium lanceolata* 和云山白兰 *Michelia platyptala*。对比樟科，山茶科 Theaceae，木兰科和金缕梅科 Hamamelidaceae 等 4 个科的植物，木兰科 9 种植物中，除云山白兰的抗性为 V 外，有 2 种抗性为 I，其他 4 种为 IV，而处于 III 和 II 等级的各 1 个种；樟科的 3 个植物中天竺桂 *Cinnamomum japonicum* var. *chekiangense* 的抗性相比樟树 *Cinnamomum camphora* 和黑壳楠 *Lindera megaphylla* 较强，但总体来说抗性还是相对较弱；金缕梅科的 2 个物种美国枫香 *Liquidambar styraciflua* 和米老排 *Mytilaria laosensis* 都为 I；五加科 Araliaceae 的常春藤 *Hederanepalensis* var. *sinensis*，黄杨科 Buxaceae 的瓜子黄杨 *Buxus sinica* 的

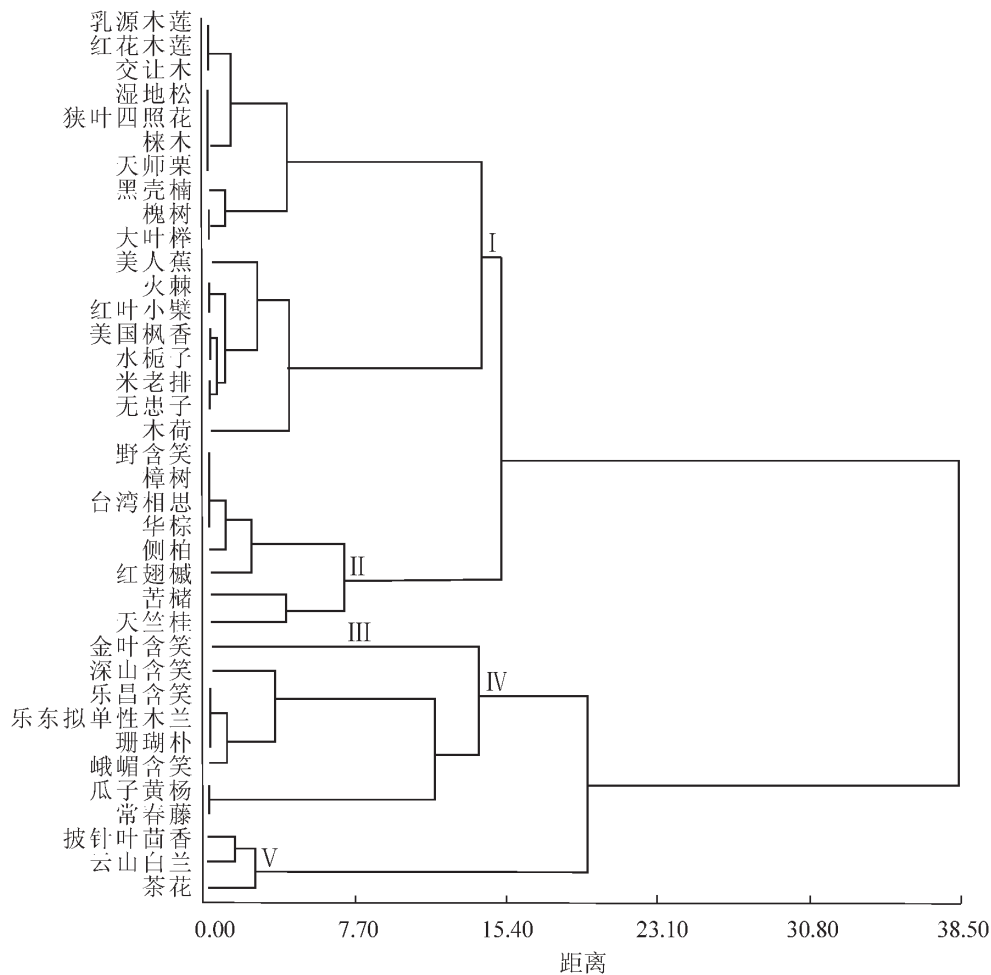


图 1 37 种园林绿化植物对氯气抗性等级划分中间距离法系统聚类图

Figure 1 System cluster of resistance to gaseous Cl₂ of the 37 landscaping plant species

抗性都相对较强。总体上分析,山茶科的抗性最强,木兰科和樟科次之,金缕梅科抗性最差。

表1显示的是不同抗性等级植物在熏气实验中的持续时间,有18种植物处于抗性弱的等级,其中乳源木莲、红花木莲和交让木的抗性最弱,只有1.5 h,占参试植物的48.65%。抗性强的植物为披针叶茴香、云山白兰和茶花,它们的持续时间都在83 h以上,占参试植物的8.11%。

表1 37种园林绿化植物对氯气抗性能力等级表

Table 1 Classes of the resistance to gaseous Cl₂ of the 37 landscaping plant species

植物名称	熏气持续时间/h	抗性等级	植物名称	熏气持续时间/h	抗性等级
乳源木莲 <i>Manglietia yuyuanensis</i>	1.5	I	台湾相思 <i>Acacia confusa</i>	25.5	II
红花木莲 <i>Manglietia insignis</i>	1.5	I	华棕 <i>Washingtonia filifera</i>	25.5	II
交让木 <i>Daphniphyllum macropodum</i>	1.5	I	侧柏 <i>Platycladus orientalis</i>	27.0	II
湿地松 <i>Pinus elliottii</i>	3.0	I	红翅槭 <i>Acer fabri</i>	28.5	II
狭叶四照花 <i>Dendrobenthamia angustata</i>	3.0	I	苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i>	32.0	II
株木 <i>Cornus florida</i>	3.0	I	天竺桂 <i>Cinnamomum japonicum</i> var. <i>chekiangense</i>	36.5	II
天师栗 <i>Aesculus wilsonii</i>	3.0	I			
黑壳楠 <i>Lindera megaphylla</i>	6.0	I	金叶含笑 <i>Michelia foveolata</i>	45.5	III
槐树 <i>Sophora japonica</i>	7.5	I			
大叶榉 <i>Zelkova schneideriana</i>	7.5	I	深山含笑 <i>Michelia maudiae</i>	54.5	IV
美人蕉 <i>Canna generalis</i>	12.5	I	乐昌含笑 <i>Michelia chapensis</i>	59.0	IV
火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i>	14.5	I	乐东拟单性木兰 <i>Parakmeria lotungensis</i>	59.0	IV
红叶小檗 <i>Berberis thunbergii</i>	14.5	I	珊瑚朴 <i>Celtis julianae</i>	59.0	IV
美国枫香 <i>Liquidambar styraciflua</i>	15.5	I	峨眉含笑 <i>Michelia wilsonii</i>	60.0	IV
水梔子 <i>Gardenia jasminoides</i> var. <i>radicans</i>	15.5	I	瓜子黄杨 <i>Buxus sinica</i>	70.0	IV
米老排 <i>Mytilaria laosensis</i>	16.0	I	常春藤 <i>Hedera nepalensis</i> var. <i>sinensis</i>	70.0	IV
无患子 <i>Sapindus mukorossi</i>	16.0	I			
木荷 <i>Schima superba</i>	19.5	I	披针叶茴香 <i>Illicium lanceolatum</i>	83.0	V
			云山白兰 <i>Michelia platypetala</i>	84.5	V
野含笑 <i>Michelia skinneriana</i>	25.5	II	茶花 <i>Camellia japonica</i>	86.0	V
樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>	25.5	II			

从表2可以看出,落叶植物中有88.89%分布在I水平,而常绿植物中,处于抗性II和I的等级占总数的65.39%,有30.77%的常绿植物处于IV至V水平。可见,参试的植物中常绿植物抗性较落叶植物要强。草本植物中,多年生草本美人蕉抗性为I,藤本植物常春藤处于IV等级。

2.3 植物净化能力的研究

图2显示,将参试植物对氯气吸收能力划分5个等级,从乳源木

表2 参试植物中落叶与常绿树种对氯气抗性等级表

Table 2 Classes of the resistance to gaseous Cl₂ of evergreen and defoliate tree species

抗性等级	落叶植物		常绿植物	
	物种数量	占比例/%	物种数量	占比例/%
I	8	88.89	9	34.62
II	0	0	8	30.77
III	0	0	1	3.85
IV	1	11.11	5	19.23
V	0	0	3	11.54
合计	9	100	26	100

说明:未统计草本植物美人蕉和藤本植物常春藤。

莲到侧柏 *Platycladus orientalis* 的植物处于 I 的吸收水平，从峨眉含笑 *Michelia wilsonii* 到深山含笑 *Michelia maudiae* 处于 II 的吸收水平，处于 V 水平的植物有 3 种，分别为珊瑚朴 *Celtis julianae*，槐树 *Sophora japonica* 和火棘 *Pyracantha fortuneana*。其余植物集中在 IV 和 III。

将各个科植物进行比较，木兰科植物有 9 种，有 8 个在 I 和 II，剩下 1 种植物金叶含笑 *Michelia foveolata* 处在 III。樟科植物 3 种，黑壳楠等处于 I，樟树和天竺桂 *Cinnamomum japonium var. chekiangense* 分别处于 IV 和 III。金缕梅科 2 种植物米老排和美国枫香的吸收能力均处在 IV。山茶科植物有 2 种，木荷 *Schima superba* 和茶花的吸收能力均为 III。从吸收能力分析，金缕梅科 > 樟科 > 山茶科 > 木兰科。

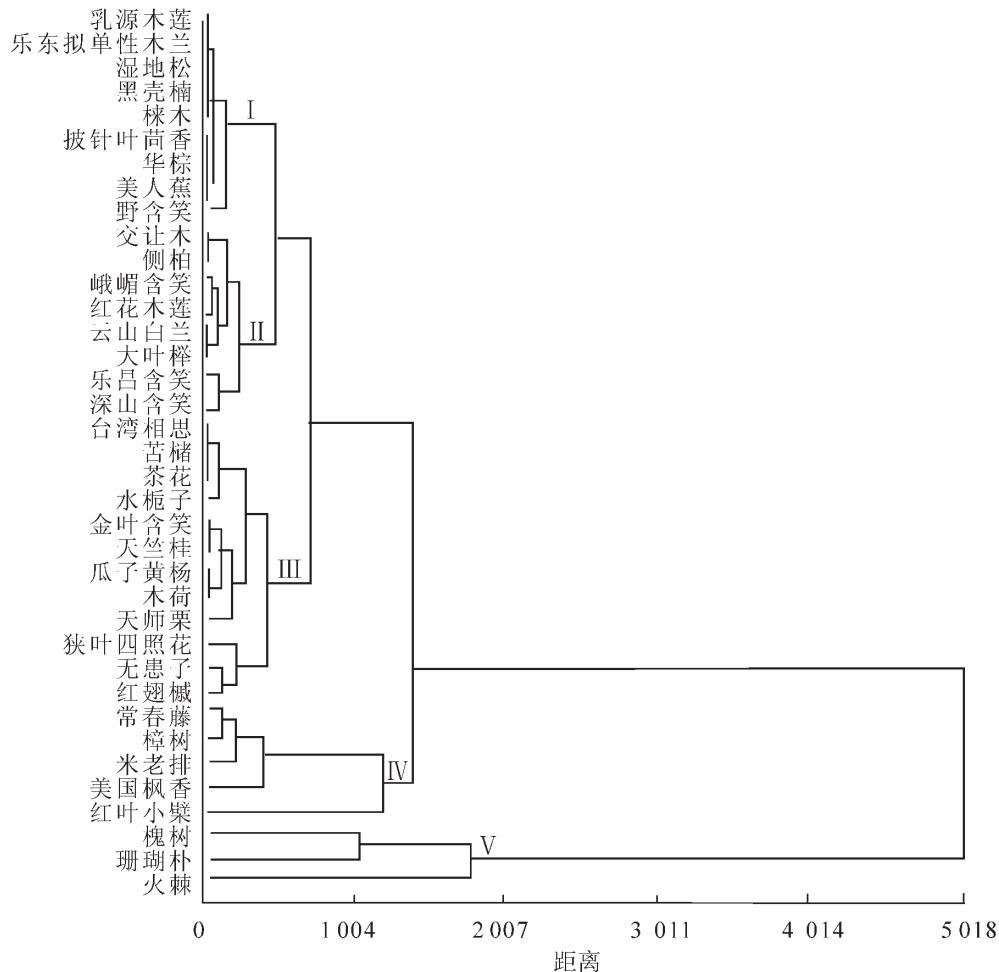


图 2 37 种园林绿化植物对氯气吸收等级划分重心法系统聚类图

Figure 2 System cluster of absorbency to gaseous Cl₂ of the 37 landscaping plant species

表 3 显示的是不同植物对氯气的吸收能力。吸收能力处于 I 的有 11 个种，占总参试植物的 29.73%；处于 II 有 6 个种，占 16.22%，处于 III 有 12 个种，占 32.43%；处于 IV 和 V 各有 5 个种和 3 个种，共占 21.62%，其中珊瑚朴在熏气前后叶片氯元素质量分数变化 6 670.69 mg·kg⁻¹，氯元素质量分数变化百分比达到 1 357.46%。

分析落叶和常绿植物吸收能力，落叶植物中有 77.78% 分布在 III 等吸收能力以上；常绿植物中 I ~ III 的共占 88.46%，处于 IV 和 V 的植物仅占 11.54%；因草本和藤本各只有 1 种，暂不作分析。由表 4 可见，落叶植物的吸收能力较常绿植物强。

2.4 抗性及其吸收能力相关性分析

从表 5 可以看出，本试验各植物对氯气抗性与其吸收能力的相关系数仅 -0.054，P 值为 0.752，线

表3 37种园林绿化植物对氯气的吸收能力等级

Table 3 Classes of absorbeny to gaseous Cl₂ of the 37 landscaping plants

植物名称	氮元素质量分数/(mg·kg ⁻¹)			氯元素质量 分数变化百 分比/%	吸收能力 等级
	熏气前	熏气后	熏气前后变化		
乳源木莲 <i>Manglietia yuyuanensis</i>	1 418.74	1 419.25	0.51	0.04	I
乐东拟单木兰 <i>Parakmeria lotungensis</i>	892.80	895.25	2.45	0.27	I
湿地松 <i>Pinus elliottii</i>	884.59	888.97	4.38	0.49	I
黑壳楠 <i>Lindera megaphylla</i>	471.04	477.23	6.19	1.31	I
株木 <i>Cornus florida</i>	1 083.72	1 093.20	9.48	0.87	I
披针叶茴香 <i>Illicium lanceolatum</i>	788.93	805.86	16.93	2.15	I
华棕 <i>Washingtonia filifera</i>	3 929.55	3 952.37	22.82	0.58	I
美人蕉 <i>Canna generalis</i>	5 997.23	6 028.31	31.08	0.52	I
野含笑 <i>Michelia skinneriana</i>	555.95	657.94	101.99	18.34	I
交让木 <i>Daphniphyllum macropodum</i>	916.50	1 128.80	212.30	23.16	II
侧柏 <i>Platycladus orientalis</i>	1 039.76	1 254.35	214.59	20.64	II
峨眉含笑 <i>Michelia wilsonii</i>	1 824.08	2 145.67	321.59	17.63	II
红花木莲 <i>Manglietia insignis</i>	1 395.73	1 726.36	330.63	23.69	II
云山白兰 <i>Michelia platypetala</i>	551.54	898.70	347.16	62.94	II
大叶榉 <i>Zelkova schneideriana</i>	3 582.60	3 944.08	361.48	10.09	II
乐昌含笑 <i>Michelia chapensis</i>	500.88	981.98	481.10	96.05	II
深山含笑 <i>Michelia maudiae</i>	1 219.73	1 734.55	514.82	42.21	II
台湾相思 <i>Albizia chinensis</i>	6 106.97	6 798.50	691.53	11.32	III
苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i>	809.32	1 524.39	715.07	88.35	III
茶花 <i>Camellia japonica</i>	441.89	1 176.03	734.14	166.14	III
水梔子 <i>Gardenia jasminoides</i> var. <i>radicans</i>	1 472.25	2 277.85	805.60	54.72	III
金叶含笑 <i>Michelia foveolata</i>	862.96	1 754.06	891.10	103.26	III
天竺桂 <i>Cinnamomum japonicum</i> var. <i>chekiangense</i>	384.43	1 290.92	906.49	235.80	III
瓜子黄杨 <i>Buxus sinica</i>	5 163.23	6 096.13	932.90	18.07	III
木荷 <i>Schima superba</i>	3 464.46	4 399.37	934.91	26.99	III
天师栗 <i>Aesculus wilsonii</i>	845.53	1 867.29	1 021.76	120.84	III
狭叶四照花 <i>Dendrobenthamia angustata</i>	1 503.90	2 727.85	1 223.95	81.38	III
无患子 <i>Sapindus mukorossi</i>	3 166.75	4 596.19	1 429.44	45.14	III
红翅槭 <i>Acer fabrie</i>	973.62	2 528.69	1 555.07	159.72	III
常春藤 <i>Hedera nepalensis</i> var. <i>sinensis</i>	3 033.07	5 095.75	2 062.68	68.01	IV
樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>	2 139.62	4 247.01	2 107.39	98.49	IV
米老排 <i>Mytilaria laosensis</i>	1 104.92	3 328.31	2 223.39	201.23	IV
美国枫香 <i>Liquidambar styraciflua</i>	514.66	2 993.47	2 478.81	481.64	IV
红叶小檗 <i>Berberis thunbergii</i>	2 542.94	6 068.48	3 525.54	138.64	IV
槐树 <i>Sophora japonica</i>	1 507.70	7 145.49	5 637.79	373.93	V
珊瑚朴 <i>Celtis julianae</i>	491.41	7 162.10	6 670.69	1 357.46	V
火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i>	2 004.37	10 112.05	8 107.68	404.50	V

性相关不显著。

3 讨论

将参试植物中 4 个主要科植物对氯气抗性进行对比分析: 山茶科的抗性最强, 木兰科和樟科次之, 金缕梅科抗性最差。灌木物种表现出比乔木较强的抗性。落叶物种对氯气的抗性弱于常绿物种。分析以上 4 个科植物对氯气的净化能力, 樟科和金缕梅科都较强, 山茶科次之, 木兰科最弱。灌木吸收能力相对乔木较强, 草本和藤本吸收能力较弱。落叶植物对氯气的吸收能力较常绿植物强。

3.1 氯气胁迫下各植物抗性能力

植物受氯气伤害后, 海绵组织和栅栏组织失水收缩, 变薄, 导致叶片总厚度减小。叶片横切面从外向内为表皮细胞、栅栏组织、海绵组织、储水组织和下表皮细胞等。

这些结构受伤害后, 收缩, 膨胀各异, 表现出不同的抗性^[7]。从实验结果来看, 参试的 37 个植物对氯气的抗性差异较大, 抗性最弱的熏气时间只持续了 1.5 h, 而抗性最强的持续 86.0 h。氯气进入叶肉细胞后很快破坏叶绿素, 产生点状和块状褪色伤斑, 叶片严重失绿, 部分叶片失绿严重最后褪为白色并脱落, 其伤斑部位大多在脉间, 伤斑与健康组织之间没有明显界限。本实验中, 山茶科、樟科、木兰科和金缕梅科植物中, 总体表现抗性相对较强的是山茶科, 较弱的是金缕梅科。导致抗性不同的原因是多方面的, 首先与植物体表特性有关, 尤其与叶片结构, 叶片有蜡质、革质或叶面密生绒毛的植物往往抗性比较强^[8-9], 比如部分樟科植物叶片薄革质, 木兰科植物叶片多为革质, 而金缕梅科植物叶片纸质。植物的抗性与其生理机制有关。有的植物可以通过其生理过程将污染物转化为其他形态以降低对自身的毒害, 而不同植物在这些方面的生理机制是有差别的^[10], 植物体内的抗氧化体系(如 SOD, POD 等)的差别使不同植物体对有害气体的抗性呈现差异。

3.2 氯气胁迫下各植物吸收能力

本试验结果与鲁敏等^[11]的研究结论相似。参试植物对氯气的吸收能力差异显著, 其中相对吸收能力最强植物为火棘, 其熏气前后的叶片氯元素含量相差近 400 倍。吸收能力最弱的植物为乳源木莲, 几乎不吸收。有关研究发现, 植物的吸收能力与其抗性一样是由植物本身的生理特性及环境因素等决定的。而进入植物体的有害气体对植物膜系统以及抗氧化体系的伤害会进一步加深, 或许能解释部分抗性较弱的植物吸收能力却较强。本试验中, 植物对氯气抗性与吸收能力线性相关不显著。对氯气在植物体内的转化机制有待深入的研究。植物对氯气的吸收总量与氯元素的富集能力、叶量呈正相关。本实验中采用的植物为 2 年生容器苗, 对植物吸收氯能力的总体评价, 还需调查成年植株的叶量, 不同污染物浓度条件下植物的吸收能力, 植物体内部生理机制如抗氧化酶体系、膜系统等做进一步研究。

参考文献:

[1] 王蕾, 王志. 城市园林植物生态功能及其评价与优化研究进展[J]. 环境污染与防治, 2006, 28(1): 51-54.

表 4 参试植物中落叶与常绿植物吸收能力等级统计

Table 4 Classes of the absorbcency to gaseous Cl₂ of ever-green and defoliate plants

抗性等级	落叶植物		常绿植物	
	物种数量	占比例%	物种数量	占比例%
I	1	11.11	9	34.62
II	1	11.11	5	19.23
III	3	33.33	9	34.62
IV	2	22.22	2	7.69
V	2	22.22	1	3.85
合计	9	100	26	100

说明: 未统计草本植物美人蕉和藤本植物常春藤。

表 5 植物对氯气抗性与吸收能力相关性分析

Table 5 Collective analyze of the resistance and absorbcency to gaseous Cl₂ of plants

	变量	抗性	吸收能力
抗性	皮尔森相关系数	1.000	-0.054
	Sig.(2-tailed)		0.752
吸收能力	皮尔森相关系数	-0.054	1.000
	Sig.(2-tailed)	0.752	

- WANG Lei, WANG Zhi. Research in assessment and optimization for ecological functions of urban garden plants [J]. *Environ Pollut & Control*, 2006, **28** (1): 51 - 54.
- [2] FARMER A M. The effects of dust vegetation-a review [J]. *Environ Pollut*, 1993, **79**: 63 - 75.
- [3] SCHOOR J L, LIGHT L A, MCCUTCHEON S C, *et al.* Phytoremediation of organic and nutrient contaminants [J]. *Environ Sci Technol*, 1995, **29**: 318 - 323.
- [4] 陈卓梅, 杜国坚, 缪宇明. 浙江省 38 种园林绿化植物对氟化氢气体的抗性及其吸收能力[J]. 浙江林学院学报, 2008, **25** (4): 475 - 480.
- CHEN Zhuomei, DU Guojian, MIAO Yuming. Resistance to and absorbency of gaseous HF for 38 young landscaping plants in Zhejiang Province [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2008, **25** (4): 475 - 480.
- [5] 缪宇明, 陈卓梅, 陈亚飞, 等. 浙江省 38 种园林绿化植物苗木对二氧化氮气体的抗性及其吸收能力[J]. 浙江林学院学报, 2008, **25** (6): 765 - 771.
- MIAO Yuming, CHEN Zhuomei, CHEN Yafei, *et al.* Resistance to and absorbency of gaseous NO₂ for 38 young landscaping plants in Zhejiang Province [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2008, **25** (6): 765 - 771.
- [6] 崔杰. 常见的大气污染与一些监测植物[J]. 生物学教学, 2006, **28** (3): 62 - 63.
- CUI Jie. Common air pollutants and their monitoring using plants [J]. *Biol Teach*, 2006, **28** (3): 62 - 63.
- [7] 李凤琴. Cl₂ 对植物叶片结构伤害的解剖学研究[J]. 西北农业学报, 2004, **13** (3): 35 - 39.
- LI Fengqin. Study on the leaf anatomy of the harmed plant by Cl₂[J]. *Acta Agric Boreal-Occident Sin*, 2004, **13** (3): 35 - 39.
- [8] 骆永明, 查宏光. 大气污染的植物修复[J]. 土壤, 2004, **36** (3): 113 - 119.
- LUO Yongming, ZHA Hongguang. Phytoremediation of air pollution [J]. *Soils*, 2004, **36** (3): 113 - 119.
- [9] 中国科学院上海植物生理研究所环境组. 植物对二氧化硫的反应和抗性研究[J]. 植物生理学报, 1978, **4** (1): 27 - 37.
- Shanghai Insitiutes for Biological, Chinese Academy of Sciences. Study on plant responses and rsistance to sulfur dioxide [J]. *Acta Phytophysiol Sin*, 1978, **4** (1): 27 - 37.
- [10] 丁茜, 胡海波. 城市大气污染与植物修复[J]. 南京林业大学学报: 人文社会科学版, 2005, **5** (2): 84 - 88.
- DING Han, HU Haibo. Urban air pollution and phytoremediation [J]. *J Nanjing For Univ Hum Soc Sci Ed*, 2005, **5**(2): 84 - 88.
- [11] 鲁敏, 李英杰, 鲁金鹏. 绿化树种对大气污染物吸收净化能力的研究[J]. 城市环境与城市生态, 2002, **15** (2): 7 - 9.
- LU Min, LI Yingjie, LU Jinpeng. Research on absorption and purgation ability to atmospheric pollutants of greening plants [J]. *Urban Environ & Urban Ecol*, 2002, **15** (2): 7 - 9.