

十二种绿化树木叶片硫、铅、铜含量分析

张 娜¹, 陈 丽 丽², 张 家 洋²

(1. 郑州轻工业学院 计算机与通信工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 新乡学院 生命科学技术学院, 河南 新乡 453003)

摘 要:以悬铃木、国槐、白蜡、广玉兰、女贞、石楠、大叶黄杨、小叶女贞、海桐、雪松、圆柏、龙柏 12 种新乡市道路绿化树木为试材, 对新乡市 12 种道路绿化树木叶片硫、铅和铜的含量进行分析, 研究了绿化树木叶片富集大气污染物的差异性。结果表明: 除广玉兰和女贞叶片硫含量秋季比春季略有减少外, 所有供试绿化树种叶片的硫、铅、铜含量随春、秋季节变化呈递增趋势, 硫、铅和铜的递增范围分别为 18%~216%、4%~385% 和 27%~334%; 与清洁区相比较而言, 污染区域所供试的所有绿化树木叶片污染物硫、铅和铜的含量都较高, 其变化幅度范围分别为 9%~223%、37%~390% 和 85%~374%。根据绿化树木叶片污染物含量的综合分析, 将其分成 3 类, 第 1 类以雪松和广玉兰为代表, 叶片中含污染物硫、铅、铜的量较高; 第 2 类包括白蜡、女贞、悬铃木和大叶黄杨, 叶片中 3 种污染物含量居中; 龙柏、国槐、小叶女贞、圆柏、海桐和石楠叶片硫、铅和铜的含量相对较低, 归为第 3 类。运用隶属函数法对不同类型绿化树种叶片硫、铅、铜含量进行综合分析, 结果表明常绿乔木叶片综合污染物含量最高, 针叶树种次之, 其次是落叶乔木, 常绿灌木最低。

关键词:绿化树木; 硫含量; 铅含量; 铜含量

中图分类号:S 718.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)08-0059-06

城市化进程的不断加快以及社会经济的高速发展, 导致大气中的污染物日益增多, 破坏了自然环境, 扰乱了生态平衡, 对人类社会的可持续发展和城市的环境质量造成严重影响, 引起了人们广泛的关注。由于大量的采矿、冶炼、铸造等工业生产活动以及矿物燃料燃烧、汽车尾气排放, 硫化物、铅化物及铜化物已成为大气环境中的主要污染物^[1-3]。悬浮颗粒物与含硫、铅、铜元素的污染物一起经过呼吸道系统进入人体内, 对人类健康构成不同程度的损害, 另外也会对自然环境中的动物和植物的生理、生态产生深远影响^[4]。具有长期性和非移动性的硫、铅、铜污染物通过各种途径进入城市生态系统, 成为永久性的潜在污染物, 只能在不同价态间转变, 不能被微生物吸收消化降解, 只有通过生物像绿化树木那样利用根、茎、叶等器官将其吸入体内, 进行一系列氧化还原反应, 转化为有机态无毒物质, 从而将其从环境中去除^[5]。在自然条件下, 城市绿化植物既是组成城市生态系统的重要部分, 又可作为改善城市环境的重要载体降低城市环境污染方面, 表现为它们不但可以抵抗一定浓度的大气污染, 同时也具有一定程度的富集

同化能力, 因此绿化植物在降低城市环境污染方面具有重要作用^[6]。绿化树木有庞大的根系系统以及茎叶表面积, 占有空间大, 生长周期长, 生物产量高, 能长期、大面积的作用于环境, 而且大部分园林植物吸收同化的污染物不进入食物链, 是很好的空气污染物过滤器^[7]。绿化树种不同器官如根、茎、叶中硫、铅及铜等污染物的含量高低还可用于指示城市环境的污染程度^[8-9]。

绿化树木通过吸收大气中污染物来净化环境, 具有清洁、生态和廉价等优势, 引起国内外许多专家学者关注, 市场需求前景广阔^[10]。近年来, 国内外大量学者对特定区域内城市绿化植物的大气环境效益进行了评估, 筛选出一些抗污、吸污能力较强的树种^[11-17]。但针对新乡市绿化树木叶片富集硫、铅和铜污染物含量的研究尚鲜见报道。该研究通过选择新乡市 12 种常见的绿化树木并对其叶片中硫、铅、铜的富集量进行测定分析, 筛选抗污、吸污能力较强的城市绿化树木, 以期对未来新乡市城区绿化结构调整和改造提供参考, 同时也为新乡市大气环境污染治理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

根据叶面形态结构特征和树种类型筛选不同绿化树种, 所选树木叶面形态结构特征见表 1。

第一作者简介:张娜(1977-), 女, 河南郑州人, 硕士, 讲师, 研究方向为计算机在环境下应用。E-mail: ydmjh@163.com

基金项目:河南省基础与前沿技术资助项目(142300410100)。

收稿日期:2014-11-10

表 1

所选树木叶面形态结构特征

Table 1

Morphological structure of leaves for tree species

树种 Species	叶面形态结构特征 Morphological structure of leaves	树种类型 Types
悬铃木 <i>Platanus hispanica</i>	具有凹陷的密集网格及波浪状弯曲的深脊	落叶乔木
国槐 <i>Sophora japonica</i>	叶片背面有柔毛,腹面平滑,沟道组织浅	落叶乔木
白蜡 <i>Fraxinus chinensis</i>	叶片表面光滑,无绒毛,网络型沟道组织少	落叶乔木
广玉兰 <i>Magnolia grandiflora</i>	具有数量较多的绒毛,叶片宽大,平展硬挺	常绿乔木
女贞 <i>Ligustrum lucidum</i>	叶面有大量厚的蜡质层覆盖,表面较光滑	常绿乔木
石楠 <i>Photinia serrulata</i>	叶面覆盖着蜡质层,表面较光滑,无毛	常绿乔木
大叶黄杨 <i>Buxus megistophylla</i>	叶面覆盖着蜡质层,表面较光滑,叶面褶皱少、无毛	常绿灌木
小叶女贞 <i>Ligustrum quihoui</i>	无毛或被微柔毛,中脉在上面微凹入,下面略凸起	常绿灌木
海桐 <i>Pittporum tobira</i>	叶面气孔密度相对较高,上表面呈向下弯曲后弧形	常绿灌木
雪松 <i>Cedrus deodara</i>		针叶树种
圆柏 <i>Sabina chinensis</i>		针叶树种
龙柏 <i>Juni perus chinensis</i>		针叶树种

1.2 试验方法

1.2.1 采样时间、地点和树种设计 根据新乡市城区污染状况的调查结果,确定 3 个功能区:污染区(选择北站工业区,是主要的污染源所在地,每年排放大量的硫化物、重金属污染物)、市区(污染区的部分污染物通过大气流动扩散至市区,同时市区繁华地段机动车较多,尾气中含污染物较多)和清洁区(选择新乡学院校园,该区距污染区较远,空气洁净度较高)。于不同功能区绿化树种选择路边的行道树,采集时间为 2013 年 10 月(因为此时叶片成熟度高,其中污染物含量较为稳定);不同季节的选择定为 2013 年 5 月、7 月及 10 月,采样地点设在人民公园的开阔地带;污染物含量的综合分析选择秋季 3 个功能区的平均值。

1.2.2 样品采集与制备 样品采集:2013 年的 5 月、7 月和 10 月,分别于不同功能区内选择生长健康的优良树种采集叶片。采集同一树种叶片时要选择生长状况、树龄、胸径、树高等基本情况保持一致的树种,每个采样点的每种绿化树木需选择 3~4 株采样,选择树冠外围东西南北 4 个方向采样,高度控制在距离地面 2.5 m 左右,尽量选择较老的成熟叶片采集。一般叶面积较大的树种采集 10~12 片,叶面积较小的树种采集 20~25 片。样品制备:首先用自来水冲洗叶片,再于蒸馏水中浸泡 6 h,冲洗掉叶片上的滞尘等物,放烘箱中 105℃ 杀青 0.5 h,72℃ 烘干至恒重,粉碎烘干的叶片,过 60 目筛,即为分析样品,置于干燥器中保存备用。

1.3 项目测定

1.3.1 标准曲线的制作 首先取 7 个 25 mL 的容量瓶并编号,向每个容量瓶加 3.5% 的甘油 4 mL,10% 的盐酸 1 mL,再依次分别加入硫的标准工作液 0.0、0.5、1.0、2.0、3.0、4.0、5.0 mL,分别相当于 0.00、0.05、0.10、0.20、0.30、0.40、0.50 mg 的硫;然后加入 0.5 mol/L BaCl₂-3% 吐温-80 溶液 10 mL,蒸馏水补足至 25 mL,充分摇匀

后静置 70 min,在 T6 新世纪紫外可见分光光度计上,调整波长为 500 nm,以空白液调零,进行比色,得出标准曲线方程,即 $y=0.1131x+0.0005$ 。式中, y 为光密度值, x 为硫的质量(mg), $R^2=0.9993$ 。

1.3.2 样品测定 准确称取 0.5 g 均匀分析样品干样于 200 mL 烧杯中,加入混合消化剂(HNO₃:HClO₄=4:1)10 mL 封口浸泡过夜后,放在电炉上低温加热至发泡结束,将温度调大($\leq 150^\circ\text{C}$),产生的棕色烟会转为白色烟,待瓶口白烟消失后,瓶内液体再产生白烟且样品消化至清亮透明或微带黄色时即可视为消化结束,期间若反应过于剧烈要立刻移开烧杯,冷却,尽量不要使消化样品碳化,以免影响测定结果的准确性(如未消化好,再补加几毫升硝酸高氯酸混合消化剂,继续加热,一直到消化液清亮透明才可结束);消化结束后加入 20 mL 蒸馏水,继续加热以除去剩余的酸,直至溶液接近 2~3 mL 时,移下烧杯并冷却;最后用 2% 稀硝酸冲洗烧杯并转移于 25 mL 容量瓶中(用蒸馏水少量多次洗涤烧杯),加蒸馏水定容,混匀,作为供试品溶液;用相同的方法制备空白溶液用于比色测量。准确移取 5 mL 供试品溶液至 25 mL 容量瓶中,依次加入 3.5% 甘油 4 mL,10% 盐酸 1 mL,0.5 mol/L BaCl₂-3% 吐温-80 溶液 10 mL,补足蒸馏水至 25 mL,充分摇匀,静置 70 min,以与制作标准曲线相同的条件测定光密度值,利用标准曲线得出样品中的硫含量。铅、铜含量的测定采用 Optima2100DV 电感耦合等离子发射光谱仪。

1.4 数据分析

试验数据采用软件 Excel 和 SPSS 17.0 进行统计、分析处理,表中各数据均为平均值。

作为模糊数学的一种常见的数学评定方法,隶属函数法应用非常广泛。该研究采用了 Fuzzy 数学中隶属函数的方法对 12 种绿化树种叶片硫、铅和铜等各项污染物含量的隶属函数值进行累加,通过求取平均数来评定

绿化树种叶片富含污染物量的大小。叶片硫、铅和铜含量等指标的隶属函数值 $= (T - T_{\min}) / (T_{\max} - T_{\min})$ 。式中: T 为某项指标测定值; T_{\min} 为某项指标测定值中的最小值; T_{\max} 为某项指标测定值中的最大值; 将各项指标的隶属函数值累加起来, 其累加值的大小反映叶片富含污染物量多少。

2 结果与分析

2.1 12 种绿化树木叶片中硫、铅、铜含量的季节变化

随季节更替, 绿化树木的生理活动也会发生相应的改变, 其对污染物的吸收富集转化能力也产生变化, 因

此, 植物叶片中硫、铅、铜的含量也发生了一定的变化。从表 2 可以看出, 除广玉兰和女贞叶片硫含量秋季比春季略有减少外, 所有 12 种绿化树木叶片硫、铅、铜的含量均随春季到秋季的变化呈递增趋势; 部分树种叶片污染物含量的季节变化非常明显, 如秋季悬铃木、大叶黄杨和小叶女贞叶片中硫含量是春季的 3.2、3.2、3.0 倍, 白蜡、小叶女贞和大叶黄杨叶片铅含量秋季分别是春季的 4.8、3.9、3.7 倍, 国槐、白蜡和大叶黄杨叶片铜含量秋季分别是春季的 4.3、4.1、3.4 倍, 而女贞、石楠、雪松和龙柏叶片污染物含量的季节变化幅度较小。

表 2 不同季节绿化树种叶片硫、铅及铜含量比较

Table 2 The season variation of pollution elements content for different tree species

树种 Species	硫含量 Sulfur content/(mg · g ⁻¹)			铅含量 Lead content/(mg · kg ⁻¹)			铜含量 Copper content/(mg · kg ⁻¹)		
	5 月 May	7 月 July	10 月 October	5 月 May	7 月 July	10 月 October	5 月 May	7 月 July	10 月 October
悬铃木	0.432	0.885	1.366	0.511	0.965	1.825	1.432	2.576	3.187
国槐	0.910	1.550	1.602	0.568	1.043	1.680	0.696	1.988	3.020
白蜡	1.240	2.610	3.527	0.425	1.512	2.060	0.965	2.340	3.960
广玉兰	3.789	3.560	3.588	3.090	3.180	4.620	2.990	3.410	4.120
女贞	2.840	2.412	2.511	3.980	2.517	4.580	5.070	4.133	5.843
石楠	1.265	1.021	1.343	1.050	1.122	1.212	1.090	1.211	1.432
大叶黄杨	0.911	1.567	2.877	0.416	0.934	1.530	1.020	1.467	3.450
小叶女贞	0.611	1.444	1.859	0.508	1.545	1.974	0.911	1.255	2.940
海桐	0.487	1.245	1.308	0.469	1.201	1.118	0.842	1.566	2.470
雪松	2.540	2.060	3.172	4.051	3.966	4.230	3.687	3.525	4.686
圆柏	1.320	1.965	2.432	0.673	0.812	0.790	1.522	1.821	2.225
龙柏	1.967	2.410	2.335	1.552	1.843	1.822	1.430	1.512	1.963

分析认为绿化树种的生理活动可能是影响其不同生长阶段叶片污染物含量的重要因素。春季由于树木萌芽和展叶, 叶片面积迅速增大, 硫、铅、铜等污染物通过植物旺盛的代谢活动在叶内扩散迅速, 所以春天污染物的浓度相对降低; 秋季树木叶片基本长成, 新陈代谢逐渐减弱, 表面积增长缓慢, 污染物在叶片中慢慢积累, 所以污染物含量大大增加。另外, 春季温度变化较大, 冷暖气流交替频繁, 这些都有利于污染物在空气中的扩散, 而秋季大气团较温暖, 对流不活跃, 降水少, 气候干燥, 这些因素不利于污染物在空气中扩散, 所以秋季大气污染物浓度较春季高, 从而导致绿化树种吸收富集硫、铅、铜等污染物的量存在着季节性差异。女贞的叶片硫、铅和铜的含量均呈现出随春、夏季节的变化减少, 随夏、秋季节的变化增加的趋势, 在夏季含量最低。与其它树种季节性变化结果不一致的原因可能是女贞为常绿树种, 春季采集的叶片是上一年遗留的老叶。王月菡^[18]研究表明, 女贞叶片在冬季硫含量最高, 而夏季是老叶凋落伴随着新叶萌发的季节, 含硫量下降。

2.2 12 种绿化树木叶片硫、铅和铜含量的功能区变化

从表 3 的 12 种城市绿化树木叶片硫、铅和铜含量的功能区变化可以看出, 所有绿化树木叶片污染物含量

的变化规律相似, 即污染区(北站工业区) > 清洁区(新乡学院校园)。大部分植物叶片污染物含量变化幅度较大, 如污染区小叶女贞叶片的铅含量是清洁区的 4.9 倍, 圆柏叶片铜含量污染区是清洁区的 4.7 倍, 海桐叶片硫含量污染区是清洁区的 3.2 倍; 而部分植物叶片污染物含量变化幅度相对较小, 如污染区圆柏叶片硫含量是清洁区的 1.1 倍, 雪松和龙柏叶片铅含量污染区均为清洁区的 1.4 倍。

城市绿化树种叶片污染物含量的高低可能与树木所在的功能区污染程度有关, 北站工业区污染物排放量较大的企业如电、水泥、陶瓷企业等较多, 这些企业生产时排放到大气中的大量硫、铅、铜污染物被城市绿化树种吸收, 最终它们在树木叶片吸收、迅速扩散后富集起来。而大学校园作为环境相对较清洁的场所, 硫、铅、铜等污染物在大气中含量较低, 因此, 绿化树种叶片中污染物的含量也相对较低。由表 3 可知, 12 种绿化树木叶片铜的含量具相似的变化规律, 即污染区(北站工业区) > 市区 > 清洁区(新乡学院校园); 而市区的广玉兰、雪松与圆柏的叶片硫和铅含量大于污染区, 原因可能是市区车流量大, 机动车较多, 排放的尾气中含有相当数量的二氧化硫和含铅化合物。

表 3 不同功能区绿化树种叶片硫、铅及铜含量比较

Table 3 The function area variation of pollution elements for different tree species

树种 Species	硫含量 Sulfur content/(mg · g ⁻¹)			铅含量 Lead content/(mg · kg ⁻¹)			铜含量 Copper content/(mg · kg ⁻¹)		
	清洁区 Cleaning area	市区 Street	污染区 Pollution area	清洁区 Cleaning area	市区 Street	污染区 Pollution area	清洁区 Cleaning area	市区 Street	污染区 Pollution area
悬铃木	1.081	1.478	2.502	0.769	1.873	2.451	2.640	3.055	4.890
国槐	1.650	1.982	2.533	0.865	1.543	1.766	1.481	3.484	4.196
白蜡	2.051	3.436	3.987	0.714	2.342	1.915	2.106	4.535	5.761
广玉兰	2.046	4.358	4.163	1.577	4.825	3.965	3.462	4.658	8.940
女贞	1.532	2.471	2.956	2.163	3.465	4.761	2.136	2.567	6.587
石楠	1.005	1.072	1.482	0.491	0.945	1.417	0.765	1.234	2.780
大叶黄杨	1.472	3.561	3.984	0.355	0.816	1.056	1.522	2.543	5.490
小叶女贞	0.743	1.258	2.153	0.487	2.154	2.388	1.221	1.356	3.545
海桐	0.345	0.596	1.113	0.583	1.172	1.436	1.063	2.160	3.950
雪松	2.166	4.785	4.532	3.678	5.433	5.021	3.625	4.127	7.688
圆柏	1.862	3.154	2.021	0.454	0.853	0.746	0.530	1.847	2.510
龙柏	2.051	2.234	4.629	1.106	2.076	1.516	1.354	1.423	2.645

2.3 12 种绿化树木叶片硫、铅和铜含量变化的综合分析 铅和铜等污染物的含量,并根据隶属函数法的累加值(X)大小划分为 3 个范围(表 4),即: $X > 2, 1 < X < 2, X < 1$ 。

表 4 绿化树种叶片硫、铅和铜含量综合分析

Table 4 The comprehensive analysis of pollution elements for different tree species

树种 Species	硫含量 Sulfur content		铅含量 Lead content		铜含量 Copper content		隶属函数求和 Accumulation	排序 Sorting
	平均值 Mean/(mg · g ⁻¹)	隶属函数 Membership funtion	平均值 Mean/(mg · kg ⁻¹)	隶属函数 Membership funtion	平均值 Mean/(mg · kg ⁻¹)	隶属函数 Membership funtion		
悬铃木	1.687	0.319	1.698	0.245	3.528	0.473	1.037	6
国槐	2.055	0.436	1.391	0.169	3.054	0.357	0.961	8
白蜡	3.158	0.787	1.657	0.235	4.134	0.621	1.643	4
广玉兰	3.522	0.903	3.456	0.686	5.687	1.000	2.588	2
女贞	2.320	0.520	3.463	0.687	3.763	0.530	1.738	3
石楠	1.186	0.160	0.951	0.058	1.593	0.000	0.218	12
大叶黄杨	3.006	0.738	0.742	0.006	3.185	0.389	1.133	5
小叶女贞	1.385	0.223	1.676	0.240	2.041	0.109	0.572	9
海桐	0.685	0.000	1.064	0.087	2.391	0.195	0.281	11
雪松	3.828	1.000	4.711	1.000	5.147	0.868	2.868	1
圆柏	2.346	0.528	0.718	0.000	1.629	0.009	0.537	10
龙柏	2.971	0.727	1.566	0.212	1.807	0.052	0.992	7

据此,可将 12 种绿化树种分为 3 类,第 1 类以雪松和广玉兰为代表,叶片中硫、铅和铜污染物的含量较高;第 2 类包括女贞、白蜡、大叶黄杨和悬铃木,其叶片污染物含量居中;龙柏、国槐、小叶女贞、圆柏、海桐和石楠叶片污染物的含量相对较低,可归为第 3 类。

不同类型绿化树种富集污染物的能力因污染物类型而异,不同类型绿化树种叶片硫含量表现为:针叶树种(2.26) > 常绿乔木(1.58) > 落叶乔木(1.54) > 常绿灌木(0.96);铅含量表现为:常绿乔木(1.43) > 针叶树种(1.21) > 落叶乔木(0.65) > 常绿灌木(0.33);铜含量表现为:常绿乔木(1.53) > 落叶乔木(1.45) > 针叶树种(0.93) > 常绿灌木(0.69)。利用隶属函数法对不同类型绿化树种叶片硫铅铜含量进行比较,结果表明,常绿乔木叶片综合污染物含量最高,针叶树种次之,其次是落叶乔木,最后是常绿灌木。

3 结论与讨论

该试验结果表明,12 种绿化树木中除广玉兰和女贞外所有树种叶片污染物含量随春、秋季节的变化呈现递增趋势,悬铃木、白蜡、国槐、石楠、大叶黄杨、小叶女贞、海桐、雪松、圆柏和龙柏叶片硫含量的递增幅度分别为 216%、184%、76%、6%、215%、204%、168%、24%、84%和 18%;铅含量的增量分别为 257%、385%、196%、15%、268%、289%、138%、4%、17%和 17%;铜含量的增量分别为 123%、310%、334%、31%、238%、223%、193%、27%、46%和 37%;部分绿化树种叶片污染物含量季节变化很明显,如悬铃木和大叶黄杨叶片的硫含量,白蜡、小叶女贞和大叶黄杨叶片的铅含量,国槐、白蜡和大叶黄杨叶片的铜含量。所有的绿化树种叶片污染物含量均表现为污染区(北站工业区) > 清洁区(新乡学院校园),悬铃木、国槐、白蜡、广玉兰、女贞、石楠、大叶

黄杨、小叶女贞、海桐、雪松、圆柏和龙柏叶片硫的递增幅度分别为 131%、54%、94%、103%、93%、47%、170%、190%、223%、109%、9%和 126%；铅的递增幅度分别为 219%、104%、168%、151%、120%、189%、197%、390%、146%、37%、64%和 37%；铜的递增幅度分别为 85%、183%、174%、158%、208%、263%、261%、190%、272%、112%、374%和 95%；少数绿化树种叶片污染物含量在不同功能区之间变化幅度很大，如海桐叶片的硫含量，悬铃木和小叶女贞叶片的铅含量以及海桐、圆柏与小叶女贞叶片的铜含量在污染区和清洁区之间存在明显差异。根据绿化树种叶片污染物含量的大小，运用隶属函数法评定 12 种绿化树木叶片硫、铅和铜含量的综合排序为：雪松>广玉兰>女贞>白蜡>大叶黄杨>悬铃木>龙柏>国槐>小叶女贞>圆柏>海桐>石楠。对不同类型绿化树种叶片硫铅铜含量进行综合分析比较，其综合污染物含量排序为常绿乔木>针叶树种>落叶乔木>常绿灌木。

一些学者认为叶片表面结构与植物叶片重金属富集能力有关，叶表面粗糙、褶皱、具有深沟组织并覆盖有大量绒毛的植物吸收积累污染物的能力相对较强，然而该研究中的绿化树种如雪松、女贞和白蜡叶片表面光滑，无绒毛，其污染物含量却相对较高。植物叶片对大气污染物的富集是一个较复杂的问题，受多方面因素的影响，全面开展此项研究工作有一定难度。植物叶片吸收富集与同化污染物的能力在一定时期和一定范围内是有波动的，定期的测定植物叶片污染物的含量，只能从总体趋势上说明一些问题。另外，绿化植物叶片中富集的污染物不仅来自大气中，也有可能来源于土壤，通过植物的根系吸收运输至叶片，但在一定时间且同一个较小的采样区域内，二者之间存在一个相对稳定的比例关系，各种植物由于其本身遗传学特性的不同，导致其叶片对大气污染物的吸收富集能力存在差异，因此，可以通过测定植物叶片总污染物的含量来分析不同树种对大气污染物吸收积累的相对能力，从而筛选净化污染物较优良的树木。该研究结合新乡市常见城市绿化树种的实际情况，考察了其叶片中硫、铅和铜等大气污

染物含量变化与城市功能区变化、季节变化之间的关系，以期在这方面做一些基础性、探索性的工作，为城市绿化树种配置提供参考。

参考文献

- [1] Anand M, Ma K, Okonski A, et al. Characterising biocomplexity and soil micro-bial dynamics along a smelter damaged landscape gradient[J]. The Science of the Total Environment, 2003, 311: 247-259.
- [2] 鲁敏, 王仁卿, 齐鑫山. 绿化树种对大气铅污染的反应[J]. 山东大学学报, 2004, 39(2): 98-101.
- [3] 缪良, 王雁, 彭镇华. 植物对铜化物的吸收积累及抗性作用[J]. 东北林业大学学报, 2002, 30(3): 100-106.
- [4] 马树华, 王庆成, 李亚藏. 汽车尾气污染对四种北方阔叶树苗膜脂过氧化和保护酶活性的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(12): 2330-2336.
- [5] 胡星明, 王丽平, 毕建洪, 等. 城市大气重金属污染分析[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(1): 302-303.
- [6] 骆永明, 查宏光, 宋静. 大气污染的植物修复[J]. 土壤, 2002, 34(3): 113-119.
- [7] 鲁敏, 李英杰. 绿化树种对大气金属污染物吸滞能力[J]. 城市环境与城市生态, 2003, 16(1): 51-52.
- [8] 林志红, 卢云鹤, 陈军, 等. 深圳南山区大气二氧化硫和铜化物污染的植物学评价[J]. 南昌大学学报(理科版), 2002, 26(2): 147-150.
- [9] 彭长连, 温达志, 孙梓健, 等. 城市绿化植物对大气污染的响应[J]. 热带亚热带植物学报, 2002, 10(4): 321-327.
- [10] 谢维, 曹同, 韩桂春, 等. 苔藓植物对抚顺地区大气污染的指示作用研究[J]. 生态学杂志, 1999, 18(3): 1-5.
- [11] Lau O W, Luk S F. Leaves of *Bauhinia blakeana* as indicators of atmospheric pollution in Hong Kong[J]. Atmospheric Environment, 2001, 35: 3113-3120.
- [12] 鲁敏, 程正渭, 李英杰, 等. 绿化树种对大气铅、铜污染物的吸滞能力[J]. 山东工程学院学报, 2005, 20(3): 39-41.
- [13] 刘晓宁, 王飞. 宝鸡市园林树木抗污染能力研究[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(3): 78-83.
- [14] 韩阳, 李珍珍, 刘荣坤. 沈阳地区主要树木净化 SO₂ 潜力及植树定额的估算[J]. 应用生态学报, 2002, 15(5): 601-604.
- [15] 李寒娥, 王志云, 胡美聪, 等. 佛山市几种绿地植物铜化物时空累积特征[J]. 生态学杂志, 2007, 26(10): 1600-1605.
- [16] 罗红艳, 李吉跃, 刘增. 绿化树种对大气 SO₂ 的净化作用[J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(1): 45-50.
- [17] 毕波, 刘云彩, 陈强, 等. 10 个常绿树种叶片中铁锌铜锰的含量特征[J]. 西北林学院学报, 2012, 27(4): 88-92.
- [18] 王月茜. 基于生态功能的城市森林绿地规划控制性指标研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2004: 6.

Comparison of Sulfur, Lead and Copper Content in 12 Afforest Trees

ZHANG Na¹, CHEN Li-li² ZHANG Jia-yang²

(1. College of Computer and Communication Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou, Henan 450002; 2. School of Life Science and Technology, Xinxiang University, Xinxiang, Henan 453003)

Abstract: Taking *Platanus hispanica*, *Sophora japonica*, *Fraxinus chinensis*, *Magnolia grandiflora*, *Ligustrum lucidum*, *Photinia serrulata*, *Buxus megistophylla*, *Ligustrum quihoui*, *Pittporum tobira*, *Cedrus deodara*, *Sabina chinensis*, *Juniperus chinensis* 12 road green trees as materials, to explore the differences of air pollutant amount accumulated by

DOI:10.11937/bfyy.201508019

城市污染对园林景观植物的影响及其对环境的检测

刘佳学¹, 周祥¹, 胡世方²

(1. 海南大学 环境与植物保护学院, 海南 海口 5702282; 2. 重庆市荣昌县农业委员会, 重庆 402406)

摘要:以芒果(*Mangifera indica* L.)、红花羊蹄甲(*Bauhinia blakeana*)、茶花(*Camellia japonica*)、马樱丹(*Lantana camara*)、蟛蜞菊(*Wedelia chinensis*)、美人蕉(*Canna indica*) 6 种常见的园林观赏植物为研究对象,通过检测不同生境中(道路绿化带、公园和山区森林公园)6 种园林植物叶片面积、叶片气孔密度、叶片叶绿素含量以及叶绿素荧光特性等生理生化指标,揭示不同程度污染环境对园林观赏植物的影响。结果表明:长期生长在道路周边的园林植物叶面积、叶绿素含量与公园、森林等地比较差异显著($P < 0.05$),而山区森林较公园大;叶片的气孔密度大体呈现递减的趋势(道路绿化带>公园>山区森林公园);光合效率也呈现递减趋势,森林植物最大,其次是公园和道路绿化带,植物生理指标比较分析表明,区域污染程度(大气和粉尘)从大到小依次为道路绿化带>公园>山区森林公园,污染程度越大对植物损害越大,另一方面说明园林植物耐受大气和粉尘等污染能力较强。

关键词:园林观赏植物;叶面积;气孔密度;叶绿素含量;光合效率;污染

中图分类号:TU 986 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)08-0064-06

园林景观是人化的自然,它既是一门科学,也是一门艺术,在城市绿地景观营构中,景观植物是不可或缺的一部分,既要考虑它们的观赏性,也要了解园林植物的生态习性。园林植物种类繁多,主要由木本植物和草

本植物构成,具有遮阳挡雨、减弱噪音吸尘、改善空气绿化环境等效果,现代园林景观也兼具生态、文化艺术和使用等功能^[1-3]。在华南地区极具特色的园林植物被广泛种植。其中该研究中的芒果(*Mangifera indica* L.)、红花羊蹄甲(*Bauhinia blakeana*) 2 种乔木、茶花(*Camellia japonica*)、马樱丹(*Lantana camara*) 2 种灌木、蟛蜞菊(*Wedelia chinensis*)、美人蕉(*Canna indica*) 2 种草本已成为华南地区广为栽培的庭园和行道树种植物,分布于城市道路绿化带、人行道、公园和自然保护区等地域。公路绿化带园林植物在为人们带来益处的同时,还受到来

第一作者简介:刘佳学(1992-),男,重庆荣昌人,本科,研究方向为植物保护和环境保护。E-mail: xuejiali1992@163.com.

责任作者:周祥(1968-),男,海南人,硕士,副教授,研究方向为热带经济作物和树木的害虫及防治。E-mail: zhouxiang1968@163.com.

收稿日期:2014-11-10

afforestation trees in Xinxiang, the foliage content of sulfur, lead and copper were analyzed. The results showed that the sulfur, lead and copper contents of tree leaves increased according to seasonal variation of spring and autumn, except for *Ligustrum lucidum* and *Magnolia grandiflora*. And the increment range of sulfur, lead and copper respectively was 18%—216%, 4%—385% and 27%—334%. In comparison with cleaning area, the sulfur, lead and copper contents of all afforestation trees were relative higher than polluted area, and its increment range respectively was 9%—223%, 37%—390% and 85%—374%. The green tree species were classified on the basis of the comprehensive analysis of leaves contaminant levels. *Cedrus deodara* and *Magnolia grandiflora* was classified to the first category and its leave contaminant level was relative higher. The second category included *Ligustrum lucidum*, *Fraxinus chinensis*, *Buxus megistophylla* and *Platanus hispanica*. Their leaves contaminant contents were at medium levels. The third category included *Juni perus chinensis*, *Sophora japonica* Linn, *Ligustrum quihoui*, *Sabinachinensis*, *Pittporum tobira* and *Photinia serrulata*. Their leaves contaminant contents were at relative lower levels. Comparing comprehensively with the foliage sulfur, lead and copper contents of different type of afforest trees by membership function, it find that evergreen trees were the highest, followed by coniferous species, followed by deciduous trees, evergreen shrubs were the lowest.

Keywords: afforestation trees; sulfur content; lead content; copper content