

南宁市典型园林植物滞尘效应及生理特性研究

高传友

(广西职业技术学院, 南宁 530226)

摘 要:以南宁市典型园林植物(樟树、桂花、冬青、杜鹃)为试材,连续 3 a 研究和比较了南宁市典型园林植物滞尘效应及生理特性,并探讨了典型园林植物滞尘量及滞尘能力大小。结果表明:南宁市不同典型植物滞尘效应存在显著差异($p<0.05$),滞尘效应大小依次表现为樟树>冬青>桂花>杜鹃;季节变化对植物的滞尘效应影响显著,春、冬两季滞尘量较大,而夏、秋两季滞尘量较小,相同季节基本表现为樟树>冬青>桂花>杜鹃;南宁市典型园林植物降尘粒径主要分布在 2.5~100 μm ,叶面降尘中颗粒物粒径集中分布在 100 μm 以下(占 99% 以上);比叶重(x)与叶片滞尘能力(y)之间的幂函数关系最佳($p<0.001$),即比叶重较大的植物滞尘能力则较大;南宁市典型园林植物叶片保护酶(SOD, POD, CAT)和非保护酶(PAL, PPO)活性均表现为樟树>冬青>桂花>杜鹃,与植物滞尘能力变化趋势相一致,叶绿素 a、叶绿素 b、可溶性蛋白和可溶性糖呈现出一致的变化规律,均表现为樟树>冬青>桂花>杜鹃;相关性分析表明南宁市典型园林植物滞尘量与叶片酶活性基本呈显著或极显著正相关。

关键词:南宁市;典型园林植物;滞尘效应;生理特性

中图分类号:X173

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)01-0187-06

Research on Dust Retention Capacities and Physiological Properties of Different Typical Green Plants in Nanning City

GAO Chuanyou

(Guangxi Vocational and Technical College, Nanning 530226, China)

Abstract: Taking four typical green plants which were *Cinnamomum camphora* (L.) presl, *Osmanthus fragrans* (Thunb.) Lour., *Ilex chinensis* Sims and *Rhododendron simsii* Planch. as experimental samples through three years, we investigated and compared the dust retention capacities and physiological properties of these typical green plants in Nanning City. The results showed that the dust retention capacities of different typical plants in Nanning existed a significant difference ($p<0.05$), which showed the sequence: *Cinnamomum camphora* (L.) presl>*Ilex chinensis* Sims>*Osmanthus fragrans* (Thunb.) Lour.>*Rhododendron simsii* Planch. Seasonal variation significantly influenced the dust-retention capacity, it was bigger in spring and winter, while it was smaller in summer and autumn, which showed the order: *Cinnamomum camphora* (L.) presl>*Ilex chinensis* Sims>*Osmanthus fragrans* (Thunb.) Lour.>*Rhododendron simsii* (Planch.) in the same season. The dust particle sizes of different typical plants in Nanning mainly ranged from 2.5 μm to 100 μm , of which less than 100 μm accounted for more than 99%. The power function relationship between specific leaf weight (x) and dust detentions (y) was the significant ($p<0.001$), it could be seen that the larger specific leaf weight was, the larger dust detention was. The protective enzyme (SOD, POD, CAT), the non-protective enzyme (PAL, PPO) activity, chlorophyll a, chlorophyll b, soluble protein and soluble sugar of different typical plants in Nanning showed the sequence: *Cinnamomum camphora* (L.) presl>*Ilex chinensis* Sims>*Osmanthus fragrans* (Thunb.) Lour.>*Rhododendron simsii* (Planch.). Correlation analysis showed that the dust retention capacities of different typical plants were significantly or extremely significantly positively related to the leaf enzymatic activities.

Keywords: Nanning City; typical green plants; dust retention capacity; physiological property

环境污染关系到人类长期的生存和发展,受到了当今世界各国的普遍关注和重视^[1-3]。随着城市化和工业化的迅速发展,大气中的粉尘污染带来了新的生存危机^[1,3]。我国大量城市大气粉尘超标现象严重,对人类的健康造成了严重影响,同时也对植被造成了不可估量的损伤^[4-5]。南宁市作为我国的大型城市,近年来经济迅猛发展,随着机动车辆的快速增长,大气污染已经成为城市污染的主要问题,可吸入颗粒物中细颗粒的含量不断增加,城市空气混浊,雾日增加,严重威胁着城市居民的身体健康和城市生态环境^[6-7]。

园林植物是城市、自然和景观复合生态系统中具有重要自净功能的组成部分,对大气中的粉尘、颗粒物有过滤、阻挡和吸附的作用,可以有效降低大气 TSP(悬浮颗粒物),从而在改善生态环境、减少阳光辐射、增大空气湿度、净化空气、调节气候等方面起着“除污吐新”的作用^[8-10]。园林植物因其自身生物学特性的差异,滞尘能力也有较大差异,因此,选择适合城市发展的滞尘能力强的园林植物,是城市绿地建设的基础和城市环境质量的重要保障^[8-9,11]。为建立良好生态循环的城市生态系统,迫切需要对城市园林植物与环境相互作用的关系,尤其是对园林植物的滞尘效应及叶片生理特性进行深入、系统的研究。鉴于此,笔者以南宁市城区主要园林植物(草本、灌木、乔木)为研究对象,连续 3 a 对城市道路中 4 种典型园林植物(樟树 *Cinnamomum camphora* L. presl、桂花 *Osmanthus fragrans* Thunb. Lour.、冬青 *Ilex chinensis* Sims 和 杜鹃 *Rhododendron simsii* Planch.)滞尘量差异及生理特性等进行研究,为典型园林植物在园林生态景观功能性植物的配置方面提供科学依据,为选择适合南宁市环境的园林植物及城市绿地规划提供理论依据。

表 1 不同典型园林植物生长状况

园林植物	科属	高度/cm	冠幅/cm	胸径/cm	龄林/a
樟树	樟科	352±53	189±61	25.4±4.0	14
桂花	木犀科	268±42	156±28	2.7±0.6	12
冬青	冬青科	153±24	128±19	5.3±1.2	15
杜鹃	杜鹃科	69±13	52±14	1.2±0.5	9

1.2.1 叶片滞尘量测定 植物叶片滞尘量的分析目前尚无统一的标准方法,本试验叶片滞尘量采用“干洗法”称量,将成熟叶片封存于装有蒸馏水的锥形瓶中,浸洗下叶片上的附着物,浸泡过程中注意要不断的搅拌,以保证尘粒充分融入水中,浸泡 2 h 毛刷冲洗,再次保证尘粒完全融入水中。用镊子将叶片小心夹出,滤纸将浸洗液过滤,60℃下烘干 12 h 后称重,2 次称重之差(W),即采集样品上所附着的降尘颗粒物的重量,夹出的叶片晾干后,叶面积测定仪测叶面积(A),即可

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区属湿润的亚热带季风气候,阳光充足,雨量充沛,霜少无雪,春秋两季气候温和,夏季炎热多雨,夏长冬短,多年平均日照时数为 1 827 h,年平均气温 21.6℃,极端最高温度 40.4℃,极端最低温度-2.4℃,1 月份最冷,平均 12.8℃,7 月、8 月份最热,平均 28.2℃,近 50 年平均降水量 1304 mm 左右,多集中在夏季(6—8 月),占全年降水量的 52.3%,土壤类型较多,分布有棕壤土、红黏土、褐土、潮褐土、潮土等,全年无霜期高达 345~360 d。人均公共绿地面积 9.5 m²,绿地覆盖率近 40%,享有“中国绿城”的美称。

本研究的试验地点选在南宁市金马钢铁厂,占地约 20 万 m²,工业污染和交通污染比较严重,但该厂较为重视园林绿化工作,通过积极推行植树种草,园林覆盖率不断提高,现已形成以观赏绿地和成片防护林为中心、道路绿带为骨架的园林系统,从而使得厂区内生态环境明显改善,鉴于金马钢铁厂粉尘排放量较大且厂区内园林植物种类较为丰富,故选其作为本次研究的试验地点。

1.2 试验材料及方法

分别在 2012—2014 年 3 月初(春)、5 月初(夏)、8 月初(秋)和 11 月初(冬)在南宁市金马钢铁厂不同街道雨后采集 4 种典型园林植物叶片(樟树、桂花、冬青、杜鹃),每次均在同一时间采集样本,采样时带上聚乙烯塑料手套,分别从不同方向均匀采集足够多的成熟叶片,样品选择能充分接受粉尘的植物叶片,将叶片小心封存于锥形瓶内,带回实验室比较 4 种典型园林植物滞尘差异。

得出叶面积滞尘量为 W/A(单位为 g/m²)^[8,12]。

1.2.2 叶面积测定 将晾干后的叶片用 AAC-400 型自动叶面积测定仪,测定叶片总面积 S(m²);平均单叶面积 S₁=S/N(N 为叶片数);植株总叶面积 S_t=S₁N_t(N_t 为全株叶量,为大致估算量)。

1.2.3 叶面尘粒径测定 将样品置于 65℃烘箱中烘干至恒重,称取 2 g 样品过 40 目筛,1.0 g 溶解于 300 ml 蒸馏水,并使其充分扩散和溶解,粒度分析仪进行粒径分析,PM₁₀,PM_{2.5} 和 TSP 浓度测定用微电

脑激光粉尘仪。

1.2.4 叶片生理指标的测定 选取植物叶片样品进行各项生理指标的测定,每项试验重复测定 3 次,比叶重的测定采用加热烘干法。植物叶片洗净 65℃ 烘箱烘干,粉碎后过 1.5 mm 筛,除去叶脉剪成细丝研磨混合,混合液浸提法以 80% 丙酮溶液浸提比色分析测定叶绿素 a, b 值;考马斯亮蓝—G250 染色法测定可溶性蛋白;蒽酮比色法测定可溶性糖;愈创木酚法测定过氧化物酶(POD);氮蓝四唑(NBT)光还原法测定超氧化物歧化酶(SOD);过氧化氢分解法测定过氧化氢酶(CAT);分光光度计测定多酚氧化酶(PPO);液氮分离纯化测定苯丙氨酸解氨酶(PAL)^[13]。

1.3 数据分析

统计分析:运用 Excel 2010 进行数据的统计和整理,SPSS 18.0 进行方差分析和统计学检验,单因素方差分析(One-way ANOVA)比较其差异显著性,Pearson 相关系数检验滞尘量与生理特性之间的相关性,比叶重与叶片滞尘量用 SPSS 18.0 进行曲线拟合,筛选出最佳拟合曲线(R^2 最大),Origin 7.5 作图。

2 结果与分析

2.1 典型园林植物滞尘效应

2.1.1 典型园林植物滞尘能力比较 植物滞尘能力指单位叶面积单位时间中滞留粉尘量。本研究分别对南宁市典型园林植物全年(春、夏、秋、冬四季)滞尘量进行测定,比较不同园林植物滞尘能力大小,由表 2 可知,不同植物滞尘能力存在极显著影响($p < 0.05$),依次表现为樟树>冬青>桂花>杜鹃,滞尘量最大的是樟树,其滞尘量达 771.85 g;冬青次之,其滞尘量达 395.74 g;桂花和杜鹃滞尘量仅为 279.94, 217.78 g。樟树的滞尘量是杜鹃的 3 倍之多,足以表明,不同植物植株滞尘量的差异较大,樟树叶片小(单株叶面积仅 475.57 m²),但其冠层大、枝叶茂密,虽然其单位叶面积滞尘量不及桂花,但由于平均滞尘量最大,因此,其植株滞尘量最高;桂花单株总叶面积最高,达到 496.34 m²,但由于其年平均滞尘量较低,导致植株滞尘量并不大。

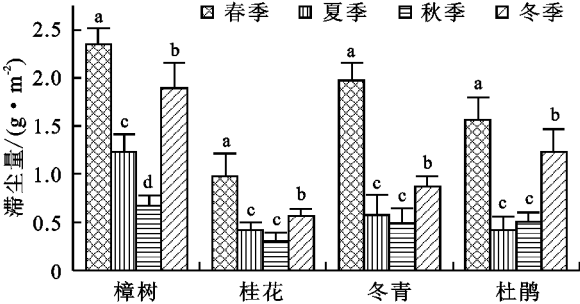
表 2 典型园林植物滞尘能力比较

园林植物	年平均滞尘量/ (g·m ⁻²)	单株总叶 面积/m ²	植株滞 尘量/g	排序
樟树	1.623±0.589a	475.57±35.12b	771.85±86.23a	1
桂花	0.564±0.124c	496.34±24.03a	279.94±75.14c	3
冬青	1.223±0.423b	323.58±18.56c	395.74±38.29b	2
杜鹃	0.783±0.207c	278.13±12.13d	217.78±21.07d	4

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异不显著,下表同。

2.1.2 典型园林植物滞尘能力季节变化 对南宁市典型园林植物进行季节(春、夏、秋、冬)滞尘量的连续

测定,不同植物不同季节的滞尘量方差分析表明,季节变化对南宁市 4 个园林植物滞尘能力的大小影响显著($p < 0.05$),由图 1 可知,南宁市不同典型园林植物滞尘量基本表现为春季>冬季>夏季>秋季,同一季节基本表现为樟树>冬青>桂花>杜鹃;樟树滞尘量变化范围为 0.67~2.35 g/m²,桂花滞尘量变化范围为 0.31~0.98 g/m²,冬青滞尘量变化范围为 0.49~1.97 g/m²,杜鹃滞尘量变化范围为 0.42~1.65 g/m²;樟树滞尘量不同季节差异均显著($p < 0.05$),桂花、冬青和杜鹃均表现为春季显著高于冬季($p < 0.05$),冬季显著高于夏季和秋季($p < 0.05$),夏季和秋季滞尘量差异不显著($p > 0.05$)。



注:不同小写字母表示差异显著($p < 0.05$),下同。

图 1 典型园林植物滞尘能力季节变化

2.1.3 典型园林植物叶面降尘粒径 由图 2 可知,南宁市典型园林植物降尘粒径主要分布在 2.5~100 μm,叶面降尘中颗粒物粒径集中分布在 100 μm 以下(占 99%以上),说明了南宁市降尘物主要为在大气中经一定距离漂移的 TSP。一般认为,PM₁₀(<10 μm)是危害人类健康的最主要颗粒物,而 PM_{2.5}(<2.5 μm)则是能直接进入人体肺部导致肺泡发炎的颗粒物。由图可知,典型园林植物降尘物中 PM_{2.5}, PM₁₀ 和 TSP 相对含量均以樟树最高,其中植物降尘物中 PM_{2.5} 含量樟树和冬青显著高于桂花和杜鹃($p < 0.05$),桂花和杜鹃差异不显著($p > 0.05$);植物降尘物中 PM₁₀ 含量樟树和杜鹃显著高于桂花和冬青($p < 0.05$),桂花和杜鹃差异不显著($p > 0.05$);物降尘物中 TSP 含量差异均不显著($p > 0.05$);植物降尘物粒径樟树显著高于其他植物,桂花和冬青差异不显著($p > 0.05$)。南宁市典型园林植物降尘物 PM_{2.5} 范围为 0.75~1.53 μm,PM₁₀ 范围为 42.3~52.6 μm,TSP 范围为 95~101 μm,粒径范围为 4.3~9.8 μm。

2.1.4 比叶重与滞尘量之间的相关关系 对南宁市典型园林植物叶面特征的分析表明(图 3),叶面特征明显影响叶片滞尘能力,为进一步探讨其影响因素,对比叶重与滞尘能力的关系进行研究。比叶重是单位面积的叶片干重,反映叶片质地的厚薄与轻重,也是表征叶片特性的一种指标,对 3 种植物比叶重与滞尘能力进行相关性分析,拟合多种常用曲线中,比叶重

(x)与叶片滞尘能力(y)之间的幂函数关系最佳,其拟合方程为 $y=0.0001x^{2.2012}$,相关系数 $R^2=0.9589$

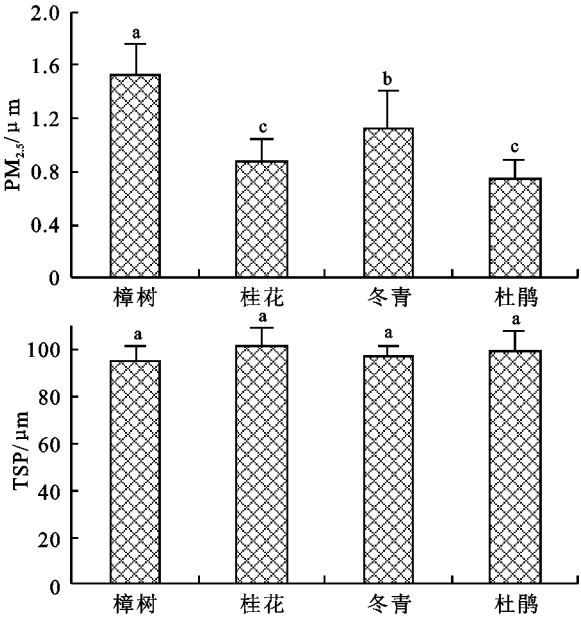


图 2 典型园林植物叶面降尘的粒径

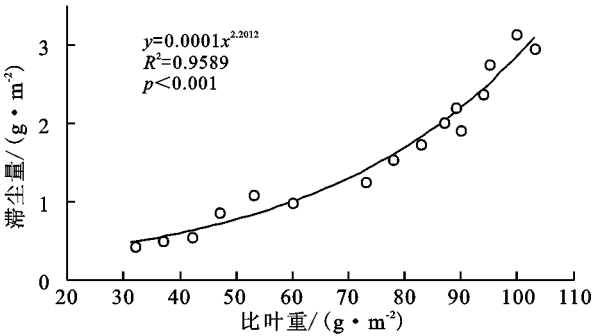


图 3 比叶重与滞尘量之间的相关关系

2.2 典型园林植物叶片生理特性

2.2.1 典型园林植物叶片保护性酶和非保护酶 由

2.2.2 典型园林植物叶片叶绿素、可溶性糖和可溶性蛋白 由图 4 可知,分析不同植物叶片生理指标的差异变化,南宁市典型园林植物可溶性蛋白变化范围为 98.37~146.39 μg/g,可溶性糖变化范围为 0.12%~0.39%,叶绿素 a 变化范围为 1.85~3.86 mg/g,叶绿素 b 变化范围为 0.81~2.53 mg/g;其中,可溶性蛋白、可溶性糖、叶绿素 a 和叶绿素 b 含量均以樟树最高,叶绿素 a、叶绿素 b 和可溶性蛋白呈现出一致的变化规律,均表现为樟树>冬青>桂花>杜鹃,樟树与冬青没有显著差异($p>0.05$),二者显著高于桂花和杜鹃($p<0.05$),桂花和杜鹃叶绿素 a、叶绿素 b 和

($p<0.001$),表明两者间存在明显的相关关系,即比叶重较大的植物滞尘能力则较大。

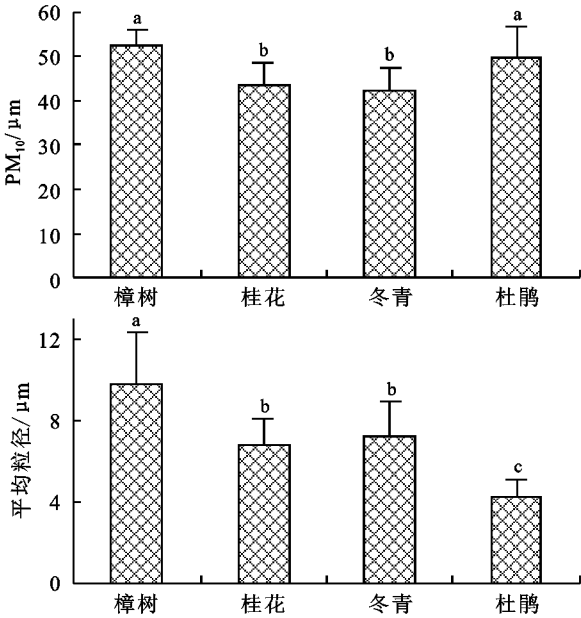


表 3 可知,南宁市典型园林植物叶片保护酶(SOD,POD,CAT)和非保护酶(PAL,PPO)活性均表现为樟树>冬青>桂花>杜鹃,其中 SOD 变化范围为 113.25~298.54 U/g,POD 变化范围为 91.23~156.89 U/g,CAT 变化范围为 15.34~31.25 mg/g,PAL 变化范围为 11.28~19.23 U/g,PPO 变化范围为 13.57~21.38 U/(g · h);其中 POD 樟树显著高于冬青($p<0.05$),桂花和杜鹃差异不显著($p>0.05$),SOD 不同植物差异均显著($p<0.05$),CAT 桂花和冬青差异不显著($p>0.05$),PAL 樟树和冬青差异不显著($p>0.05$),PPO 樟树和冬青差异不显著($p>0.05$),显著高于桂花和杜鹃($p<0.05$)。

表 3 典型园林植物叶片保护性酶和非保护酶活性

园林植物	POD/(U · g ⁻¹)	SOD/(U · g ⁻¹)	CAT/(mg · g ⁻¹)	PAL/(U · g ⁻¹)	PPO/(U · g ⁻¹ · h ⁻¹)
樟树	156.89±39.45a	298.54±52.38a	31.25±3.58a	19.23±2.89a	21.38±2.89a
桂花	102.47±15.20c	145.79±25.74c	23.43±1.25b	15.28±3.56b	15.28±1.37b
冬青	127.85±28.14b	256.37±42.11b	26.78±2.12b	18.56±2.17a	20.79±2.56a
杜鹃	91.23±15.78c	113.25±23.78d	15.34±1.24c	11.28±1.33c	13.57±1.54b

可溶性蛋白差异显著($p<0.05$),可溶性糖表现为樟树>冬青>桂花>杜鹃,樟树与冬青没有显著差异($p>0.05$),桂花和杜鹃没有显著差异($p>0.05$)。

2.3 典型园林植物滞尘量与叶片生理特性相关性

由表 3 可知,樟树滞尘量与 POD,SOD,PAL 和 PPO 呈极显著正相关($p<0.01$),与可溶性糖和叶绿素 b 呈显著正相关($p<0.05$);桂花滞尘量与 POD,CAT 和 PAL 呈极显著正相关($p<0.01$),与 PPO 和可溶性糖呈显著正相关($p<0.05$);桂花滞尘量与 POD,CAT 和 PAL 呈极显著正相关($p<0.01$),与 PPO 和可溶性糖呈显著正相关($p<0.05$);冬青滞尘量与 POD,

CAT 和 PPO 呈极显著正相关($p<0.01$),与 PAL 和叶绿素 b 呈显著正相关($p<0.05$);杜鹃滞尘量与

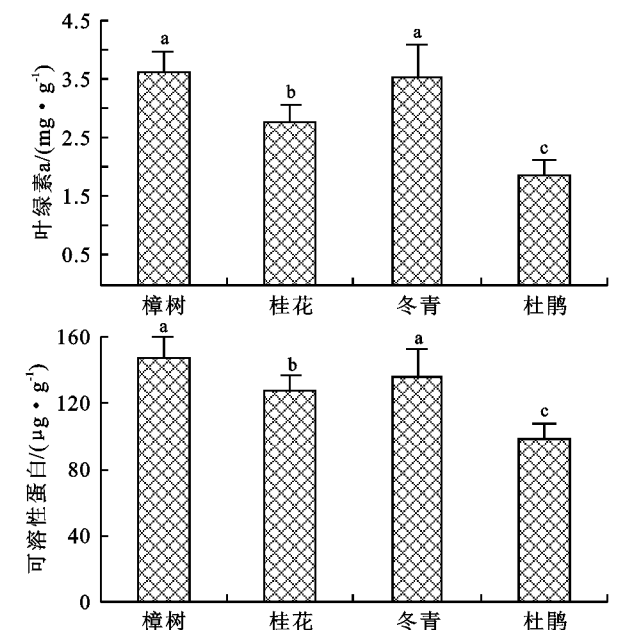


图 4 典型园林植物叶片叶绿素、可溶性糖和可溶性蛋白

表 4 典型园林植物滞尘量与叶片生理特性相关性

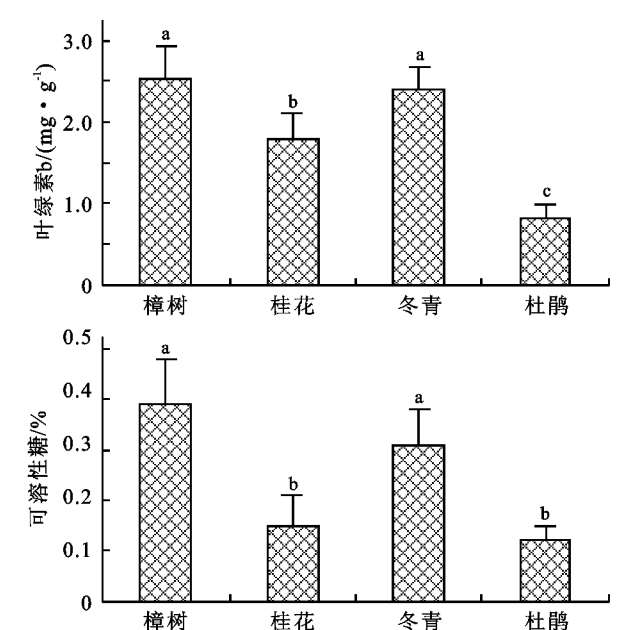
项目	樟树滞尘量	桂花滞尘量	冬青滞尘量	杜鹃滞尘量
POD	0.556**	0.613**	0.874**	0.712**
SOD	0.689**	0.258	0.418*	0.512**
CAT	0.371	0.647**	0.597**	0.441*
PAL	0.894**	0.569**	0.423*	0.389*
PPO	0.587**	0.423*	0.588**	0.741**
可溶性蛋白	0.256	0.213	0.335	0.271
可溶性糖	0.435*	0.417*	0.117	0.056
叶绿素 a	0.217	0.289	0.256	0.113
叶绿素 b	0.356*	0.105	0.387*	0.310

注: $n=16$,** 相关性在 0.01 水平上显著(双尾),* 相关性在 0.05 水平上显著(双尾)。

3 讨论与结论

作为空气质量监测的重要方法,园林植物叶片滞尘量在一定程度上反映了空气中颗粒物含量^[14-15]。本研究分别对南宁市典型园林植物全年(春、夏、秋、冬四季)滞尘量进行测定,不同植物滞尘能力存在极显著影响($p<0.05$),依次表现为樟树>冬青>桂花>杜鹃,不同植物植株滞尘量的差异较大,樟树叶片小,但其冠层大、枝叶茂密,虽然其单位叶面积滞尘量不及桂花,但由于平均滞尘量最大,因此,其植株滞尘量最高;桂花单株总叶面积最高,但由于其年平均滞尘量较低,导致植株滞尘量并不大。由此可知,樟树可以作为滞尘能力优良的城市园林植物,主要是受单叶面积大小、叶片组织结构、树冠密集度、整株叶量多少等因子制约,导致各滞尘量和滞尘效应不尽一致。同时,植物叶片滞尘作用与所在街道、人为干扰情况、

POD,SOD 和 PPO 呈极显著正相关($p<0.01$),与 CAT 和 PAL 呈显著正相关($p<0.05$)。



植物本身属性、自然环境的因子有关^[16-18]。此外,樟树生长速度快,叶片繁密,这种特性有利于阻挡风力等恶劣环境;杜鹃生长较为缓慢,叶片易受风力、沉降等外界环境的干扰,从而不利于接受地面的扬尘。由图 1 可知,南宁市不同园林植物滞尘量基本表现为春季>冬季>夏季>秋季,相同季节基本表现为樟树>冬青>桂花>杜鹃,主要是由于秋季空气干燥,悬浮颗粒较多和大气湿度较小,而春季,雨水充沛,空气湿度大,不利于叶片对粉尘的滞留,加之风力等外界因素的干扰,从而影响了植物的滞尘量^[14-15],大气颗粒物通过干、湿沉降到植物的叶表面,而地面扬尘等尘源物质也将积累和形成^[16-17]。不同园林植物叶片之间细微结构的差异,导致其叶片的支持和固定作用效果也不尽一致,本研究表明,樟树滞尘量最大,而粒径偏小,反映出樟树所处街道的粉尘污染状况较为严重,并且不同植物 MP_{2.5} 与 MP₁₀ 的比例不同,说明园林植物叶面降尘与所处地区的环境状况及植物类型有关,而在园林植物叶片所吸收的灰尘中,MP_{2.5} 和 MP₁₀ 均占了一定比例,由此说明了南宁市典型园林植物均可以滞留可吸入颗粒物,并且能够改善生态环境。

比叶重反映叶片质地的厚薄与轻重,比叶重小,则叶片较轻且质薄,容易随风抖动,影响叶面滞尘的稳定性,致使植物滞尘受外界环境(车辆行驶、气流和风)影响增大,滞尘能力弱,可将比叶重作为比较选取滞尘植物的指标之一^[19-20]。本研究中,比叶重(x)与叶片滞尘能力(y)之间的幂函数关系最佳($p<0.001$),表明其两者间存在明显的相关关系,即比叶重较大的植物滞尘能力则较大,由此可知,比叶重的大小与滞尘能力的大

小趋势表现基本一致,这与前人的研究结果相一致^[8-9,16-17]。通过测定典型园林植物叶片保护酶(SOD, POD, CAT)和非保护酶(PAL, PPO)活性可知,典型园林植物叶片保护酶(SOD, POD, CAT)和非保护酶(PAL, PPO)活性均表现为樟树>冬青>桂花>杜鹃,与植物滞尘能力变化趋势相一致,这是园林植物对于环境的胁迫,所表现出来的细胞过氧化产物增多而启动的一种应激机制^[16-17]。叶绿素作为植物光合作用的物质基础和光敏化剂,在光合作用过程中起着接受和转换能量的作用,可溶性蛋白和可溶性糖包含一些代谢的酶,其含量的多少与植株体内的代谢强度有关^[21-22]。有研究表明,植物叶片受到大气污染的影响后,其叶片中的叶绿素 a、叶绿素 b 均会受到破坏而分解,致使叶绿素含量下降^[16-17]。本研究中,可溶性蛋白、可溶性糖、叶绿素 a 和叶绿素 b 含量均以樟树最高,叶绿素 a、叶绿素 b 和可溶性蛋白呈现出一致的变化规律,均表现为樟树>冬青>桂花>杜鹃,相比较可知,樟树更能够利用光能和转化光能,从而为光合补偿生长提供物质和能量基础,通过典型园林植物的滞尘效应可知,樟树所在街道环境中粉尘含量较少,植物生长状况好,而杜鹃所在街道汽车尾气与扬起的粉尘使植物长期处于污染环境下,不利的生境条件引起生长状况出现差异,使得不同植物生理性质变化差异较大,除此之外,这还可能与植物自身的生理生化特性和抗逆性有关^[14-15]。相关分析表明南宁市典型园林植物滞尘量与叶片酶活性基本呈显著或极显著正相关,即园林植物叶片的酶活性对滞尘量有较大的影响。

参考文献:

- [1] Porrini C, Sabatini A G, Girotti S, et al. The death of honey bees and environmental pollution by pesticides: The honey bees as biological indicators[J]. *Bulletin of Insectology*, 2003, 56(1): 147-152.
- [2] Saunders K M, Harrison J J, Butler E C V, et al. Recent environmental change and trace metal pollution in World Heritage Bathurst Harbour, southwest Tasmania, Australia[J]. *Journal of Paleolimnology*, 2013, 50(4): 471-485.
- [3] Nagdeve D A. Environmental pollution and control: A case study of Delhi mega city[J]. *Population and Environment*, 2004, 25(5): 461-473.
- [4] Chen Z, Wang J N, Ma G X, et al. China tackles the health effects of air pollution[J]. *The Lancet*, 2013, 382(9909): 1959-1960.
- [5] Lan J, Kakinaka M, Huang X. Foreign direct investment, human capital and environmental pollution in China[J]. *Environmental and Resource Economics*, 2012, 51(2): 255-275.
- [6] 成海容,王祖武,冯家良,等. 南宁市城区大气 PM_{2.5} 的碳组分与源解析[J]. *生态环境学报*, 2012, 21(9): 1574-1579.
- [7] 周家斌,王磊,钱佳,等. 南宁市冬夏季大气 PM_{2.5} 浓度及其烃类化合物的变化特征[J]. *环境污染与防治*, 2013, 35(1): 1-5.
- [8] Liu L, Guan D, Peart M R, et al. The dust retention capacities of urban vegetation: A case study of Guangzhou, South China[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2013, 20(9): 6601-6610.
- [9] Hu S, Xiao X, Jia H S, et al. Comparison and analysis on dust-retention ability of major deciduous greening species in Xuzhou[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2012, 28(16): 95-98.
- [10] Zheng P, Shi H W, Deng H B, et al. Study on the ecological functions of sixty-five garden species in Nanning city, China[J]. *Plant Science Journal*, 2012, 30(5): 468-475.
- [11] Wang F, Xiong S G, Li H Y, et al. Study on dust-retention Ability of Major Afforestation Tree Species in New industrial zone[J]. *Advanced Materials Research*, 2014, 838/841: 2433-2438.
- [12] Wang Y C. Carbon sequestration and foliar dust retention by woody plants in the greenbelts along two major Taiwan highways [J]. *Annals of Applied Biology*, 2011, 159(2): 244-251.
- [13] 再彬. 植物生理试验技术[M]. 哈尔滨: 哈尔滨出版社, 2002.
- [14] Liu X, LI H, Li X, et al. Study on Dust-Retention Effect of the Main Greening Species in Chengyang District of Qingdao [J]. *Northern Horticulture*, 2008, 4: 167-169.
- [15] Chen F, Zhou Z X, Guo E X, et al. Dust-retention effect of ornamental green land in urban industrial area: A case study in Nanning Iron and Steel Company workshop area[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2006, 25(1): 34-38.
- [16] 蔡燕薇. 城市基调树种滞尘效应及其光合特性研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2010.
- [17] 姚俊. 粉尘污染对城市典型绿化树种的生理生态影响[D]. 南京: 南京林业大学, 2009.
- [18] 肖慧玲. 粉尘污染下园林植物的光谱特征及光合特性研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.
- [19] Kretinin V M, Selyanina Z M. Dust retention by tree and shrub leaves and its accumulation in light chestnut soils under forest shelterbelts [J]. *Eurasian Soil Science*, 2006, 39(3): 334-338.
- [20] Poppi D P, Minson D J, Ternouth J H. Studies of cattle and sheep eating leaf and stem fractions of grasses: 1. The voluntary intake, digestibility and retention time in the reticulo-rumen[J]. *Crop and Pasture Science*, 1981, 32(1): 99-108.
- [21] 储玲, 刘登义, 王友保, 等. 铜污染对三叶草幼苗生长及活性氧代谢影响的研究[J]. *应用生态学报*, 2004, 15(1): 119-122.
- [22] 计汪栋, 施国新, 杨海燕, 等. 铜胁迫对竹叶眼子菜叶片生理指标和超微结构的影响[J]. *应用生态学报*, 2008, 18(12): 2727-2732.