

# 西安市区不同绿化植物的滞尘效应季节变化研究

杨周敏

(西安培华学院, 西安 710065)

**摘要:**以西安市区乔木(山槐)、灌木(丁香)、草本(马蔺)3种植物为试材,研究比较了滞尘量的差异及蒙尘后的生理响应。结果表明:不同绿化植物的滞尘能力差异显著( $p < 0.05$ ),3种植物平均单位面积滞尘量大小顺序依次为:乔木>灌木>草本;春季和夏季不同绿化植物叶面滞尘量达到饱和时间约为12 d,秋季和冬季不同绿化植物叶面滞尘量达到饱和时间约为9 d,并且3种植物叶片平均滞尘量依次表现为夏季>春季>秋季>冬季;对叶面尘粒径分析表明,叶面尘中滞留的颗粒物中大多数是TSP(悬浮颗粒物),同时对 $PM_{10}$ 和 $PM_{2.5}$ 均有一定的吸收,降尘物中 $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ 和TSP相对含量均以乔木最高,灌木和草本较低,其中 $PM_{2.5}$ 和 $PM_{10}$ 在乔木、灌木和草本均达到显著差异水平( $p < 0.05$ ),而3种植物TSP差异并不显著( $p > 0.05$ );随着叶片蒙尘时间的延长,相对含水量出现先下降后上升的趋势,比叶重和脯氨酸含量则呈现先增加后降低趋势,并且3种植物叶片秋季和冬季相对含水量、比叶重和脯氨酸含量均高于春季和夏季。相关性分析表明,3种植物滞尘能力与车流量呈极显著正相关( $p < 0.01$ )。

**关键词:**西安市区;绿化植物;滞尘效应;季节变化

中图分类号:S812.5

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)04-0178-06

## Study on Seasonal Dust Retention Capacity of Different Green Plants in Xi'an City

YANG Zhoumin

(Xi'an Peihua University, Xi'an 710065 China)

**Abstract:** Three green plants which were arbors (*Maackia amurensis*), shrubs (*Syzygium aromaticum*), herbs (*Iris lactea*) were taken as experimental materials, the effect of different environmental conditions on the dust catching quantity difference and disgraceful after physiological response were studied. The results showed that the dust retention capacities of these green plants had significant difference ( $p < 0.05$ ), and the average unit area dust catching quantity followed the order: arbors>shrubs>herbs. The duration which the amount of foliar dust of three green plants reached saturation was about 12 days in summer and spring, and 9 days in autumn and winter, indicating that the amount of foliar dust of three green plants in summer and spring was greater than that of autumn and winter. The surface of dust particle size analysis showed that foliar dust retention of particles in most was TSP, while  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$  had a certain amount of adsorption. The relative contents of dust of  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$  and TSP were found in arbors top, low shrubs and herbs, in which  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$  had a significant difference of three green plants ( $p < 0.05$ ), while TSP had no significant difference ( $p > 0.05$ ). As the blade disgraceful time prolonging, the relative water content appeared first rise and then falling, while LMA and proline content were contrary to relative water content which increased first and then decreased, and the relative water content, LMA and proline contents of three green plants in summer and spring were greater than those of autumn and winter. Correlation analysis suggested that the dust retention capacities of three green plants were significantly positive correlation with the number of running vehicles ( $p < 0.01$ ).

**Keywords:** Xi'an City; green plants; dust retention capacity; seasonal change

随着城市化和工业化的迅速发展,大气污染中的粉尘污染给人类带来了生存危机,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<sup>[1-3]</sup>,也对城市本身的生存与发展提出严峻的挑战。

园林植物改善生态环境的功能越来越受到人们的重视,园林植物对大气中的粉尘、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)的含量,从而对大气起到净化的作用<sup>[4-6]</sup>,不同植物因

其本身的生物学特性的差异,滞尘能力也有较大的差异,选择适合城市发展的滞尘能力强的绿化树种,是城市绿地设计的基础,也是改善城市环境质量的重要保障<sup>[4-6]</sup>。目前我国已经广泛开展了对绿化树种滞尘能力的研究,而大量研究主要集中在南方一些城市,对于北方城市大范围绿化树种滞尘能力的研究尚且较少<sup>[7-9]</sup>。西安作为我国北方交通枢纽中心城市和四大火炉之一,日益严重的交通阻塞和城市热岛效应带来了严重的尘埃污染,而园林绿化植物在滞尘过程中起着重要作用,目前仍缺乏园林绿化植物滞尘效应及其时间变化的阶段性等研究。鉴于此,笔者以西安市区主要绿化植物为研究对象,对城市道路中3种植物滞尘量差异及植物蒙尘后的生理响应等进行研究,为不同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,为选择适合西安市环境的绿化树种及城市绿地规划提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

西安地处秦岭北麓、渭水南岸的关中盆地中段(东经 $107^{\circ}40'$ — $109^{\circ}49'$ ,北纬 $33^{\circ}39'$ — $34^{\circ}45'$ ),东西长约204 km,南北宽约116 km,市区面积1 066 km<sup>2</sup>,海拔424 m,属暖温带半湿润大陆性季风气候,年平均气温13.7℃,年平均降雨量553.3 mm,年平均相对湿度70%,平均日照1 976.6 h。西安市现有578条道路和165条分车绿带,经过多年建设已全部进行了绿化,其中市管道路38条,绿化养护面积228万m<sup>2</sup>,区管道路540条,行道绿化树种42万多株,人均公共绿地面积大约7.15 m<sup>2</sup>,建成区绿地率约19.95%,建成区绿化覆盖率30.43%,基本形成了形式多样、物种丰富、布局合理,与自然环境协调一致的园林绿化格局。

### 1.2 试验材料及方法

2013年3月初、5月初、8月初和11月初,分别在西安市区不同街道雨后采集3种植物叶片(山槐、丁香、马蔺),每3 d同一时间采集1次样本,采样时带上聚乙烯塑料手套,分别从东、西、南、北均匀采集成熟叶片12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,带回实验室处理,连续调查5次,比较不同植物滞尘差异,并记录采样所在街道的车流量(辆/min)。

1.2.1 叶片滞尘量及粒径测定 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3 h后,用

毛刷冲洗叶片,再次保证尘粒融入到水中。用镊子将叶片小心夹出,用滤纸将浸洗液过滤,将滤纸置于60℃下烘干12 h,万分之一天平称重,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),即可得出叶面积滞尘量为 $W/A(g/m^2)$ 。

1.2.2 叶面尘粒径测定 将样品置于70℃烘箱中烘干至恒重,称2 g降尘样过40目筛,取降尘样1.0 g溶解于300 ml蒸馏水,并使其充分扩散,用粒度分析仪进行粒径分析,PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>浓度测定用微电脑激光粉尘仪。

1.2.3 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,叶片相对含水量及比叶重的测定采用加热烘干法,脯氨酸含量测定采用酸性茚三酮法<sup>[10]</sup>。

### 1.3 数据处理

统计分析:Excel 2003和SPSS 18.0进行数据统计和检验,单因素方差分析(One-way ANOVA),采用均值±标准误差(mean±SE),LSD比较差异显著性,Origin 8.0作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同植物滞尘能力比较

不同植物在不同时间的滞尘效应差异较为明显,从图1可知,夏季前18 d内,随着天数的累积,不同绿化植物单位面积滞尘量不断增加,到第12 d后,滞尘量变化不大。即在室外的情况下,不同绿化植物夏季叶面滞尘量达到饱和时间约为12 d;而秋季,不同绿化植物叶面滞尘量达到饱和时间约为9 d;3种植物的平均单位面积滞尘量大小顺序为:乔木>灌木>草本,乔木所在街道粉尘含量较高,车辆较多且绿化稍差,导致叶片单位面积滞尘量较高,灌木和草本所在街道绿化相对较好,叶片滞尘量较低,其中草本叶片滞尘量最低,主要是由于草本植物覆盖率较高,且环境中粉尘含量较少。由图1还可以看出,3种植物春季和夏季叶片平均滞尘量大于秋季和冬季叶片滞尘量,可能是由于春季和夏季气候干燥,空气中悬浮颗粒较多,空气湿度较大,影响了滞尘量;秋季和冬季不利于叶片对粉尘的滞留,同时叶片对粉尘的滞留能力是有限的,加之风力等外界因素的干扰,导致出现滞尘量下降的趋势。

### 2.2 不同植物叶片滞尘颗粒物

从图2可知,不同植物降尘的粒径主要分布在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,说明降尘物主要为已在大气中经一定距离漂移的TSP。一般认为,PM<sub>10</sub>

( $<10\ \mu\text{m}$ )是危害人类健康的最主要颗粒物,而  $\text{PM}_{2.5}$  ( $<2.5\ \mu\text{m}$ )则是能直接进入人体肺部导致肺泡发炎的颗粒物。降尘物中  $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{PM}_{10}$  和 TSP 相对含量均以乔木最高,灌木和草本较低,其中  $\text{PM}_{2.5}$  和  $\text{PM}_{10}$  在乔

木、灌木和草本均达到显著差异水平( $p<0.05$ ),而 3 种植物 TSP 差异并不显著( $p>0.05$ )。降尘物的平均粒依次表现为草本 $>$ 灌木 $>$ 乔木,这说明对于空气污染较高的乔木,其降尘颗粒也较细。

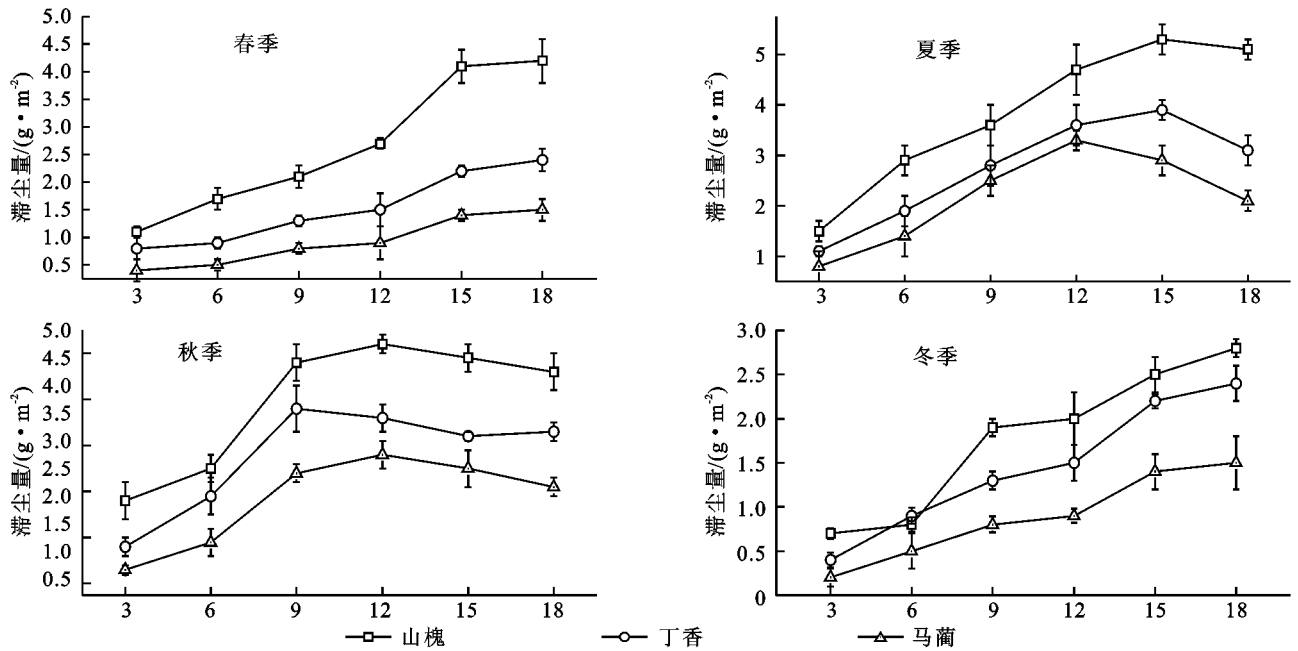
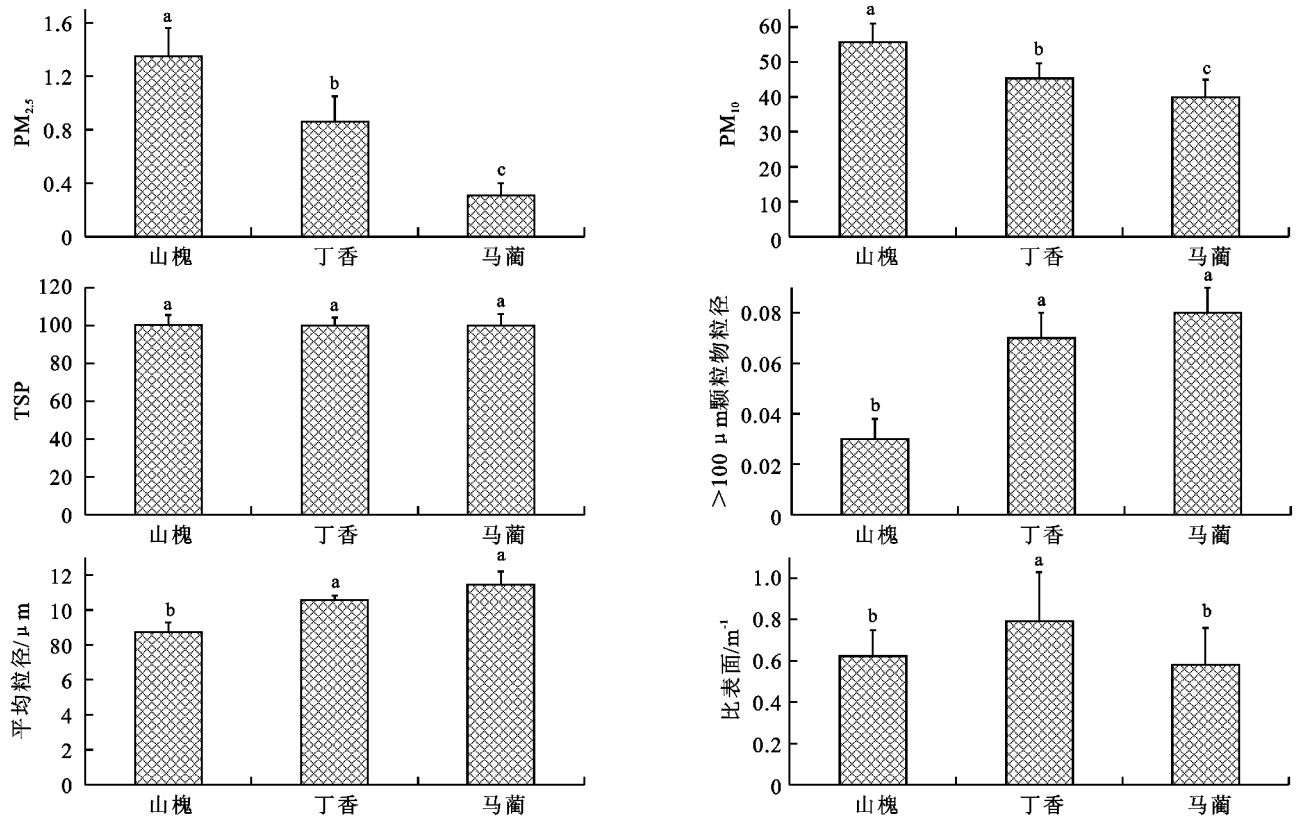


图1 不同植物滞尘能力比较



注:同列不同小写字母表示差异显著( $p<0.05$ ),下同。

图2 不同植物叶面降尘的粒径分布

### 2.3 蒙尘对不同植物相对含水量的影响

植物组织相对含水量是反映植物水分生理状况的重要指标。由表1可以看出,3种植物在蒙尘后相

对含水量随时间均呈现出先下降后回升趋势,这可能是植物蒙尘受到胁迫后的一种生理反应,山槐、丁香和马蔺春季相对含水量的变化范围分别为  $0.76\%\sim$

0.84%,0.82%~0.88%,0.87%~0.94%,夏季相对含水量的变化范围分别为 0.78%~0.84%,0.85%~0.92%,0.87%~0.95%,秋季相对含水量的变化范围分别为 0.76%~0.84%,0.72%~0.81%,0.82%~0.88%,冬季相对含水量的变化范围分别为

0.75%~0.84%,0.85%~0.91%,0.92%~0.98%。综合来看,3 种植物相对含水量春季和夏季变化较为明显,而秋季和冬季变化相对较小,并且秋季和冬季含水量高于春季和夏季,这可能是受气候、环境以及人类的影响。

表 1 不同植物相对含水量							%
植物	季节	3 d	6 d	9 d	12 d	15 d	18 d
山槐	春季	0.82±0.12a	0.76±0.24b	0.77±0.09ab	0.78±0.11ab	0.81±0.24a	0.84±0.27a
	夏季	0.83±0.23a	0.79±0.21a	0.78±0.07a	0.81±0.07a	0.84±0.23a	0.82±0.26a
	秋季	0.80±0.15a	0.76±0.18ab	0.73±0.15b	0.72±0.10b	0.79±0.21ab	0.81±0.19a
	冬季	0.79±0.14ab	0.75±0.09b	0.78±0.09ab	0.81±0.23ab	0.82±0.30a	0.84±0.24a
丁香	春季	0.86±0.21a	0.84±0.14ab	0.82±0.15b	0.85±0.22a	0.87±0.34a	0.88±0.23a
	夏季	0.91±0.20a	0.87±0.08a	0.88±0.13a	0.85±0.20	0.92±0.32a	0.90±0.13a
	秋季	0.87±0.18a	0.85±0.13ab	0.83±0.21b	0.84±0.17ab	0.86±0.19a	0.91±0.25a
	冬季	0.89±0.19a	0.87±0.18ab	0.85±0.25b	0.86±0.15ab	0.91±0.25a	0.88±0.19a
马蔺	春季	0.92±0.24a	0.89±0.21ab	0.87±0.22b	0.91±0.14a	0.94±0.24a	0.92±0.18a
	夏季	0.91±0.26ab	0.90±0.20ab	0.87±0.20b	0.92±0.11a	0.93±0.19a	0.95±0.17a
	秋季	0.96±0.20a	0.95±0.14a	0.91±0.15a	0.94±0.08a	0.96±0.24a	0.95±0.25a
	冬季	0.98±0.15a	0.94±0.17ab	0.92±0.12b	0.93±0.27b	0.95±0.26ab	0.97±0.24a

注:同行不同小写字母表示差异显著( $p<0.05$ ),下同。

2.4 蒙尘对不同植物比叶重的影响

比叶重(LMA)是指单位面积叶片的干重,能够明显的反映出植物光和碳同化能力和不同生育期光合作用制造有机物质及其分配趋势,是衡量叶片质量的一个稳定指标<sup>[11-12]</sup>。

由表 2 可知,不同植物比叶重呈现出动态的变化,3 种植物比叶重不同季节呈现出先增加后降低相同的变化趋势。山槐、丁香和马蔺春季比叶重的变化范围分别为 105~139,102~124,97~117 g/cm<sup>2</sup>,

夏季比叶重的变化范围分别为 112~140,108~124,101~117 g/cm<sup>2</sup>,秋季比叶重的变化范围分别为 109~129,76~84,69~77 g/cm<sup>2</sup>,冬季比叶重的变化范围分别为 101~127,74~82,69~79 g/cm<sup>2</sup>。综合比较来看,乔木的比叶重较灌木和草本植物大,主要是由于乔木受到粉尘的影响较小,其生长状况较好,灌木和草本植物叶片比叶重受到粉尘的影响差异显著,春季和夏季的比叶重普遍高于秋季和冬季,这可能是由于老叶的比叶重大于新叶的原因。

表 2 不同植物比叶重							g/cm <sup>2</sup>
植物	季节	3 d	6 d	9 d	12 d	15 d	18 d
山槐	春季	105±12d	113±8c	129±19b	134±9a	139±15a	127±16b
	夏季	112±15d	127±16c	133±16b	140±9a	135±12b	130±12bc
	秋季	109±6c	112±15c	123±21a	129±10ab	121±9b	113±15ab
	冬季	101±7d	105±9d	113±9b	127±7a	114±11bc	103±13c
丁香	春季	102±9d	113±10bc	124±13a	119±10b	115±14bc	107±10c
	夏季	108±14c	118±16b	124±9a	122±15a	117±13b	109±8c
	秋季	77±12ab	78±11ab	81±12a	84±21a	82±16a	76±9b
	冬季	74±8b	76±9ab	79±18a	82±8a	78±21a	75±17ab
马蔺	春季	97±11d	103±8c	110±8b	117±21a	112±19b	104±17c
	夏季	101±8d	108±10c	113±11b	117±15a	109±22c	103±13d
	秋季	69±9c	71±9bc	73±10b	77±16a	75±20ab	72±20bc
	冬季	72±13b	74±17ab	75±8a	79±17a	73±17ab	69±14c

2.5 蒙尘对不同植物脯氨酸含量的影响

脯氨酸是植物蛋白质的组成成分之一,在逆境条件下,许多植物体内的脯氨酸大量积累,脯氨酸含量的增加是植物对逆境胁迫的一种生理生化反应<sup>[11-12]</sup>。

由表 3 可知,蒙尘对不同植物脯氨酸具有不同程度的影响,不同植物脯氨酸含量差异较大。3 种植物脯氨酸含量夏季和秋季呈现出先增加后降低相同的变化趋势。

山槐、丁香和马蔺春季脯氨酸含量的变化范围分别为 23.82~39.45,17.23~31.54,13.56~19.05  $\mu\text{g/g}$ ,夏季脯氨酸含量的变化范围分别为 25.45~41.29,19.26~35.78,14.18~21.38  $\mu\text{g/g}$ ,秋季脯氨酸含量的变化范围分别为 24.78~42.07,15.74~39.74,14.19~21.51  $\mu\text{g/g}$ ,冬季脯氨酸含量的变化

范围分别为 27.21~43.23,16.23~31.52,15.06~23.79  $\mu\text{g/g}$ 。综合比较来看,脯氨酸含量大小依次为:乔木>灌木>草本,由于乔木受粉尘的影响较大,因此乔木植物体内脯氨酸含量较多,同时本试验得出 3 种植物秋季和冬季脯氨酸积累量大于春季和夏季,主要是受到季节积累的作用。

表 3 不同植物脯氨酸含量  $\mu\text{g/g}$

植物	季节	3 d	6 d	9 d	12 d	15 d	18 d
山槐	春季	23.82±3.2d	27.12±3.6c	36.18±4.2b	39.45±4.5a	35.78±2.6b	29.41±3.2c
	夏季	25.45±2.5e	29.13±1.5d	38.14±3.8b	41.29±4.2a	37.41±2.9b	34.56±2.4c
	秋季	24.78±3.4d	26.32±4.2cd	38.15±4.0ab	42.07±3.5a	36.18±3.2b	32.45±2.9c
	冬季	27.21±2.1d	29.78±3.8cd	40.01±3.2b	43.23±3.4a	38.76±3.5b	33.02±3.0c
丁香	春季	17.23±1.8c	19.45±2.7bc	29.38±2.8a	28.76±3.7a	31.54±3.4a	22.37±1.8b
	夏季	19.26±2.6d	21.35±2.4c	32.21±2.1b	35.78±2.9a	34.10±3.6ab	25.04±1.9c
	秋季	15.74±3.2d	21.36±2.3c	28.45±1.8a	26.54±4.3b	29.74±2.5a	23.03±2.4bc
	冬季	16.23±3.4e	23.00±3.0d	29.11±2.7a	28.74±4.5b	31.52±2.8a	26.78±2.6c
马蔺	春季	13.56±2.8d	15.13±1.8c	18.26±2.3ab	19.05±3.1a	17.22±3.0b	15.38±3.2c
	夏季	14.18±2.4d	16.78±2.4c	19.54±1.5b	21.38±2.5a	19.24±3.7b	18.56±2.7b
	秋季	14.19±3.0c	17.52±2.3b	20.38±2.3a	21.51±2.8a	18.36±2.1ab	19.10±2.9ab
	冬季	15.06±2.7d	18.13±2.9c	22.78±2.8a	23.79±1.9a	20.48±1.7b	18.76±1.6c

2.6 不同植物滞尘能力与车流量关系

根据植物的滞尘能力及相应的车流量大小,分析叶片滞尘能力与车流量的相关性。分析结果显示:山槐的滞尘能力与车流量之间的相关系数为 0.915 6,呈极显著正相关性( $p<0.01$ ),回归方程为  $y=0.0257x-0.9652$ ;丁香的滞尘能力与车流量之间的相关系数为 0.873 5,呈极显著正相关性( $p<0.01$ ),回归方程分别为  $y=0.0198x-0.2136$ ;马蔺

的滞尘能力与车流量之间的相关系数分别为 0.905 4,呈极显著正相关性( $p<0.01$ ),回归方程分别为  $y=0.0052x+0.8396$ 。以叶片滞尘能力为因变量,车流量为自变量,运用一元线性回归分析,可以得到不同树种的滞尘能力与车流量之间的线性关系。由上述结果可知,同一树种的滞尘能力与车流量呈明显的正相关性,由此可以推断空气中颗粒物浓度越高,对同一树种来说,滞尘能力也越大。

表 4 不同植物滞尘能力与车流量关系

植物	自变量 $x$	因变量 $y$	回归方程	相关系数 $R^2$	Adjust $R^2$	显著性 $p$	自由度 $n$
山槐	车流量 (辆/min)	滞尘能力	$y=0.0257x-0.9652$	0.9156	0.8324	0.000**	20
丁香		(g/m)	$y=0.0198x-0.2136$	0.8735	0.7684	0.001**	20
马蔺			$y=0.0052x+0.8396$	0.9054	0.8523	0.003**	20

注: \*\* 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手段之一,绿化树种的叶片滞尘量测定可在一定程度上反映小环境中空气颗粒物含量<sup>[7-9,13-15]</sup>。近年来关于植物滞尘效应的研究报道较多,植物叶片滞尘过程是一个复杂的动态过程,叶片滞尘与粉尘脱落同时进行,此过程中,植物叶片滞尘作用始终处于主导地位,说明了植物滞尘能力的绝对性<sup>[16-18]</sup>。就本研究中 3 种植物叶片平均滞尘量而言,乔木叶片滞尘量明显大于灌木和草本,是滞尘能力优良的城市绿化树种选择,因受植物单叶面积大小、叶片组织结构以及树冠密集度、整株叶量多少

等因子制约,各滞尘量指标间不尽一致,在城市绿化树种的滞尘能力选择中应综合考虑。同时,植物叶片滞尘作用与所在街道、人为干扰情况及植物本身属性有关<sup>[16-18]</sup>,本研究中 3 种植物的滞尘能力与其所处的环境有很大的关系,在叶片的滞尘能力未达到饱和之前,植物的滞尘量随着环境中的粉尘的增多而增多,在植物叶片滞尘量达到饱和之后,滞尘量变化不大。此外,还与植物的株型、叶片特性、分枝方式有关,在外界环境下,降雨和大风是影响植物叶片滞尘的主要外界因素,乔木叶片生长速度较快,叶宽大而繁密,且其叶片较厚,有利于阻挡风力的干扰,因此滞尘较高,灌木和草本植物不利于接受地面的扬尘,且叶片条形

较为柔软,易受风力等外界环境因素的影响,不利于粉尘的滞留。由图1可知,3种植物春季和夏季叶片平均滞尘量大于秋季和冬季叶片滞尘量,可能是由于春季和夏季空气中悬浮颗粒较多,影响了滞尘量<sup>[16,19]</sup>,秋季和冬季不利于叶片对粉尘的滞留,同时叶片对粉尘的滞留能力是有限的,加之风力等外界因素的干扰,导致出现滞尘量下降的趋势。植物叶片饱和滞尘量在不同地区 and 不同环境下有所差异,在室外情况下,不同绿化植物春季和夏季叶面滞尘量达到饱和时间约为12 d,而秋季和冬季,不同绿化植物叶面滞尘量达到饱和时间约为9 d,较春季和夏季有所提前。植物所处的环境中粉尘总量是影响叶片滞尘能力的一个因素,也是影响叶片滞尘量达到饱和时间长短的一个因素<sup>[16-18]</sup>,本研究虽然分析了滞尘的试验数据,但对影响植物叶片滞尘效应的因素,尚未建立全面的数学模拟模型,在以后的研究工作中,需要将更多可能的影响因素进行综合分析研究。

大气颗粒物主要通过干、湿沉降到达植物叶表面,而地面扬尘等其它尘源也在其上积累形成叶面尘<sup>[20-21]</sup>。叶片表面细微结构对颗粒物产生的吸附作用在大多数树种中均存在,由于细微结构的差异性,不同细微结构对颗粒物的支持固定作用效果也不同<sup>[13-15,22]</sup>。本研究中乔木滞尘量最大,粒径偏小,一定程度上反映了该乔木所处街道的粉尘污染状况较为严重,并且乔木 $MP_{2.5}$ 与 $MP_{10}$ 的比例均高于灌木和草本,说明叶面降尘与所处地区的环境状况有一种关系,不同功能区滞尘量与叶面尘可吸入颗粒物百分比变化不一致,可能是因为各样点大气环境中颗粒物组分不同。污染物为可吸入颗粒物,3种植物叶片所吸收的灰尘中, $PM_{10}$ 在不同地区均占了一定比例,说明3种植物均能够滞留可吸入颗粒物,改善环境质量。

植物叶片蒙尘后对生理会造成影响,植物通过生理上的变化来抵御或减轻胁迫的损伤,叶片相对含水量是生理状态的一个重要指标,叶片能够维持较高含水量是其适应性的一种重要生理表现<sup>[11-12]</sup>。试验得出3种植物在蒙尘后相对含水量均有一定的下降,随着蒙尘时间的延长,植物相对含水量处于一定的稳定状态,且春季和夏季的变化量大于秋季和冬季。比叶重是衡量叶片光合作用性能的一个参数,大量研究表明,叶片的比叶重与叶片光合能力呈正相关<sup>[11-12]</sup>,植物在蒙尘后比叶重呈现出动态变化趋势,3种植物春季和夏季比叶重大于秋季和冬季,这可能与叶片的生长有一定的关系。叶片蒙尘后脯氨酸含量均有升高,说明污染物胁迫下脯氨酸含量积累是对逆境的一种生理适应,与杨志刚研究大气污染会导致脯氨酸含量

增加相一致<sup>[23]</sup>。植物在不同地点蒙尘后,产生大量自由基,体内抗氧化酶与抗氧化物质活性提高,脯氨酸大量积累,以阻止和减轻细胞膜质过氧化程度,这是植物抗御大气污染胁迫的适应和表现<sup>[11-12]</sup>。以叶片滞尘能力为因变量,车流量为自变量,运用一元线性回归分析,可以得到不同树种的滞尘能力与车流量之间的线性关系。由上述结果可知,同一树种的滞尘能力与车流量呈明显的正相关性,由此可以推断空气中颗粒物浓度越高,对同一树种来说,滞尘能力也越大。

#### 参考文献:

- [1] 李培,王新,柴发合,等.我国城市大气污染控制综合管理对策[J].环境与可持续发展,2011,36(5):8-14.
- [2] 方平,岑超平,唐子君,等.污泥焚烧大气污染物排放及其控制研究进展[J].环境科学与技术,2012,35(10):70-80.
- [3] 王奇,李明全.基于DEA方法的我国大气污染治理效率评价[J].中国环境科学,2012,32(5):942-946.
- [4] Zhou J, Qin F, Su J, et al. Purification of formaldehyde-polluted air by indoor plants of Araceae, Agavaceae and Liliaceae[J]. Journal of Food, Agriculture & Environment, 2011,9(3/4):1012-1018.
- [5] Xiao M, Lin Y, Han J, et al. A review of green roof research and development in China[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2014,40:633-648.
- [6] Kuang C Y, Jia M Y, Shyi M L. Numerical simulation and construction of using indoor plants to improve indoor air quality[J]. International Journal of Physical Sciences, 2011,6(33):7604-7613.
- [7] 高君亮,张景波,孙非,等.内蒙古磴口县10种园林绿化树种滞尘能力研究[J].干旱区资源与环境,2013,27(8):176-180.
- [8] 刘璐,管东生,陈永勤.广州市常见行道树种叶片表面形态与滞尘能力[J].生态学报,2013,33(8):2604-2614.
- [9] 王会霞,石辉,李秧秧.城市绿化植物叶片表面特征对滞尘能力的影响[J].应用生态学报,2010(12):3077-3082.
- [10] 赵世杰,许长成,邹琦,等.植物组织中丙二醛测定方法的改进[J].植物生理学通讯,1994,30(3):207-210.
- [11] 范晶,赵惠勋,李敏.比叶重及其与光合能力的关系[J].东北林业大学学报,2003,31(5):37-39.
- [12] 冯玉龙,曹坤芳,冯志立,等.四种热带雨林树种幼苗比叶重,光合特性和暗呼吸对生长光环境的适应[J].生态学报,2002,22(6):901-910.
- [13] 余曼,汪正祥,雷耘,等.兰州市主要绿化树种滞尘效应研究[J].环境工程学报,2009,3(7):1333-1339.
- [14] 周志翔,邵天一,王鹏程,等.武钢厂区绿地景观类型空间结构及滞尘效应[J].生态学报,2002,22(12):2036-2040.
- [15] 陈芳,周志翔,郭尔祥,等.城市工业区园林绿地滞尘效应的研究[J].生态学杂志,2006,25(1):34-38.

重要的作用,在枯落物层涵养水源方面,杨树林与其它人工林相比,具有林下枯落物层蓄积量大、吸水速度快、最大持水量、最大拦蓄量和有效拦蓄量高等特点。因此,杨树林枯落物层与其它人工林相比具有更为重要的水文生态意义,在阻滞降水到达地面后的水平移动,减缓地面径流的发生,以及降低雨水溅击地面的冲击力和减少水土流失的发生等方面作用更大。在土壤层方面,森林土壤持水能力远大于枯落物,是涵养水源的主体<sup>[14]</sup>。枯落物的分解有利于增大土壤的非毛管孔隙度,使土壤层具有良好的蓄水功能。杨树林土壤层的持水量和渗透速率都比其它林地高,其改善土壤物理性质、土壤贮蓄水分和调节水分的潜在能力优于其它人工林。所以结合经济作物林加强对杨树林的营造,对该地区的森林结构进行健康调节显得尤为重要,对于盱眙火山岩丘陵山地生态系统涵养水源和保水保土的功能具有重要的作用和意义。

虽然本研究从林地枯落物和土壤的涵养水源功能进行了研究,对盱眙火山岩丘陵山地人工林的水文过程及特征研究具有一定的指导意义。但是由于试验操作的局限性,未对林冠层截持降水进行分析,林冠截留数据的欠缺,使森林生态系统水源涵养总量数据偏小。有研究结果显示,森林生态系统林冠截留水占大气降水的 10%~40%<sup>[15]</sup>。在条件允许的情况下,如果对林冠截留降水过程进行定量研究,则能更准确反映该地区森林涵养水源功能,也有利于全面分析森林植被的水文过程。

#### 参考文献:

- [1] 韩永刚,杨玉盛. 森林水文效应的研究进展[J]. 亚热带水土保持,2007,19(2):20-25.
- [2] 李海防,范志伟,颜培栋,等. 不同年龄马尾松人工林水源涵养能力比较[J]. 福建林学院学报,2011,31(4):320-323.
- [3] 莫菲,于澎涛,王彦辉,等. 六盘山华北落叶松林和红桦林枯落物持水特征及其截持降雨过程[J]. 生态学报,2009,29(6):2868-2876.
- [4] 高岗,秦富仓. 东北农牧交错带小流域不同林草植被类型水源涵养功能综合评价[J]. 干旱区资源与环境,2009,23(6):9-12.
- [5] 沈会涛,由文辉,蒋跃. 天童常绿阔叶林不同演替阶段枯落物和土壤水文特征[J]. 华东师范大学学报,2010,11(6):35-44.
- [6] 孙昌平,刘贤德,雷蕾,等. 祁连山不同林地类型土壤特性及其水源涵养功能[J]. 水土保持通报,2010,30(4):68-77.
- [7] 张增信,闵俊杰,闫少锋,等. 苏南丘陵森林枯落物含水量及其影响因素分析[J]. 水土保持通报,2011,31(1):6-10.
- [8] 王佳跃. 盱眙火山岩山地土壤理化性质分析及土壤质量评价[D]. 南京:南京林业大学,2006.
- [9] 关继义,陈喜全. 森林土壤实验教程[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1992.
- [10] 马雪华,王淑元. 森林生态系统定位研究方法[M]. 北京:中国科学技术出版社,1994.
- [11] 鲍士旦土壤农化分析[M]. 2版. 北京:农业出版社,1988.
- [12] 孙艳红,张洪江,程金花,等. 重庆缙云山林地枯落物及土壤水文效应研究[J]. 中国水土保持科学,2006,4(3):31-35.
- [13] 雷瑞德. 秦岭火地塘林区华山松林水源涵养功能的研究[J]. 西北林学院学报,1984,1(1):19-33.
- [14] 张雷燕,刘常富,王彦辉,等. 宁夏六盘山南侧森林枯落物及土壤水文生态功能研究[J]. 林业科学研究,2007,20(1):15-20.
- [15] 温远光,世荣. 我国主要森林生态系统类型降水截留规律的数量分析[J]. 林业科学,1995,31(4):289-298.

(上接第183页)

- [16] 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.
- [17] Liu L, Guan D, Peart M R. The morphological structure of leaves and the dust-retaining capability of afforested plants in urban Guangzhou, South China[J]. Environmental Science and Pollution Research,2012,19(8):3440-3449.
- [18] 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.
- [19] Rubin M, Berman-Frank I, Shaked Y. Dust-and mineral-iron utilization by the marine dinitrogen-fixer *Trichodesmium* [J]. Nature Geoscience,2011,4(8):529-534.
- [20] 梁婷,同延安,林文,等. 陕西省不同生态区大气氮素干湿沉降的时空变异[J]. 生态学报,2014,34(3):738-745.
- [21] 王传飞,王小萍,龚平,等. 植被富集持久性有机污染物研究进展[J]. 地理科学进展,2013,32(10):1555-1566.
- [22] 张家洋,刘兴洋,邹曼,等. 37种道路绿化树木滞尘能力的比较[J]. 云南农业大学学报:自然科学版,2013,28(6):905-912.
- [23] 杨志刚. 大气污染对香樟叶片几种生理生化指标的影响[J]. 常熟高专学报,2003,17(2):73-75.