

周旭丹,安佰仪,王薇,等. 北方城市不同植物滞尘效应季节变化[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):489-493.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.141

北方城市不同植物滞尘效应季节变化

周旭丹,安佰仪,王薇,陈丽飞,孙晓刚

(吉林农业大学园艺学院,吉林长春 130118)

摘要:以北方城市(吉林省长春市)不同街道的乔木(槐树和榆树)、灌木(杜鹃和黄杨)、草本(黑麦草和三叶草)3种植物为试材,研究不同植物滞尘效应季节变化及蒙尘后的生理响应。结果表明,3种植物平均单位面积滞尘量依次为乔木>灌木>草本;夏季3种植物叶面滞尘量达到饱和约需12d,秋季达到饱和约需9d,3种植物秋季叶片平均滞尘量大于夏季叶片滞尘量;对叶面尘粒径分析表明,叶面尘中滞留的颗粒物大多数是TSP(悬浮颗粒物),同时对PM₁₀和PM_{2.5}均有一定量的吸收,降尘物中PM_{2.5}、PM₁₀、TSP相对含量均以乔木最高,灌木和草本较低,3种植物的PM_{2.5}和PM₁₀差异显著($P<0.05$),而TSP差异并不显著($P>0.05$);随着叶片蒙尘时间延长,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种植物叶片秋季相对含水量、比叶重和脯氨酸含量均高于夏季。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:北方城市;绿化植物;滞尘效应;季节变化

中图分类号:S812.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)08-0489-05

随着城市化和工业化的推进,大气粉尘污染给人类带来了新的生存危机,我国大量城市大气粉尘超标现象严重,已经对人类的健康造成了严重影响,也对城市本身的生存与发展提出严峻的挑战^[1-3]。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作用^[4-6],不同树种因其本身的生物学特性的差异,滞尘能力也有较大差异,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^[4-6]。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还比较少^[7-9]。因此,笔者以北方城市主要绿化树种为研究对象,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,为选择适合吉林省长春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 试验材料

2013年6月初和10月初雨后,分别在长春市不同街道采集3种植物叶片,每3d同一时间采集1次样本,采样时带

收稿日期:2015-07-09

基金项目:吉林省科技厅科研项目(编号:20130206071NY)。

作者简介:周旭丹(1980—),女,副教授,硕士生导师,主要从事景观生态恢复研究。E-mail:zhouxvd@163.com。

(Spreng.) Mey. and Flot. in Córdoba, Argentina [J]. Environmental Pollution, 1996, 91(3):269-277.

[3] 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,2013,28(6):905-912.

[4] Allen A G, Nemitz E, Shi J P, et al. Size distributions of trace metals in atmospheric aerosols in the United Kingdom [J]. Atmospheric Environment, 2001, 35(27):4581-4591.

[5] Harrison R M, Yin J. Particulate matter in the atmosphere; which particle properties are important for its effects on health? [J]. Science of the Total Environment, 2000, 249(1/2/3):85-101.

[6] 戴斯迪,马克明,宝乐. 北京城区行道树国槐叶面尘分布及重金属污染特征[J]. 生态学报,2012,32(16):5095-5102.

[7] Thorpe A, Harrison R M. Sources and properties of non-exhaust particulate matter from road traffic; a review [J]. Science of the Total Environment, 2008, 400(1/2/3):270-282.

[8] Rachwal M, Magiera T, Wawer M. Coke industry and steel metallurgy as the source of soil contamination by technogenic magnetic particles, heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons [J].

Chemosphere, 2015, 138:863-873.

[9] Saint-pierre T D, Dias L F, Sandra M, et al. Determination of Cd, Cu, Fe, Pb and Tl in gasoline as emulsion by electrothermal vaporization inductively coupled plasma mass spectrometry with analyte addition and isotope dilution calibration techniques [J]. Spectrochimica Acta Part B - Atomic Spectroscopy, 2004, 59(4):551-558.

[10] Li X, Poon C S, Liu P S. Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong [J]. Applied Geochemistry, 2001, 16(11/12):1361-1368.

[11] 郭广慧,雷梅,陈同斌,等. 交通活动对公路两侧土壤和灰尘中重金属含量的影响[J]. 环境科学学报,2008,28(10):1937-1945.

[12] 田媛,郭希娟,刘效兰. 北京市不同功能区土壤重金属污染探究[J]. 环境科学与技术,2010,33(12F):83-86.

[13] 李晓燕,刘艳青. 我国城市不同功能区地表灰尘重金属分布及来源[J]. 环境科学,2013,34(9):3648-3653.

[14] 李如忠,周爱佳,童芳,等. 合肥市城区地表灰尘重金属分布特征及环境健康风险评估[J]. 环境科学,2011,32(9):2661-2668.

上聚乙烯塑料手套,分别从东、西、南、北4个方向均匀采集成熟叶片12张,样品选择能够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 各指标的测定

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,浸洗掉叶片上的附着物,浸泡过程中注意要不断地搅拌,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,万分之一天平称质量,2次称质量之差(m),即采集样品上所附着的降尘颗粒物的质量,夹出的叶片晾干后,用叶面积测定仪测叶面积(A),即可得出叶面积滞尘量(g/m^2)为 m/A 。

1.2.2 叶面尘粒径测定 将样品置于70℃烘箱中烘干至恒质量,称2 g降尘样过40目筛,取降尘样1.0 g溶解于300 mL蒸馏水中,并使其充分扩散,用粒度分析仪进行粒径分析,PM₁₀和PM_{2.5}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^[10]。

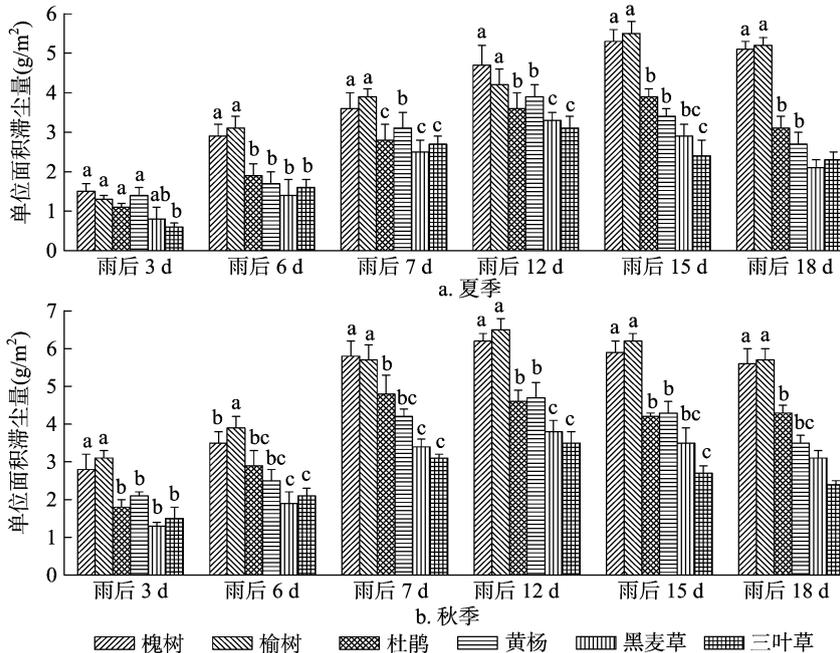
1.3 数据处理

使用Excel 2003和SPSS 18.0进行数据统计和检验,作单因素方差分析(One-way ANOVA),显著性采用LSD法检验,用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,由图1可知,夏季前18 d内,随着时间的累积,不同绿化植物单位面积滞尘量不断增加,到12 d时滞尘量变化不大。即在室外情况下,不同绿化植物夏季叶面滞尘量达到饱和约需12 d;而秋季不同绿化植物叶面滞尘量达到饱和约需9 d;3种植物的平均单位面积滞尘量从大到小依次为乔木(槐树、榆树) > 灌木(杜鹃、黄杨) > 草本(黑麦草、三叶草),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。3种植物秋季叶片平均滞尘量大于夏季叶片平均单位面积滞尘量,可能是由于秋季气候干燥,空气中悬浮颗粒较多,而夏季空气湿度较大,影响了滞尘量。夏季雨水充沛,即使是晴天,空气湿度也较大,不利于叶片对粉尘的滞留,同时叶片对粉尘的滞留能力也有限,加之风力等外界因素的干扰,导致出现滞尘量下降的趋势。



不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

图1 不同植物滞尘能力比较

2.2 不同植物叶片滞尘颗粒物

从表1可知,不同植物降尘的粒径主要分布在2.5~100 μm之间,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,PM₁₀(粒径 < 10 μm)是危害人类健康的最主要颗粒物,而PM_{2.5}(粒径 < 2.5 μm)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PM_{2.5}、PM₁₀、

TSP(悬浮颗粒物)相对含量均以乔木最高,灌木和草本较低,其中PM_{2.5}和PM₁₀在乔木、灌木、草本植物中均差异显著($P < 0.05$),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。

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

表1 不同植物叶面降尘的粒径分布

植物类型	植物	不同粒径的颗粒累积分布(%)			>100 μm 颗粒物含量(%)	平均粒径(μm)	比表面积(m ⁻¹)
		PM _{2.5}	PM ₁₀	TSP			
乔木	槐树	1.35 ± 0.21a	55.62 ± 5.21a	99.96 ± 0.12a	0.02 ± 0.01b	9.23 ± 0.87b	0.62 ± 0.08a
	榆树	1.42 ± 0.09a	54.13 ± 4.36a	99.98 ± 0.24a	0.01 ± 0.01b	9.15 ± 1.02b	0.60 ± 0.09a
灌木	杜鹃	0.86 ± 0.14b	45.32 ± 2.89b	99.90 ± 0.09a	0.06 ± 0.02a	10.36 ± 1.56a	0.56 ± 0.13a
	黄杨	0.91 ± 0.08b	44.20 ± 3.75b	99.93 ± 0.15a	0.04 ± 0.03ab	10.78 ± 0.98a	0.59 ± 0.07a
草本	黑麦草	0.31 ± 0.13c	40.02 ± 5.03c	99.90 ± 0.18a	0.06 ± 0.03a	11.40 ± 1.23a	0.63 ± 0.07a
	三叶草	0.27 ± 0.08c	38.79 ± 4.12c	99.90 ± 0.21a	0.07 ± 0.04a	11.52 ± 1.36a	0.61 ± 0.14a

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

标。由表2可知,3种植物在蒙尘后相对含水量均呈现先下降后上升的趋势,这可能是植物蒙尘受到胁迫后的一种生理反应,槐树、榆树、杜鹃、黄杨、黑麦草、三叶草夏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%、0.83%~0.91%、0.87%~0.94%、0.91%~0.96%,秋季相对含水量的变化范围分别为0.78%~0.84%、0.75%~0.84%、0.85%~0.92%、0.85%~0.91%、0.87%~0.95%、0.92%~0.98%,植物相对含水量夏季变化较为明显,而秋季变化相对较小,并且秋季相对含水量均高于夏季,这可能是受气候、环境以及人类活动的影响。

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质量,能够明显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^[11-12]。由表3可知,不同植物比叶重呈现出动态的变化,3种植物比叶重夏季和秋季呈现出先上升后下降的变化趋势。槐树、榆树、杜鹃、黄杨、黑麦草、三叶草夏季比叶重的变化范围分别为79~95、76~92、74~82、76~84、69~79、69~77 g/m²,秋季比叶重的变化范围分别为112~140、105~139、102~124、108~124、101~113、97~117 g/m²。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,秋季的比叶重普遍比夏季大,这可能是由于老叶的比叶重大于新叶。

表2 不同植物相对含水量

植物类型	植物	季节	各植物蒙尘不同时间后的相对含水量(%)					
			雨后3 d	雨后6 d	雨后9 d	雨后12 d	雨后15 d	雨后18 d
乔木	槐树	夏季	0.82 ± 0.12a	0.76 ± 0.24b	0.77 ± 0.09ab	0.78 ± 0.11ab	0.81 ± 0.24a	0.84 ± 0.27a
		秋季	0.83 ± 0.23a	0.79 ± 0.21a	0.78 ± 0.07a	0.81 ± 0.07a	0.84 ± 0.23a	0.82 ± 0.26a
	榆树	夏季	0.80 ± 0.15a	0.76 ± 0.18ab	0.73 ± 0.15b	0.72 ± 0.10b	0.79 ± 0.21ab	0.81 ± 0.19a
		秋季	0.79 ± 0.14ab	0.75 ± 0.09b	0.78 ± 0.09 ab	0.81 ± 0.23ab	0.82 ± 0.30a	0.84 ± 0.24a
灌木	杜鹃	夏季	0.86 ± 0.21a	0.84 ± 0.14ab	0.82 ± 0.15b	0.85 ± 0.22a	0.87 ± 0.34a	0.88 ± 0.23a
		秋季	0.91 ± 0.20a	0.87 ± 0.08a	0.88 ± 0.13a	0.85 ± 0.20a	0.92 ± 0.32a	0.90 ± 0.13a
	黄杨	夏季	0.87 ± 0.18a	0.85 ± 0.13ab	0.83 ± 0.21b	0.84 ± 0.17ab	0.86 ± 0.19a	0.91 ± 0.25a
		秋季	0.89 ± 0.19a	0.87 ± 0.18ab	0.85 ± 0.25b	0.86 ± 0.15ab	0.91 ± 0.25a	0.88 ± 0.19a
草本	黑麦草	夏季	0.92 ± 0.24a	0.89 ± 0.21ab	0.87 ± 0.22b	0.91 ± 0.14a	0.94 ± 0.24a	0.92 ± 0.18a
		秋季	0.91 ± 0.26ab	0.90 ± 0.20ab	0.87 ± 0.20b	0.92 ± 0.11a	0.93 ± 0.19a	0.95 ± 0.17a
	三叶草	夏季	0.96 ± 0.20a	0.95 ± 0.14a	0.91 ± 0.15a	0.94 ± 0.08a	0.96 ± 0.24a	0.95 ± 0.25a
		秋季	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($P < 0.05$)。表3、表4同。

表3 不同植物比叶重

植物类型	植物	季节	各植物蒙尘不同时间后的比叶重(g/m ²)					
			雨后3 d	雨后6 d	雨后9 d	雨后12 d	雨后15 d	雨后18 d
乔木	槐树	夏季	79 ± 7d	81 ± 9d	89 ± 9b	95 ± 7a	87 ± 11bc	85 ± 13c
		秋季	112 ± 15d	127 ± 16c	133 ± 16b	140 ± 9a	135 ± 12b	130 ± 12bc
	榆树	夏季	76 ± 6c	80 ± 15c	92 ± 21a	89 ± 10ab	85 ± 9b	87 ± 15ab
		秋季	105 ± 12d	113 ± 8c	129 ± 19b	134 ± 9a	139 ± 15a	127 ± 16b
灌木	杜鹃	夏季	74 ± 8b	76 ± 9ab	79 ± 18a	82 ± 8a	78 ± 21a	75 ± 17ab
		秋季	102 ± 9d	113 ± 10bc	124 ± 13a	119 ± 10b	115 ± 14bc	107 ± 10c
	黄杨	夏季	77 ± 12ab	78 ± 11ab	81 ± 12a	84 ± 21a	82 ± 16a	76 ± 9b
		秋季	108 ± 14c	118 ± 16b	124 ± 9a	122 ± 15a	117 ± 13b	109 ± 8c
草本	黑麦草	夏季	72 ± 13b	74 ± 17ab	75 ± 8a	79 ± 17a	73 ± 17ab	69 ± 14c
		秋季	101 ± 8d	108 ± 10c	113 ± 11b	117 ± 15a	109 ± 22c	103 ± 13d
	三叶草	夏季	69 ± 9c	71 ± 9bc	73 ± 10b	77 ± 16a	75 ± 20ab	72 ± 20bc
		秋季	97 ± 11d	103 ± 8c	110 ± 8b	117 ± 21a	112 ± 19b	104 ± 17c

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^[11-12]。由表4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种植物脯氨酸含量在夏季和秋季均呈现出先上升后下降的变化趋势。槐树、榆树、杜鹃、黄杨、黑麦草、三叶草夏季脯氨酸含量的变化范围分别为23.82~39.45、24.78~

42.07、17.23~31.54、15.74~29.74、13.56~19.05、14.19~21.51 μg/g,秋季脯氨酸含量的变化范围分别为25.45~41.29、27.21~43.23、19.26~35.78、16.23~31.52、14.18~21.38、15.06~23.79 μg/g。综合比较来看,脯氨酸含量从大到小依次为乔木>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种植物脯氨酸含量秋季大于夏季。

表4 不同植物脯氨酸含量

植物类型	植物	季节	各植物蒙尘不同时间后的脯氨酸含量(μg/g)					
			3 d	6 d	9 d	12 d	15 d	18 d
乔木	槐树	夏季	23.82 ± 3.2d	27.12 ± 3.6c	36.18 ± 4.2b	39.45 ± 4.5a	35.78 ± 2.6b	29.41 ± 3.2c
		秋季	25.45 ± 2.5e	29.13 ± 1.5d	38.14 ± 3.8b	41.29 ± 4.2a	37.41 ± 2.9b	34.56 ± 2.4c
	榆树	夏季	24.78 ± 3.4d	26.32 ± 4.2cd	38.15 ± 4.0ab	42.07 ± 3.5a	36.18 ± 3.2b	32.45 ± 2.9c
		秋季	27.21 ± 2.1d	29.78 ± 3.8cd	40.01 ± 3.2b	43.23 ± 3.4a	38.76 ± 3.5b	33.02 ± 3.0c
灌木	杜鹃	夏季	17.23 ± 1.8c	19.45 ± 2.7bc	29.38 ± 2.8a	28.76 ± 3.7a	31.54 ± 3.4a	22.37 ± 1.8b
		秋季	19.26 ± 2.6d	21.35 ± 2.4c	32.21 ± 2.1b	35.78 ± 2.9a	34.10 ± 3.6ab	25.04 ± 1.9c
	黄杨	夏季	15.74 ± 3.2d	21.36 ± 2.3c	28.45 ± 1.8a	26.54 ± 4.3b	29.74 ± 2.5a	23.03 ± 2.4bc
		秋季	16.23 ± 3.4e	23.00 ± 3.0d	29.11 ± 2.7a	28.74 ± 4.5b	31.52 ± 2.8a	26.78 ± 2.6c
草本	黑麦草	夏季	13.56 ± 2.8d	15.13 ± 1.8c	18.26 ± 2.3ab	19.05 ± 3.1a	17.22 ± 3.0b	15.38 ± 3.2c
		秋季	14.18 ± 2.4d	16.78 ± 2.4c	19.54 ± 1.5b	21.38 ± 2.5a	19.24 ± 3.7b	18.56 ± 2.7b
	三叶草	夏季	14.19 ± 3.0c	17.52 ± 2.3b	20.38 ± 2.3a	21.51 ± 2.8a	18.36 ± 2.1ab	19.10 ± 2.9ab
		秋季	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的关系

根据植物的滞尘能力及相应的车流量,分析叶片滞尘能力与车流量的相关性。结果显示,槐树和榆树的滞尘能力与车流量之间的决定系数 r^2 分别为0.901 2、0.853 7,呈极显著正相关性($P < 0.01$),回归方程分别为 $y = 0.037 2x - 0.723 5$ 、 $y = 0.017 6x - 0.153 7$;杜鹃和黄杨的滞尘能力与车流量之间的决定系数 r^2 分别为0.953 1、0.912 4,呈极显著正相关性($P < 0.01$),回归方程分别为 $y = 0.008 5x + 0.509 2$ 、 $y =$

$0.034 1x - 1.253 7$;黑麦草和三叶草的滞尘能力与车流量之间的决定系数 r^2 分别为0.837 5、0.804 5,呈极显著正相关性($P < 0.01$),回归方程分别为 $y = 0.051 4x - 0.214 7$ 、 $y = 0.067 9x + 0.021 4$ 。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。综上所述,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5 不同植物滞尘能力与车流量关系

植物	回归方程	决定系数 r^2	调整 r^2	P 值	自由度 n
槐树	$y = 0.037 2x - 0.723 5$	0.901 2	0.845 6	0.000 **	10
榆树	$y = 0.017 6x - 0.153 7$	0.853 7	0.804 1	0.001 **	10
杜鹃	$y = 0.008 5x + 0.509 2$	0.953 1	0.915 7	0.003 **	10
黄杨	$y = 0.034 1x - 1.253 7$	0.912 4	0.852 3	0.002 **	10
黑麦草	$y = 0.051 4x - 0.214 7$	0.837 5	0.765 4	0.000 **	10
三叶草	$y = 0.067 9x + 0.021 4$	0.804 5	0.730 7	0.005 **	10

注:**、*表示相关性在0.01、0.05水平上差异显著(双尾)。x、y分别表示车流量(辆/min),滞尘能力(g/m^2)。

3 结论与讨论

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^[7-9,13-15]。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,说明植物滞尘能力的绝对性^[16-18]。本研究结果显示,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,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

片滞尘作用与所在植物街道、人为干扰情况及植物本身属性有关^[16-18],本研究3种植物的滞尘能力与其所处的环境有很大关系,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,因此滞尘量较高;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,因此滞尘量较低。由图1可知,3种植物秋季叶片平均滞尘量大于夏季叶片滞尘量,可能是由于秋季气候干燥,空气中悬浮颗粒较

多,而夏季空气湿度较大,影响了滞尘量^[16,19],夏季雨水充沛,即使是晴天,空气湿度也较大,不利于叶片对粉尘的滞留,同时叶片对粉尘的滞留能力有限,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和不同环境下有所不同,在室外环境下,不同绿化植物夏季叶面滞尘量达到饱和约需 12 d,而秋季不同绿化植物叶面滞尘量达到饱和约需 9 d,较夏季有所提前。植物所处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和时间长短的一个因素^[16-18],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,而地面扬尘等其他尘源也在其上积累形成叶面尘^[20-21]。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^[13-15,22]。本研究中乔木滞尘量最大,粒径偏小,一定程度上反映了乔木所处街道的粉尘污染状况较为严重,并且乔木 PM_{2.5}与 PM₁₀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定的关系,不同功能区滞尘量与叶面尘可吸入颗粒物的比例变化不一致,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,PM₁₀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^[11-12]。本试验结果显示,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,且夏季的变化量大于秋季。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^[11-12],植物在蒙尘后比叶重呈现出动态变化趋势,3种植物秋季比叶重大于夏季,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的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的结果^[23]相一致。植物在不同地点蒙尘后,产生大量自由基,体内抗氧化酶活性与抗氧化物质含量提高,脯氨酸大量积累,以阻止和减轻细胞膜质过氧化程度,这是植物抵御大气污染胁迫的适应和表现^[11-12]。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。综上可知,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(2):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(40):633-648.
[6]Yu K C, Yu J M, Lai S M. Numerical simulation and construction of using indoor plants to improve indoor air quality[J]. International Journal of Physical Sciences, 2011, 33(6):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.武汉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——以武汉钢铁公司厂区绿地为例[J].生态学杂志,2006,25(1):34-38.
[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. 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.