

文章编号:1001-7380(2018)06-0039-05

植物叶片表面特征对吸附 $\text{PM}_{2.5}$ 能力的影响研究

王 磊, 万 欣, 江 浩, 何冬梅, 王 火, 祝亚云

(江苏省林业科学研究院, 江苏 南京 211153)

摘要:以南京市6种常见绿化植物为对象,通过测定叶片对 $\text{PM}_{2.5}$ 吸附量和观测叶表面超微结构,探讨了叶片表面特征对吸附 $\text{PM}_{2.5}$ 功能的影响。结果表明:6种植物中,雪松叶片单位面积吸附 $\text{PM}_{2.5}$ 的量最大,为 $10.21 \mu\text{g}/\text{cm}^2$,其次为龙柏、悬铃木、广玉兰和桂花,海桐吸附值最小,为 $1.79 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 。超微电镜观测结果显示,雪松的气孔最大,海桐的气孔最小,法桐表面粗糙有绒毛,广玉兰的表面光滑。由此可见,叶表面气孔大小、是否有蜡质层是影响叶片吸附 $\text{PM}_{2.5}$ 的重要因素。

关键词:植物叶片; $\text{PM}_{2.5}$; 表面超微结构; 悬铃木; 广玉兰; 雪松

中图分类号: X171.115

文献标志码: A

doi: 10.3969/j.issn.1001-7380.2018.06.010

Study on the influence of plant leaf surface characteristics on $\text{PM}_{2.5}$ adsorption capacity

Wang Lei, Wan Xin, Jiang Hao, He Dongmei, Wang Huo, Zhu Yayun

(Forestry of Academy of Jiangsu, Nanjing 211153 China)

Abstract: In this study, six common green plants in Nanjing were selected as the objects, and the functional mechanism of $\text{PM}_{2.5}$ adsorption by common green plants in Nanjing was discussed by measuring the amount of $\text{PM}_{2.5}$ adsorption on the leaves and observing the ultrastructure of the leaf surface. The results showed that among the six plants, leaves of the *Cedrus deodara* (Roxb.) G. Don had the strongest $\text{PM}_{2.5}$ adsorption capacity per unit area, which reached $10.21 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, followed by *Sabina chinensis* cv. Kaizuka, *Platanus acerifolia*, *Magnolia grandiflora* Linn and *Osmanthus fragrans*, and *Pittosporum tobira* trees had the lowest adsorption value, which was $1.79 \mu\text{g}/\text{cm}^2$. The results of ultrafine electron microscopy showed that the porosity of *Cedrus deodara* (Roxb.) G. Don was the largest; On the contrary, the stomata of *Pittosporum tobira* was the smallest. The adsorption amount of $\text{PM}_{2.5}$ of the rough *Platanus acerifolia* leaves was larger than that of the smooth *Magnolia grandiflora* Linn leaves. It could be seen that the size of pores on the leaf surface, as well as the presence of waxy layer was important for affecting the absorption of $\text{PM}_{2.5}$.

Key words: Plant leaf; $\text{PM}_{2.5}$; Adsorption capacity; Surface ultrastructure; *Platanus acerifolia*; *Magnolia grandiflora*; *Cedrus deodara*

随着人们对生活环境的要求日益提高,大气颗粒物 $\text{PM}_{2.5}$ 备受社会和科学界的广泛关注^[1-6]。已有研究证实,植物的叶片可通过吸附大气颗粒物来降低大气污染物的浓度,且不同植物吸附大气颗粒物能力具有显著的差异^[7-10]。系统研究城市常见植物吸附 $\text{PM}_{2.5}$ 能力并探讨植物滞尘机制,对于筛选

城市植物种类,消减城市大气污染物,提高城市大气环境质量具有非常重要的指导意义。因此,本研究以南京市6种常见绿化植物为研究对象,通过气溶胶试验和超微电镜试验测定植物叶片吸附 $\text{PM}_{2.5}$ 能力并分析叶片的表面特征,探讨植物叶片吸附 $\text{PM}_{2.5}$ 的作用机理,为筛选城市绿化优良树种提供一

收稿日期:2018-10-23;修回日期:2018-12-02

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金项目“消减 $\text{PM}_{2.5}$ 的农田林网树种筛选与配置模式研究”[CX(17)3055];“十二五”国家科技支撑计划项目子课题“浙江及江苏区域城镇景观林综合保健功能评价利用技术示范”(2015BAD07B06)

作者简介:王 磊(1980-),男,江苏宜兴人,副研究员,博士。主要从事城市森林生态学的研究。

定的科学依据。

1 材料与方法

1.1 气溶胶试验

1.1.1 采样地点和树种选择 以南京市南郊江苏省林业科学研究院为采样地点,选择雪松(*Cedrus deodara* (Roxb.) G. Don)、龙柏(*Sabina chinensis* cv. kaizuka)、广玉兰(*Magnolia Grandiflora* Linn)、悬铃木(*Platanus acerifolia*)、桂花(*Osmanthus fragrans*)、海桐(*Pittosporum tobira*) 6 种常见绿化树种为研究对象。

1.1.2 叶片采集方法 6 月每树种选择生长状况良好、树龄相近的植株 3 株,在乔木株高 2—3 m、灌木株高 1—2 m 处采集叶片。根据叶片大小每株树采集叶片 100—200 g,叶片要求成熟、完整、无病虫害和断残。把采下来的叶片立即放入自封袋中,带到实验室进行试验。

1.1.3 单位叶面积颗粒物吸附量测定 本研究采用气溶胶试验法对植物叶片吸附 $PM_{2.5}$ 浓度进行测定^[6,10,12]。将待测的植物叶片放入气溶胶再发生器(型号:QRJZFSQ-I)的料盒中,运用风蚀原理,设置好工作参数,机器将叶片上吸附的大气颗粒物吹起、混匀,形成气溶胶。然后,利用 DUSTMATE 便携式粉尘监测仪测定仪器内气溶胶中 $PM_{2.5}$ 的量 $M_{2.5}$ 。每种植物进行重复试验 3 次,并记录仪器数据处理界面显示的 $PM_{2.5}$ 的数据。

利用叶面积仪测量每种植物叶片的平均面积 S (单位: cm^2)。

树种单位叶面积吸附 $PM_{2.5}$ 量 $C_{2.5}$ 的计算公式为 $C_{2.5} = M_{2.5} / S$

式中, $M_{2.5}$ 为气溶胶仪器内测定的叶片吸附

$PM_{2.5}$ 的量 (μg); S 为叶片的平均面积 (cm^2)

1.2 植物叶片超微电镜试验

扫描电镜法是指在高倍电子显微镜下观察叶片表面,并结合图像处理软件对影像进行处理,是观测植物叶片超微结构的常用方法^[8-9]。

超微电镜试验在南京林业大学分析测试中心进行,扫描电镜型号:QUANTA200,测量各叶片表面的气孔大小,观察绒毛的形状,比较分析 6 种植物叶片的表面气孔大小及表面结构特征。

2 结果与分析

2.1 不同植物叶片吸附 $PM_{2.5}$ 能力的比较

结果见表 1。由表 1 可见,不同种植物叶片吸附 $PM_{2.5}$ 的能力具有显著差异。6 种植物中,雪松叶片单位面积吸附 $PM_{2.5}$ 的量最大,为 $10.21 \mu g/cm^2$,其次为龙柏、悬铃木、广玉兰和桂花,海桐吸附值最小,为 $1.79 \mu g/cm^2$ 。

表 1 不同植物叶片吸附 $PM_{2.5}$ 的浓度

植物种类	$PM_{2.5}$ 吸附量/($\mu g/cm^2$)
雪松	10.21
龙柏	8.47
广玉兰	3.99
悬铃木	4.05
桂花	2.16
海桐	1.79

2.2 不同植物叶片超微结构的比较研究

比较分析 6 种植物叶片的表面气孔大小及表面结构特征,叶片超微结构扫描照片如图(1,2,3,4,5,6)所示:

比较分析 6 种植物对 $PM_{2.5}$ 的吸附量和气孔大小、叶表面特征,结果如表 2。

表 2 不同植物叶片超微结构的比较

叶片结构	雪松	龙柏	悬铃木	广玉兰	桂花	海桐
表面特征	针形叶,表面有较厚的蜡质层	鳞形叶,蜡质层多是丝絮状,表面有不规则突起	叶片叶脉密集呈网状,背面有大量绒毛	叶正表面光滑油亮,背面有少许绒毛	叶片表面较光滑,无蜡质层	叶片表面较光滑,无蜡质层
气孔直径/ μm	18.22—40.52	30.27—55.52	29.58—32.22	23.63—26.39	23.77—29.29	18.75—24.24

由表 2 可知,雪松的气孔最大,对 $PM_{2.5}$ 的吸附量最大的,海桐的气孔最小,对 $PM_{2.5}$ 的吸附量最小。表面粗糙有绒毛的悬铃木对 $PM_{2.5}$ 的吸附量比表面光滑

的广玉兰的吸附量大。由此可见,叶表面气孔大小、是否有蜡质层是影响叶片吸附 $PM_{2.5}$ 的重要因素。叶表面特征与吸附 $PM_{2.5}$ 能力成正相关的关系。

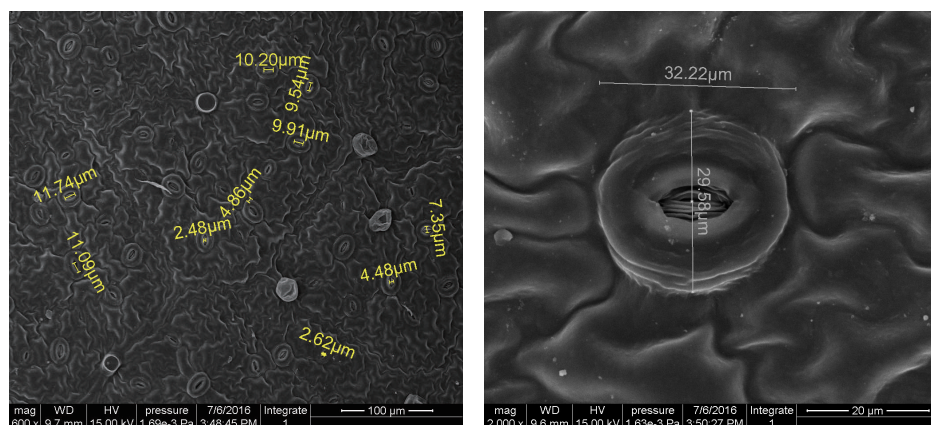


图1 悬铃木

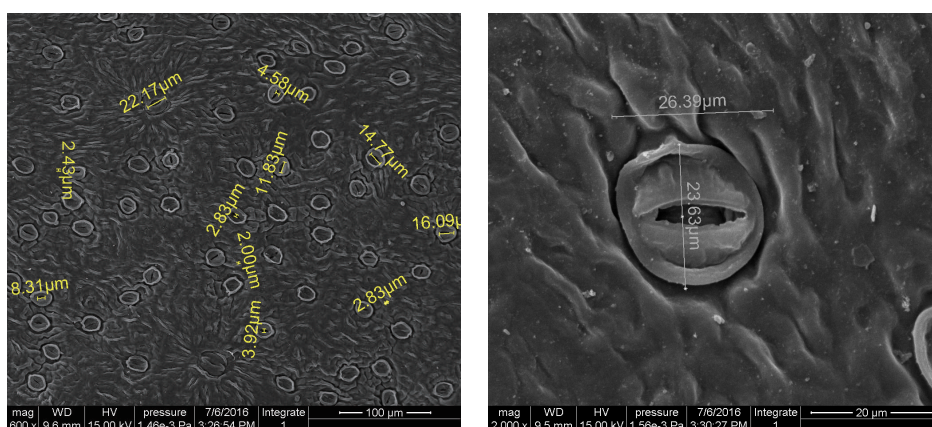


图2 广玉兰

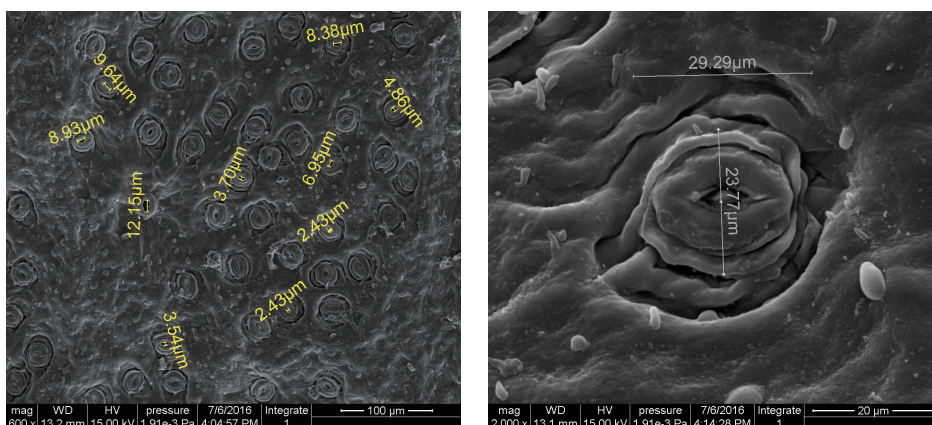


图3 桂花

3 讨论

本次研究的结果,印证了植物叶片的粗糙程度、附着绒毛的形状及气孔大小直接影响叶片滞尘能力的结论^[10-14]。但由于区域污染的差异性,不同污染环境下植物吸附颗粒物的能力也会有变化,因

此本研究也具有一定的局限性^[15-16]。后续研究将根据不同的地域环境筛选代表树种,并对各树种吸附 $PM_{2.5}$ 能力进行定量分析,测算出各树种单位面积吸附 $PM_{2.5}$ 的滞留量,并依据该区域大气污染物的主要成分,有针对性地筛选易吸收相对应污染物的植被。

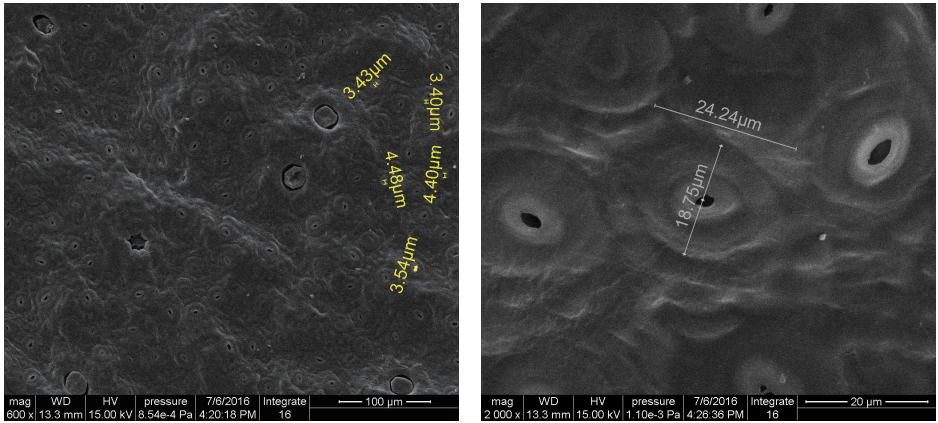


图 4 海桐

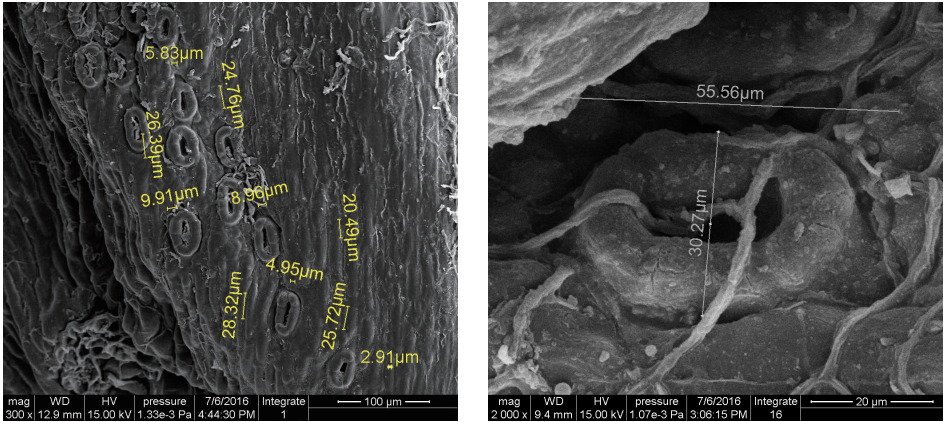


图 5 龙柏

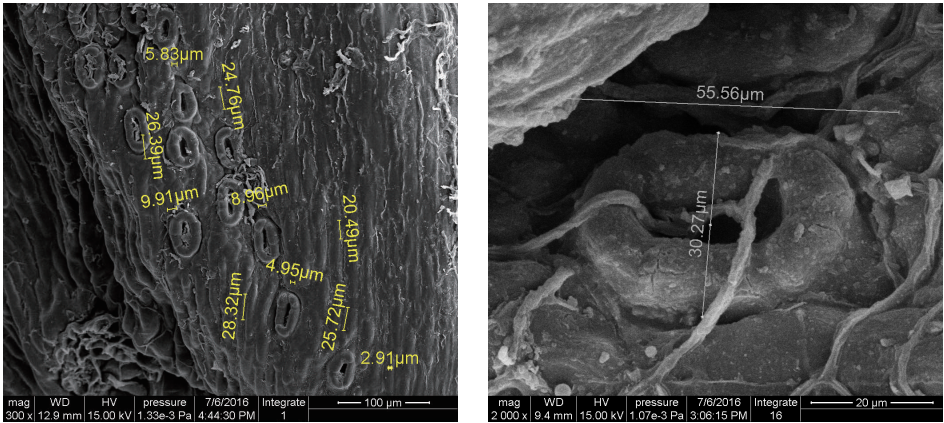


图 6 雪松

参考文献:

[1] WALSH M P. PM_{2.5}: global progress in controlling the motor vehicle contribution [J]. Frontiers of Environmental Science and Engineering, 2014, 8(1): 1-17.

[2] JORQUERA H, BARRAZA F. Source apportionment of ambient PM_{2.5} in Santiago, Chile: 1999 and 2004 results [J]. Science of the Total Environment, 2012, 435-436: 418-429.

[3] JIMENEZ J R, CLAIBORN C S, DHAMMAPALA R S, et al. Methoxyphenols and levoglucosan ratios in PM_{2.5} from wheat and Kentucky bluegrass stubble burning in eastern Washington and Northern Idaho [J]. Environmental Science and Technology, 2007, 41(22): 7824-7829.

[4] DENG W J, LOUIE P K K, LIU W K, et al. Atmospheric levels and cytotoxicity of PAHs and heavy metals in TSP and PM_{2.5} at an electronic waste recycling site in southeast China [J]. Atmospheric Environment, 2006, 40(36): 6945-6955.

- [5] BRITO K C T D, LEMOS C T D, ROCHA J A V, et al. Comparative genotoxicity of airborne particulate matter (PM_{2.5}) using *Salmonella*, plants and mammalian cells [J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2013, 94: 14-20.
- [6] 张维康.北京市主要树种滞纳空气颗粒物功能研究[D].北京:北京林业大学,2016.
- [7] 郭伟,申屠雅瑾,郑述强,等.城市绿地滞尘作用机理和规律的研究进展[J].*生态环境学报*,2010,19(6):1465-1470.
- [8] 俞学如.南京市主要绿化树种叶面滞尘特征及其与叶面结构的关系[D].南京:南京林业大学,2008.
- [9] 石辉,王会霞,李秧秧,等.女贞和珊瑚树叶片表面特征的AFM观察[J].*生态学报*,2011,31(5):1471-1477.
- [10] 张维康,王兵,牛香.北京市不同污染地区园林植物对空气颗粒物的滞纳能力[J].*环境科学*,2015,36(7):2381-2388.
- [11] 季静,王罡,杜希龙,等.京津冀地区植物对灰在空气中PM_{2.5}等细颗粒物吸附能力分析[J].*中国科学:生命科学*,2013,43:694-699.
- [12] 王兵,张维康,牛香,等.北京10个常绿树种颗粒物吸附能力研究[J].*环境科学*,2015,36(2):408-414.
- [13] 刘玲,方炎明,王顺昌,等.7种树木的叶片微形态与空气悬浮颗粒吸附及重金属累积特征[J].*环境科学*,2013,34(6):2361-2367.
- [14] 王亚超.城市植物叶面尘理化特性及源解析研究[D].南京:南京林业大学,2007.
- [15] 刘萌萌.林带对阻滞吸附PM_{2.5}等颗粒物的影响研究[D].北京:北京林业大学,2014.
- [16] 柴一新,祝宁,韩焕金.城市绿化树种的滞尘效应—以哈尔滨市为例[J].*应用生态学报*,2002,13(9):1121-1126.

(上接第18页)

- [19] 李效文,贾黎明,李广德,等.北京低山桃针叶树混交风景林景观质量评价及经营技术[J].*南京林业大学学报(自然科学版)*,2010,34(4):107-111.
- [20] 董建文,章志都,许贤书,等.福建省山地坡面风景游憩林美景度综合评价及构建技术[J].*东北林业大学学报*,2010,38(4):45-48.
- [21] 杨鑫霞,亢新刚,杜志,等.基于SBE法的长白山森林景观美学评价[J].*西北农林科技大学学报(自然科学版)*,2012,40

(6): 86-90.

- [22] 张前进,吴泽民,周文.城市景观生态林景观美景度评价[J].*安徽农业大学学报*,2014,41(2):188-192.
- [23] 陈鑫峰.京西山区森林景观评价和风景游憩林营建研究—兼论太行山区的森林游憩业建设[D].北京:北京林业大学,2000.
- [24] 张喆,郗光发,王成,等.多尺度植物色彩表征及其与人体响应的关系[J].*生态学报*,2017,37(15):5070-5079.

(上接第21页)

等性状上明显优于其他种源。同一种源内品种间各性状上差异不明显。

(2) 太子参引种试验结果表明,广德种源广4品种较适于泗阳林下栽培,可作为泗阳引种的主要栽培品种。

(3) 选择太子参广德种源优良品种广德4号为泗阳杨树林地复合经营主要栽培种,以优质种根作为栽培材料,是提高杨树林地太子参产量的关键。

(4) 不同的杨树林立地和不同林龄的杨树林对林下太子参栽培产量有直接影响。选择沙壤土或

壤土、造林密度在270—405株/hm²、造林第4a的杨树林下栽培太子参效果较好。土壤条件、播种量与太子参产量的相互影响关系比较复杂,这还需在今后进一步试验研究。

(5) 杨树林地太子参最佳栽培时间为9月下旬,过早、过迟都影响太子参的产量。

(6) 垄状栽植、地膜覆盖均有利于提高杨树林地太子参的产量,林地复合经营效果得到有效提高。垄状栽培有利于排水,特别是在雨季,不会因积水导致太子参烂根,从而严重影响产量,但作垄成本相对要高,春季容易造成干旱。

(上接第38页)

- [7] 凌云,张光富,王锐.南京老山国家森林公园朴树种群动态[J].*生态与农村环境学报*,2011,27(2):28-34.
- [8] 黄健.南京老山地区植物区系与植物资源研究[D].南京:南京林业大学,2013.
- [9] 周尧.中国蝶类志[M].郑州:河南科学技术出版社,1995.
- [10] 叶璇,刘萍,赵雪丽,等.石门国家森林公园森林蓄积量和物种多样性动态变化[J].*林业与环境科学*,2018,34(5):53-57.
- [11] 袁德成,买国庆,薛大勇,等.中华虎凤蝶栖息地、生物学和保

护现状[J].*生物多样性*,1998,6(2):105-115.

- [12] 李朝晖,陈建秀,黄诚,等.江苏省蝶类名录及分布研究[J].*南京林业大学学报(自然科学版)*,2004,28(4):73-78.
- [13] 许东新,庄炳莉,薛建辉,等.南京地区5个常绿阔叶树种的抗寒性评价[J].*南京林业大学学报(自然科学版)*,2010,34(3):72-76.
- [14] 谢晓金,郝日明.南京地区引种的24种常绿阔叶树种耐寒性比较[J].*浙江林学院学报*,2006,23(3):285-289.
- [15] CASD. <http://www.zoology.csdb.cn/>.