

# 东北地区城市针叶树冬季滞尘效应研究\*

陈 玮<sup>1,2,\*</sup> 何兴元<sup>1</sup> 张 粤<sup>1</sup> 孙 雨<sup>1</sup> 王文菲<sup>3</sup> 宁祝华<sup>4</sup>

(<sup>1</sup> 中国科学院沈阳应用生态研究所树木园, 沈阳 110016; <sup>2</sup> 中国科学院研究生院, 北京 100039;

<sup>3</sup> 沈阳市规划和国土资源管理局, 沈阳 110003; <sup>4</sup> 美国南方大学城市森林系, 巴吞鲁日 70813)

**【摘要】** 对不同种针叶树同一降尘条件及同种针叶树不同降尘条件的滞尘能力进行研究, 结果表明, 针叶树在东北的冬季有很强的滞尘作用, 不同的针叶树滞尘能力排序为沙松冷杉 > 沙地云杉 > 红皮云杉 > 东北红豆杉 > 白皮松 > 华山松 > 油松。不同针叶树叶表面结构不同, 滞尘量较小的白皮松、华山松和油松表面平滑, 细胞与气孔排列整齐, 而滞尘量较大的红皮云杉、沙松冷杉、东北红豆杉的针叶表皮平滑程度较差, 细胞与气孔排列较前3种植物差, 在红皮云杉叶表面上有大小不等的瘤状物。不同针叶树叶断面形状与滞尘量相关, 白皮松和油松叶片的上表面呈弧形, 不易附着灰尘; 华山松叶片呈三棱形, 上表面较窄, 附着灰尘的量较小; 两种云杉的叶片呈四棱形, 上表面较3种松属植物的叶片要宽与平展, 因此相对滞尘量要大; 沙松冷杉和东北红豆杉的叶断面形状都较扁、平, 这种断面正是构成其滞尘量大于3种松属和两种云杉属植物的主要因素。

**关键词** 滞尘效益 滞尘量 烟尘污染 常绿针叶树

**文章编号** 1001 - 9332(2003)12 - 2113 - 04 **中图分类号** X173 **文献标识码** A

**Dust absorption effect of urban conifers in Northeast China.** CHEN Wei<sup>1,2</sup>, HE Xingyuan<sup>1</sup>, ZHANG Yue<sup>1</sup>, SUN Yu<sup>1</sup>, WANG Wenfei<sup>3</sup>, NING Zhuhua<sup>4</sup> (<sup>1</sup> Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China; <sup>2</sup> Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; <sup>3</sup> Shenyang Land Planning and Manage Bureau, Shenyang 110003, China; <sup>4</sup> Southern University and A and M College, South Branch Baton Rouge, LA70813, USA). -Chin. J. Appl. Ecol., 2003, 14(12): 2113 ~ 2116.

Dust pollution is much heavier in winter than in other seasons in the cities of Northeast China, because the urban heating system consumes mainly coal as energy resources. Deciduous trees can hardly absorb dust because of their defoliation, and hence, urban conifer trees become more important in dust absorption in winter. This paper studied the dust absorption ability of 7 conifers under the same and different dust pollution status in Shenyang city, Northeast China. The results showed that the dust absorption ability of conifers was decreased in the order of *Abies holophilla* > *Picea mongolica* > *P. koraiensis* > *Taxus cupidata* > *Pinus bungeana* > *P. armandi* > *P. tabulaeformis*. Different conifers had different surface structures. *Pinus bungeana*, *P. armandi* and *P. tabulaeformis* had smooth surfaces, their cells and stomata arranged in order, and hence, their dust absorption ability was poor. *P. koraiensis*, *Abies holophilla* and *Taxus cupidata* had coarse surfaces, and their cells and stomata arranged out of order. There were even many tubercular things on the surface of *P. koraiensis*, and hence, their dust absorption ability was stronger. The dust absorption ability of conifers was related the shape of their leaf sections. The upper leaf surface of *Pinus bungeana* and *P. tabulaeformis* was arc, not opted to absorb the dust. The leaf section of *P. armandi* was prism, and its upper surface was narrow, and hence, its dust absorption ability was also poor. The leaves of *Picea mongolica* and *P. koraiensis* had four edges, their upper surfaces were broader and flatter than the former three species, and hence, they had stronger dust absorption ability. The leaf section's shape of *Abies holophilla* and *Taxus cupidata* was also broad and flat, which made the dust absorption ability of the two latter's was stronger than other three *Pinus* species and two *Picea* species.

**Key words** Dust absorption effect, Amount of dust absorption, Dust pollution, Evergreen conifer.

## 1 引 言

近年来,我国东北地区城市加大了对城市基础设施建设和环境保护的投入,城市综合环境得到改善,工业污染源达标排放和重点城市环境质量按功能达标工作取得较大进展,部分地区和城市环境质量有所改善。但是,目前全国环境形势仍然相当严峻,相当多的城市水、气、声、土壤环境污染仍较严

重。大气环境污染仍以煤烟为主,主要污染物为总悬浮颗粒物(TSP)和SO<sub>2</sub>。TSP是城市空气中的主要污染物,60%的城市TSP浓度年均值超过国家二级

\*国家自然科学基金(30270250)、中国科学院“百人计划”项目(C99AD-BR010502)、中国科学院“十五”预研项目(K070K-YZX010505)和中国科学院知识创新工程资助项目(C12MC-SCXMS013)。

\* 通讯联系人。

2003 - 05 - 27 收稿, 2003 - 08 - 31 接受。

标准<sup>[9]</sup>。东北地区城市的大气污染大多属于典型的煤烟型污染,主要污染物是烟尘和 SO<sub>2</sub>。以沈阳市为例,TSP 春夏季均接近国家二级标准,秋季略超过国家二级标准,冬季则为二级标准的 1.7 倍。国内外研究表明,这些飘尘中除含有重金属外,还含有致癌物质和细菌病毒等,对人体健康具有很大的威胁<sup>[2,5,11]</sup>。

防治总悬浮颗粒物污染主要靠环境工程技术措施,以树木为主体的生物防治也可起到一定的辅助作用。植物叶片表面特性和本身的湿润性具有很大的滞尘能力,当含尘气流经过树冠时,一部分颗粒较大的灰尘被树叶阻挡而降落<sup>[13]</sup>。由于树木能够吸附和过滤灰尘,使空气中灰尘减少,也减少了空气中的细菌含量。树木滞尘能力与树冠的高低、总叶面积、叶片大小、叶片着生角度、叶片表面的粗糙程度有关。东北地区的冬季阔叶树都已落叶,只有针叶树发挥了滞污阻尘的功能。但有关针叶树滞尘的研究较少。本文选择东北地区主要针叶树 8 种,对其栽植的位置、叶断面形状和叶表结构进行了研究,比较针叶树的滞尘能力和滞尘机制。

## 2 研究地区与研究方法

### 2.1 研究区概况

研究地区位于 38°30′ ~ 53°33′ N, 118°53′ ~ 135°05′ E, 为受季风影响的湿润和半湿润北温带和寒带大陆性气候,四季分明,雨热同季,降水较集中,年均降水量为 400 ~ 910 mm。冬季漫长,严寒,干燥,1 月份最冷,7 月份最热,极端最低温度 - 52.3 (漠河),极端最高温度 41.6 (泰州),沿海城市气温变化较中部城市稍小。

该区域主要分布的常绿针叶树种有红皮云杉 (*Picea koraiensis*)、东北红豆杉 (*Taxus cuspidata*)、油松 (*Pinus tabulaeformis*)、樟子松 (*Pinus sylvestris* var. *Mongolica*)、红松 (*Pinus koraiensis*)、华山松 (*Pinus armandi*)、白皮松 (*Pinus bungeana*)、沙地云杉 (*Picea mongolica*)、沙松冷杉 (*Abies holophylla*) 和桧柏 (*Sabina chinensis*) 等。

考虑到整个冬季滞尘量的积累,采样时间定在春季第一次降雨之前的 2002 年 4 月 4 日,20 d 以上没有降水,采样地点为沈阳市中心地带的沈河区文艺路与沈阳应用生态研究所树木园,因沈阳市属于典型的煤烟型污染城市,大气污染具有明显的时空分布特征。

### 2.2 研究方法

2.2.1 针叶树滞尘量测定 1) 不同种针叶树滞尘量测定:在与街道距离相同的位置分别采集东北地区常见或适生树种沙地云杉、沙松冷杉、红皮云杉、东北红豆杉、油松、华山松和白皮松叶片,每种树选择 5 株,在每株树的 4 个方向上下不同部位采样 60 ~ 100 g 左右。把采下的样品分别放入 KQ3200

型超声波清洗仪用蒸馏水进行冲洗,滤出灰尘,烘干,称重。把植物叶片烘干称重。2) 桧柏不同地点滞尘量测定:分别在机动车道与自行车道分车带、自行车与人行道分隔带、树木园内同株树背离街道面和面对街道面采集桧柏样品,处理步骤同上<sup>[4,12,13]</sup>。

2.2.2 不同针叶树叶表结构观测 1) 样品固定:从要选择的针叶树上摘取标准叶片,立刻放入装有固定液(2.5%的戊二醛溶液)的小瓶中,固定一周。2) 样品的脱水与干燥:把样品取出放入缓冲液,3 h 后,分别用 30%、50%、70%、90%、100% 的乙醇对样品脱水 1 h;然后采用临界点干燥法进行干燥。3) 粘台与电镜扫描:用碳胶将干燥后的样品固定在展台上,待碳胶干燥后进行蒸镀(先喷碳,再镀金),再用电镜观察针叶树叶片的表面,选择适合的比例进行拍摄,冲洗成像<sup>[1,6,8]</sup>。

2.2.3 不同针叶树叶横断面结构分析 采集白皮松、华山松、油松、红皮云杉、沙地云杉、沙松冷杉和东北红豆杉的标准叶片,选取叶中部横断面用扫描仪扫描。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同针叶树的滞尘能力分析

本实验选用单位叶片生物量的滞尘量来比较不同针叶树的滞尘能力。由于针叶树的叶表面不是上下两个面,方向变化也较多,同时叶表面面积计算的准确性也有限,因此没有用单位叶积的滞尘量作单位来比较针叶树的滞尘能力。由表 1 可以看出,几种针叶树的滞尘能力排序为沙松冷杉 > 沙地云杉 > 红皮云杉 > 东北红豆杉 > 白皮松 > 华山松 > 油松,其中沙松冷杉单位生物的滞尘量最大,为 6.784 g · kg<sup>-1</sup>,油松的滞尘量最小,为 3.317 g · kg<sup>-1</sup>,其原因与树形、叶片断面形状及叶表面结构有关系。

表 1 不同针叶树滞尘效益比较

Table 1 Dust absorption by different conifer

植物名称 Species	灰尘重量 Weight of dust (g)	针叶干重 Biomass of leaves (g)	滞尘量 Dust removal (g · kg <sup>-1</sup> )
沙地云杉 <i>Picea mongolica</i>	2.78	409.8	6.784
沙松冷杉 <i>Abies holophylla</i>	3.83	326.1	11.745
红皮云杉 <i>Picea koraiensis</i>	2.04	342.06	5.964
东北红豆杉 <i>Taxus cuspidata</i>	1.89	371.93	5.082
油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	2.26	681.35	3.317
华山松 <i>P. armandi</i>	2.39	662.26	3.609
白皮松 <i>P. bungeana</i>	1.62	419.43	3.862

### 3.2 不同针叶树叶表面结构分析

图 1 是几种针叶树叶表面结构电镜扫描图,由此可以看出,滞尘量较小的白皮松、华山松和油松细胞与气孔排列整齐,表皮光滑,表面没有瘤状突起物。红皮云杉、沙松冷杉和东北红豆杉的叶表面不象白皮松、华山松和油松那样光滑,细胞排列上也不那么整齐。而且红皮云杉针叶的表皮上有大小不等的

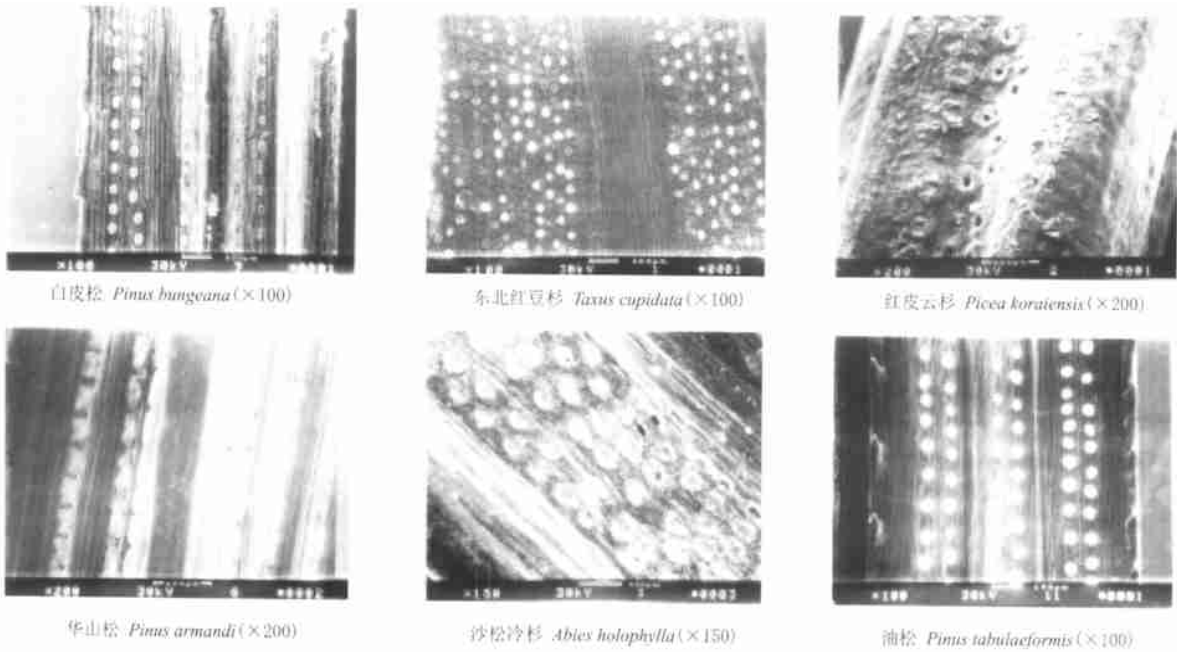


图 1 几种常绿针叶树叶表面结构电镜扫描图

Fig. 1 Structure of leaf epidermis of several evergreen conifer species under electron microscope.



图 2 7 种针叶树叶面横断面扫描图

Fig. 2 Structure of leaf transect of several evergreen conifer species.

瘤状物,在扫描电镜下可以看到瘤状物存在于角质化条状纹的沟槽里,瘤状突起为圆形颗粒,大小及分布不太均匀,随机地分散在各处,所以有些地方瘤状物排列密集,甚至有许多颗粒会堆积在一起,而有的地方却很稀少.这些瘤状物可能是针叶内合成的一种物质穿留在叶子表面,也可能是某些腺体的分泌物,瘤状突起物对植物的针叶可以起到一种保护作用,同时也是叶表面堆积较多灰尘的重要原因<sup>[8]</sup>.

### 3.3 不同针叶树叶断面形状与滞尘量分析

由图 2 可见,白皮松和油松的叶片上表面呈弧形,不易附着灰尘;华山松叶片呈三棱形,上表面较窄,因此附着灰尘量较小;两种云杉的叶片呈四棱形,上表面较 3 种松属植物的叶片要宽与平展,因此相对滞尘量要大些;沙松冷杉和东北红豆杉的叶断面形状都较扁、平.这种断面正是构成其滞尘量大于 3 种松属、两种云杉属植物的主要因素,只是上表面的形状不同,东北红豆杉的叶片上表面呈向下弯曲的弧形,不易附着灰尘,而沙松冷杉叶片断面结构很适合灰尘附着,因此其滞尘量最大.

### 3.4 同一树种在距离街道不同位置的滞尘量分析

表 2 桧柏在不同绿地类型中的滞尘量

Table 2 Dust absorption by *S. chinensis* in different site

采样地点 Site	灰尘重量 Weight of dust (g)	样品干重 Leaf bio mass (kg)	滞尘量 Dust removal (g kg <sup>-1</sup> )
机动车道与自行车道分车带 Belt between mobile and bicycle	6.81	266.55	25.549
自行车与人行道分隔带 Belt between bicycle and pavement	2.8	235.48	11.891
公园内同株树背离街道面 Conifer faces road	0.12	132.09	0.908
公园内同株树面对街道面 Conifer faces park	0.56	120.19	4.659

由表 2 可以明显看出植物的滞尘作用,同一树种在不同位置的滞尘量排序是机动车道与自行车道分车带 > 自行车与人行道分隔带 > 公园内同株树面树街道面 > 公园内同株树背离街道面,尤其是同一株树的不同面更能说明问题.

## 4 讨 论

对东北地区不同季节冬季降尘量的数据调查表明,东北地区冬季降尘量要大于其他季节<sup>[3]</sup>,而冬季除了极少量阔叶灌木以外,阔叶树大都已落叶,只

有针叶树发挥其滞尘的功能. 因此在东北地区的冬季保证针叶树的种植比例非常必要.

对主要针叶树滞尘能力的测定和叶片表面结构的分析结果表明, 不同针叶树的滞尘能力是有差别的, 其中, 云冷杉和东北红豆杉科的针叶树滞尘能力较强, 而松科类的针叶树较前者要弱, 红皮云杉与油松的滞尘能力与刘艳<sup>[10]</sup>、柴一新<sup>[4]</sup>的研究结果相一致. 造成这种差异的原因主要是由其叶表面结构和形状决定的, 前者叶表面不光滑, 云杉叶表面还有凹凸不平的瘤状物, 同时叶片相对平展, 具有较好的堆积灰尘的形态; 而后的叶表面相对平滑, 叶片近呈圆柱状, 难以使灰尘停留.

树木滞尘后对其生长有一定的影响, 而降尘通过改变土壤的组成和性质影响植物的生长<sup>[7]</sup>, 这种影响主要表现在生长季. 有关树木对降尘的适应能力方面的研究还有待于进一步探讨.

#### 参考文献

- 1 Boyer JN, Houston DB, Jensen KF. 1996. Impacts of chronic SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, and SO<sub>2</sub> + O<sub>3</sub> exposures on photosynthesis of *Pinus strobes* clone. *Europ J For Pathol*, **16**(5): 293 ~ 299
- 2 Chen B-H (陈秉衡), Hong C-J (洪传洁), Kan H-D (阚海东). 2001. Methodological research on the health-based risk assessment on air pollution. *Environ Health* (环境与健康杂志), **18**(2): 67 ~ 69 (in Chinese)
- 3 Chen J-Z (陈建智). 1999. Discuss on quality of air environmental and policy of environment. *Environ Monitor Chin* (中国环境监测), **15**(4): 27 ~ 29 (in Chinese)
- 4 Chai Y-X (柴一新), Zhu N (祝宁), Han J-H (韩焕金). 2002. Dust removal effect of urban tree species in Harbin. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **13**(9): 1121 ~ 1126 (in Chinese)
- 5 David VB. 2000. Lines that connect: Assessing the causality inference in the case of particulate pollution. *Environ Health Perspect*, **108**(2): 91 ~ 92
- 6 Du X-W (杜秀文), Niu S-K (牛树奎). 1987. Relative analysis of the breast-high diameter and leaf-volumn, crown of a tree-volumn of two kinds of evergreen arbor. *J Northeast For Univ* (东北林业大学学报), **15**(supp.): 191 ~ 194 (in Chinese)
- 7 Guan X (关欣), Li Q-Y (李巧云), Wen Q (文倩), et al. 2000. Study on relationship among airborne dirt, raising sand, sand storm and dustfall in Hotan. *Res Environ Sci* (环境科学研究), **13**(6): 1 ~ 3 (in Chinese)
- 8 Jia J-L (贾敬鸾), Chen X-S (陈晓松), Chen Z-H (陈正华). 1996. Scanning electron microscope observation of the needle leaves in *Picea. Herrditas* (遗传), **18**(2): 25 ~ 27 (in Chinese)
- 9 Liu W-J (刘文菁), Huang S-H (黄世鸿), Liu X-H (刘小红). 2001. Source apportionment for total suspended particles and accumulated dust of Nanjing. *Sci Meteorol Sin* (气象科学), **21**(1): 87 ~ 94 (in Chinese)
- 10 Liu Y (刘艳), Su Z-F (粟志峰), Wang Y-F (王雅芳). 2002. Study on dustproof function of suitable afforestation sampling in Shizezi. *Arid Environ Monitor* (干旱环境监测), **16**(2): 98 ~ 99 (in Chinese)
- 11 Su Z-F (粟志峰), Liu Y (刘艳), Peng Q-F (彭倩芳). 2002. Study on dust detention functions of the different greenland. *Arid Environ Monitor* (干旱环境监测), **16**(3): 162 ~ 163 (in Chinese)
- 12 Zhang Y-J (张玉钧), Liu W-Q (刘文清), Zheng Z-H (郑朝晖), et al. 2001. The theory and the arithmetic of data processing for the measurement of PM10 content in ambient air using ray method. *Chin J Quant Electr* (量子电子学报), **18**(1): 75 ~ 81 (in Chinese)
- 13 Zhang X-X (张新献), Gu R-Z (古润泽), Chen Z-X (陈自新). 1997. Dust removal by green areas in the residential quarters of Beijing. *J Beijing For Univ* (北京林业大学), **19**(4): 12 ~ 17 (in Chinese)

---

作者简介 陈 玮, 女, 1965 年生, 在读博士, 副研究员, 主要从事城市森林生态学及园林学研究, 发表论文 40 余篇. E-mail: chenwei5711 @163. com

---