

阿克苏市城郊林 10 种果树叶面形态与滞尘量的关系

迈迪娜·吐尔逊¹, 玉米提·哈力克^{1,2*}, 祖皮艳木·买买提¹,
阿衣古丽·艾力亚斯^{1,3}

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院/新疆绿洲生态教育部重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830046;

2. 德国艾希斯塔特-因戈尔斯塔特大学 数学与地理学院, 德国 艾希斯塔特 85071; 3. 吐鲁番地区环境监测站, 新疆 吐鲁番 838000)

摘 要:城郊经济防护林是城市绿地系统的重要组成部分, 不仅能够提供各类水果, 而且为城市及其居民持续获得自然生态服务提供保障。本研究对新疆南部典型绿洲城市——阿克苏市郊柯柯牙人工经济防护林 10 种果树叶面滞尘量及其差异进行对比与排序。结果表明: 10 种果树的叶面滞尘量可分为 3 类, 第 1 类滞尘量高($>3.00 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$), 包括葡萄、香梨、红枣和核桃, 其滞尘量分别为 5.37、4.55、3.88、3.03 $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$; 第 2 类的滞尘量中等($1.50 \sim 3.00 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$), 包括石榴、无花果、杏, 其滞尘量分别为 1.66、1.56、1.55 $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。第 3 类的滞尘量低($<1.50 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$), 包括樱桃、桃、苹果。由此得出, 叶面积大、叶面粗糙、叶柄短小, 树高、冠幅适中的树种滞尘能力较强。叶面形态结构与滞尘量的关系进一步表明, 主脉越突出, 侧脉越密集的网状叶脉, 排列越紧密, 叶片滞尘能力越强。建议在城郊经济林建设当中, 尽量优先选用滞尘能力强的乡土果树树种。

关键词:阿克苏市; 果树; 叶面形态; 滞尘量

中图分类号: S718.43

文献标志码: A

文章编号: 1001-7461(2016)04-0279-05

Relationship between Morphological Structure and Dust-holding Capacity of Ten Fruit Tree Leaves in Peri-urban Area of Aksu

Maidina TUERXUN¹, Umud HALIK^{1,2*}, Zupiyemu MAIMAITI¹, Ayiguli AILYASI^{1,3}

(1. College of Resources & Environmental Science, Xinjiang University/Key Laboratory of Oasis Ecology, Xinjiang Uygur Autonomous Region, Ürümqi, Xinjiang 830046, China; 2. Faculty of Geography and Mathematics, Catholic University of Eichstaett-Ingolstadt, Eichstaett 85071, Germany; 3. Turpan District Environmental Monitoring Station, Turpan, Xinjiang 838000, China)

Abstract: As an important component of urban ecosystem, suburb orchard forests can not only supply many kinds of fruit for urban residents, but also provide sustainable ecological services that were beneficial for the cities and their residents. A comparison study was conducted on the amount of the dust retained by the leaves of trees among 10 fruit species in Kokyar artificial afforestation project in the suburb area of Aksu, a typical oasis city in Sothern Xinjiang. The results showed that the ten fruit tree species could be classified into three categories based on the amount of the dust retained. The first category that had the highest amount of the dust retained included *Vitis vinifera* $>$ *Pyrus sinkiangensis* $>$ *Ziziphus jujuba* $>$ *Juglans regia*, followed by the second category, including *Ficus carica* $>$ *Punicagranatum* $>$ *Armeniaca vulgaris*, and the third one, including *Prunus pseudocerasus* $>$ *Amygdalus persica* $>$ *Malus pumila*. In conclusion, trees with big leaf area, coarse surface, short petiole, moderate height and crown demonstrated strong dust-retaining capability. The relationship between leaf morphological structure and the dust-retaining capacity investigation indicated that the leaves which had high dust retaining capability were those with more promi-

收稿日期: 2015-08-15 修回日期: 2015-10-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(31270742); 德国大众基金会 EcoCAR 项目(Az.: 88497)资助。

作者简介: 迈迪娜·吐尔逊, 女, 硕士研究生, 研究方向: 干旱区生态学。E-mail: 1225216138@qq.com

* 通信作者: 玉米提·哈力克, 男, 教授, 博士生导师, 研究方向: 干旱恢复区生态与景观规划。E-mail: halik@xju.edu.cn

nent main leaf veins, more intensive and more closely arrayed lateral veins. It was suggested that native fruit trees with high dust retaining ability should be used for the afforestation in suburb area.

Key words: Aksu city; fruit tree; leaf structure; dust-retaining amount

城市化、工业化的迅速发展使我国的城市经济有了迅猛的增长,但是,也使城市的空气质量受到了一定程度的影响,比如,空气中的沙尘、粉尘、烟雾、有害气体随着城市化的进程不断增加^[1-2]。以煤为主要采暖燃料的大部分西北地区城市空气现状表现为颗粒污染物成其主要污染物^[3-4]。因此,在城市生态建设的绿地规划及设计过程中,选择既适合本城市且滞尘能力强的树种,对城市生态的良好发展有重要作用。

城市绿化树种对保持和改善城市环境质量起着重要的作用,城市绿地设计的成功与否以及城市环境质量的高低在很大程度上取决于是否选用了适合城市发展且滞尘能力强的绿化树种^[5]。而树种的滞尘能力有差异且受很多自身因素的影响,例如叶片构造对捕捉沙尘颗粒的效率十分重要^[6-7]。树木滞尘能力与树冠高度、叶片大小、叶片着生角度、叶片表面的粗糙度等参数有关^[8]。不同植物的滞尘量取决于植物的形态及其绿量(叶面积指数)^[9-10]。同时叶表面微形态的差异导致不同树种的单叶滞尘量相差可达2~3倍^[11]。王会霞^[12]等研究表明叶表微结构分布密集程度和叶面高低起伏程度是其主要影响因素,与此同时,树木的滞尘能力不仅与单个叶片的大小、叶片的粗糙程度有关,还与树冠高度、树叶总面积也有着密切的关系。

目前关于沿海以及内陆地区绿化树种的研究较多^[13-14],而对于干旱区绿化树种的滞尘能力与叶面结构的关系研究相对缺乏。其中对新疆南部城市果树滞尘规律能力与其自身形态结构之前的关系的研究更为缺乏。

本研究以国家森林城市——阿克苏市柯柯牙城郊林10种乡土果树为研究对象,分析了树种叶片平均滞尘量及与叶面形态结构以及结构的关系,对阿克苏市果树树种的滞尘效益进行了初步探索。研究结果可以为当地大气颗粒物对果树叶片以及对果树呼吸作用、光合作用、蒸腾作用的影响做参考依据^[15-17],为当地选取具有经济和生态效益的优良果树树种提供依据和参考。

1 研究区概况

柯柯牙工程北起天山托木尔峰下的温宿县境内,横跨阿克苏市城区,南与塔克拉玛干沙漠边缘的阿拉尔市接壤。地理位置在80°15′—80°19′E、

40°11′—40°20′N(图1),海拔1 050~1 300 m。具有典型的暖温带大陆性干旱气候特征,降水少、降水量年季变化大,年平均气温在7.9~13.7℃。年降水量53.2~120.6 mm,年平均蒸发量1 948 mm。由于阿克苏市地处塔克拉玛干沙漠边缘,气候干燥,沙尘天气多发。据不完全统计,阿克苏市降尘量均值为22.3 t·km⁻²·月⁻¹,远远超过国家标准均值(15 t·km⁻²·月⁻¹)(www.xjepb.gov.cn)。

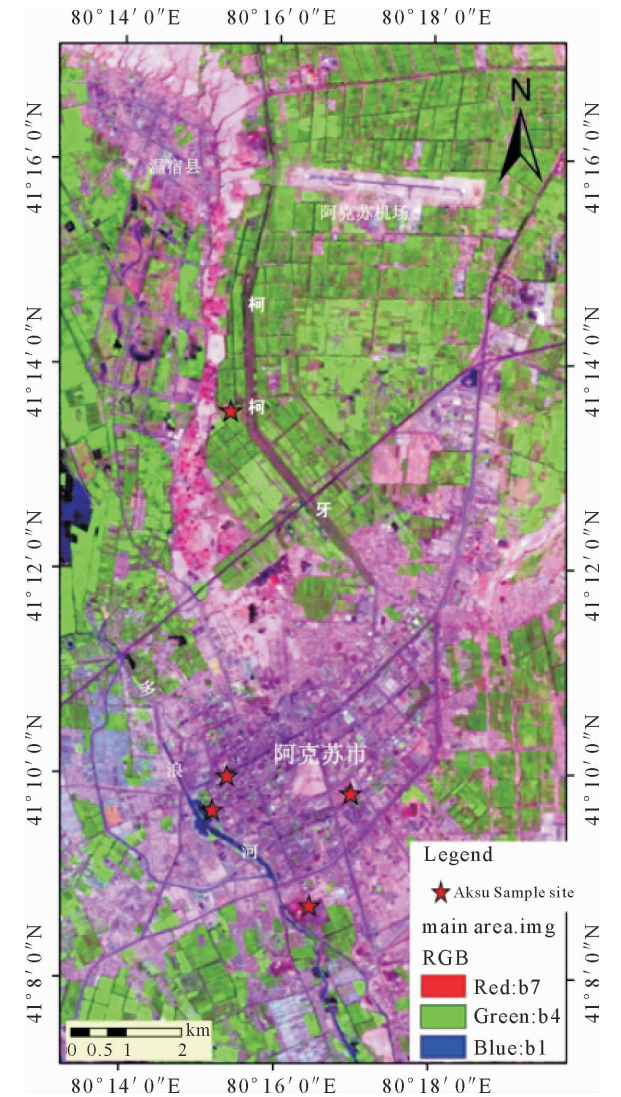


图1 阿克苏地区样点
Fig.1 Sampling plots in Aksu area

2 材料与方法

2.1 样品采集

2014年5月下旬—6月下旬,在阿克苏市北郊柯柯牙防护经济林区,选择无花果(*Ficus carica*)、

苹果(*Malus pumila*)、石榴(*Punica granatum*)、杏(*Armeniaca vulgaris*)、香梨(*Pyrus sinkiangensis*)、樱桃(*Prunus pseudocerasus*)、葡萄(*Vitis vinifera*)、桃(*Amygdalus persica*)、红枣(*Ziziphus jujuba*)、核桃(*Juglans regia*)等 10 种果树采集叶片样品。首先在每种果树 1.0~2.0 m 高度处选取上面粉尘覆盖均匀的 3 个叶片进行采集,10 种果树采集的标准均一致。样品采集后,为了避免带回途中叶片灰尘脱落,将其放在包装袋里面运回实验室。

2.2 室内分析

首先,采用万分之一天平(Balance 61102,德国)称重 2 次。第 1 次为树叶、叶片尘和包装袋的总重量。称重后采用毛刷刷轻轻刷掉包装袋和叶子上吸附的尘,然后对干净的包装袋和树叶进行二次称重,以 2 次重量之差作为每种果树叶片吸附的降尘重量。

然后采用扫描仪对清洗干净的叶片进行扫描,应用图像处理软件(Image J)计算叶面积。研究中果树叶片的滞尘量采用平均滞尘量表示即单位叶面积滞留的粉尘量($\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$)。

叶面形态结构:解剖镜下观察叶片,并用目镜连接电脑并利用软件(ToupView)分别对所测果树叶

片正面进行拍照并储存,解剖镜放大倍数 4.0×10 ,处理图片时缩小至图片大小的 10%,因此,实际放大倍数为 4.0 倍。

数据处理:所有的数据统计处理均采用 SPSS 软件进行。各树种单位面积滞尘量之间的差异进行单因素方差分析,差异显著性水平评定为 0.05,使用 Microsoft Excel 2007 绘图。

3 结果与分析

3.1 采样前的气象要素

相关研究表明,影响树木叶面滞尘量的主要气象因素有降雨量、沙尘天气和风速等。一般认为一次 15 mm 的降雨量就可以冲掉植物叶片的降尘。采样期间研究区气象资料表明,在 2014 年 5 月下旬至 6 月上旬有 7 次降水,且多为微雨到小阵雨,降水量只有 0.1 mm 左右,因此不考虑其对果树叶面颗粒物吸附能力的影响。叶片取样前,较大风速出现在 5 月 22—25 日以及 6 月 1—3 日,此期间出现了 3 次浮尘或扬尘天气。同时采样其他时间一直为无持续风向到微风天气,风速 $< 7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,因此可以认为取样期间风力状况不会对采样过程中果树叶片吸附的大气颗粒物量产生影响(图 2)。

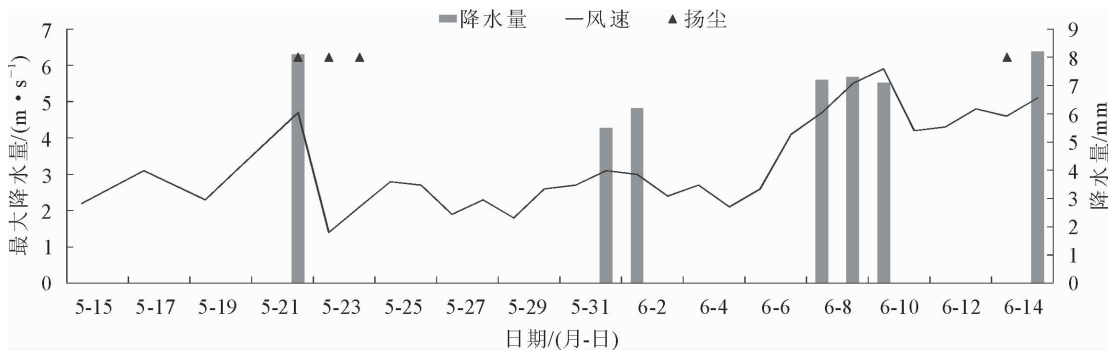


图 2 叶片采集期间气象要素 (2014)

Fig. 2 Weather conditions of sampling leaves (2014)

3.2 供试植物单位叶面积滞尘量差异

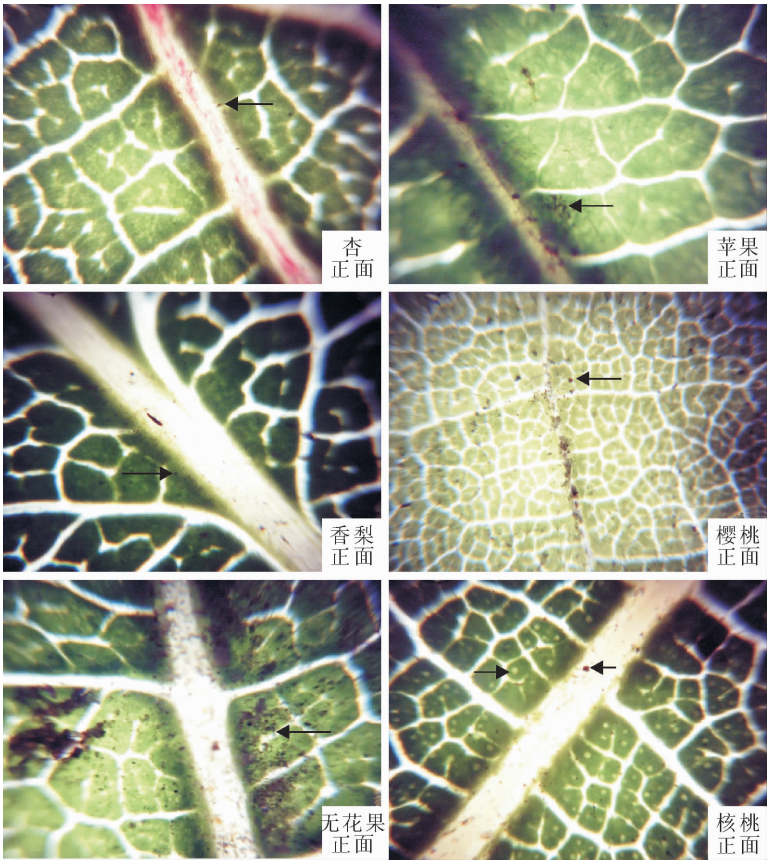
叶片是植物滞留大气颗粒物的重要载体,叶表面特性的差异是植物滞留大气颗粒物能力不同的主要原因。本研究中所测试的 10 种果树叶片滞尘能力平均值大小顺序分别为葡萄>梨>红枣>核桃>无花果>石榴>杏>樱桃>桃子>苹果(表 1)。同时不同果树叶面的滞尘量有着明显差异,所调查的 10 种果树中,第 1 类滞尘量较高均 $> 3.00 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$,包括葡萄、香梨、红枣和核桃,分别是 5.37 、 4.55 、 3.88 、 $3.03 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。第 2 类的滞尘量中等($1.50 \sim 3.00 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$),包括石榴、无花果、杏,其滞尘量分别为 1.66 、 1.56 、 $1.55 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。第 3 类的滞尘量低($< 1.50 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$),包括樱桃、苹果和

桃,分别为 1.20 、 0.92 、 $0.71 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。通过对比发现,第 2 类果树的滞尘量表明叶面积大小以及叶面积粗糙程度是决定树叶滞尘强弱的重要因素,红枣的较强滞尘能力也表明树种叶片叶柄短小以及树形,冠幅适中也可增强树木的滞尘能力。石榴叶面过于光滑,使得其叶面无法吸附较多尘土。而无花果、苹果的叶面积虽然较大,但其叶片叶柄较长且细软,导致其滞尘能力较低。樱桃与桃树滞尘能力受其树形、叶面舒展方向的影响。因此,在分析果树单株的滞尘量的同时也应该综合考虑果树本身的特征以及周边环境的影响。图 2 也进一步说明了巴特尔等在当地气候下叶片背面有无绒毛不能作为叶片滞尘能力强弱的指标。

表 1 供试植物基本性状

Table 1 Basic characteristics of the plants investigated

果树种类	表面粗糙程度	叶片绒毛	柄长/cm	树高/m	冠幅/m	单叶面积/cm ²	单叶滞尘量/(mg·cm ⁻²)
葡萄(<i>Vitis vinifera</i>)	粗糙	两面无毛	4	—	—	123.883	5.37a
梨(<i>Pyrus sinkiangensis</i>)	光滑	两面无毛	2	6~7	6.45	46.701	4.55b
红枣(<i>Ziziphus jujube</i>)	很光滑	两面无毛	近无	1~3	4.32	7.031	3.88c
核桃(<i>Juglans regia</i>)	光滑	两面无毛	3~4	2~10	5.10	181.547	3.03d
石榴(<i>Punica granatum</i>)	很光滑	两面无毛	近无	2~4	1.8	18.778	1.66e
无花果(<i>Ficus carica</i>)	很粗糙	两面密生细小短柔毛	2~3	3~10	6.1	328.236	1.56e
杏(<i>Armeniaca vulgaris</i>)	光滑	两面无毛	1~2	4~6	3.2	30.590	1.55e
樱桃(<i>Prunus avium</i>)	很粗糙	两面被疏长柔毛	0.5	1~2	1.5	16.174	1.20e
苹果(<i>Malus pumila</i>)	光滑	上面无毛,下面被细小绒毛	2~3	3~3.5	2.8	56.987	0.92f
桃(<i>Amygdalus persica</i>)	光滑	无毛	1	4~5	2.6	21.276	0.71f



箭头所指的白色颗粒为腺点;箭头所指的黑色颗粒为叶面滞留的颗粒物

图 3 部分果树叶片解剖(放大倍数 4 倍)

Fig. 3 The surface of typical fruit tree leaves under dissecting microscope (×4)

3.3 供试植物叶表面结构特征

通过观察,所测叶片特征各异,且叶面滞留颗粒物主要集中在主叶脉与侧脉交界处,因此可以假设主脉越突出,侧脉结构越紧密,则叶面形成的沟槽越深,叶面的滞尘能力越强。图 3 中香梨、核桃、无花果、杏和苹果主侧脉均清晰,因此进一步说明叶面滞尘量的大小可能与主脉突起程度和侧脉密集程度和排列方式有关,主脉越突起,侧脉越密集的网状叶脉,排列越整齐,则滞尘量越大。樱桃叶面主脉虽然不突出,但其侧脉十分发达且排列紧密,再加之叶面

表面披浓密短柔毛,因此其滞尘量高于苹果叶面。这表明表面多毛的叶面结构对滞尘尤为重要,附着效应的滞尘能力强于滞留效应。

4 结论与讨论

测定了 10 种特征各异的果树叶片的单位面积滞尘量,并分析了其与叶面形态和结构之间的关系,研究表明,所测果树叶片滞尘能力平均值大小差异显著,总体上可分为 3 类。其中葡萄、香梨、红枣的滞尘量明显高于其他,这表明叶片单位面积滞尘量的大

小由叶面形态的综合因素决定^[18]。例如,叶面积较大、表面粗糙、叶柄短小、树高、冠幅适中的树种单位面积滞尘量较高,这与刘璐^[19]等阿克苏常见绿化树种滞尘能力与其叶面形态结构的规律基本一致。

植物叶表面主脉突起和侧脉结构会影响叶片对颗粒物滞留效果,颗粒物主要滞留在主脉和侧脉交界形成的沟槽处。因此在树木滞尘能力自身因素探究中,叶面表面结构中的叶脉突起程度和排列方式在很大程度上决定了叶面滞尘能力^[20]。主脉越突出,侧脉越密集,排列越紧密,叶片滞尘能力越强。

不同果树叶面的滞尘量有着明显差异。阿克苏市 10 种果树中葡萄、香梨、红枣和核桃的滞尘量较高,分别是 5.37、4.55、3.88、3.03 mg·cm⁻²。表明以上树种在当地乡土树种当中的滞尘能力较强,滞尘能力强意味着气孔导度强,对太阳辐射的消弱程度越强,从而对叶面的光合作用和呼吸作用、蒸腾作用等产生一定的作用^[21-22],这对当地果树产量会造成直接影响^[24]。对阿克苏市柯柯牙的空气净化与改善起到积极的改良作用。

这些树种均为当地乡土树种,适应于当地的自然环境,并长期为当地果农提供经济来源,兼具生态与经济效益,有较强的推广价值。因此,在研究区筛选适地果树树种时应充分考虑树种的生态与经济效益,才能达到减少风沙危害,提高阿克苏市空气质量,进而达到更有效改善人民生活环境的目的。

综上所述,国内学者在植物叶面形态与滞尘量的关系取得了较多的研究成果,但在很多方面还需要进一步深入:绿化树种与果树的滞尘机理是否相似,即果树为保证其坐果率,是否对尘土有一定的抗性作用,这与其滞尘效应是否相驳;本研究所选择的样方较为特殊,是阿克苏、温宿县城区风沙危害的主源地,而且取样时间为 5 月 15 日—6 月 15 日,处于季风时节,风沙天气多发,测量效果虽然明显但缺少与其他地区果树滞尘量的对比;虽然环境胁迫对果树光合作用的影响已有一定参考数据,但是对于尘土对果树光合作用以及坐果率的影响缺乏广泛而又深入的探究;滞尘效应较好的果树能否代替绿化树种成为城市绿化主要树种。

参考文献:

[1] 巴特儿·巴克,茹鲜·木沙,沙依甫加玛力·阿布都鲁甫,等. 新疆南疆 6 种果树叶片滞尘能力分析[J]. 新疆农业大学学报, 2010,33(2):125-128.

[2] 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):1212-1126.

CHAI Y X, ZHU N, HAN H J. Dust removal effect of urban tree species in Harbin [J]. Chinese Journal of Applied Ecolo-

gy,2002,13(9):1212-1126. (in Chinese)

[3] 高金晖,王冬梅,赵亮,等. 植物叶片滞尘规律研究一以北京市为例[J]. 北京林业大学学报,2007,29(2):94-99.

GAO J H, WANG D M, ZHAO L, *et al.* Dust removal effect of plant leaves in BeiJing[J]. Journal of Beijing Forestry University,2007,29(2):94-99. (in Chinese)

[4] 阿衣古丽·艾力亚斯,玉米提·哈力克,阿丽亚·拜都热拉,等. 阿克苏市常见园林种叶片重金属含量分布特征[J]. 西北林学院学报,2004,29(1):192-196.

AYIGULI A, UMUT H, ALIYA B, *et al.* Distributions of heavy metal contents of common urban tree leaves in Aksu [J]. Journal of Northwest Forestry University,2004,29(1):192-196. (in Chinese)

[5] 程政红,吴际友,刘云国,等. 岳阳市主要绿化树种滞尘效应研究[J]. 中国城市林业,2004,2(2):37-40.

[6] 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.

GUO W, SHEN T Y J, ZHENG S J, *et al.* Research advances on mechanisms and rules of dust retention of the urban green areas[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2010,19(6):1465-1470. (in Chinese)

[7] 阿丽亚·拜都热拉,玉米提·哈力克,塔依尔江·艾山,等. 阿克苏市五种常见绿化树种滞尘规律[J]. 植物生态学报,2014,38(9):970-977.

ALIYA B, UMUT H, TAYIERJIANG A, *et al.* Patterns of dust retention by five common tree species for urban greening in Aksu City,northwest China[J]. Chinese Journal of Plant Ecology,2014,38(9):970-977. (in Chinese)

[8] 阿丽亚·拜都热拉,玉米提·哈力克,塔依尔江·艾山,等. 新疆阿克苏市绿化树种滞尘能力及影响因素[J]. 中国沙漠,2015,35(2):970-977.

ALIYA B, UMUT H, TAYIERJIANG A, *et al.* Dust retention capacities of urban trees and the influencing factors in Aksu City,northwest China[J]. Journal of Desert Research,2015,35(2):970-977. (in Chinese)

[9] 刘霞,李海梅. 园林植物滞尘效应的研究[J]. 北方园艺,2007,22(8):73-76.

[10] 陈芳,周志翔,肖荣波,等. 城市工业区绿地生态服务功能的计量评价—以武汉钢铁公司厂区绿地为例[J]. 生态学报,2006,26(7):2229-2236.

[11] 李海梅,刘霞. 青岛市城阳区主要园林树种叶片表皮形态与滞尘量的关系[J]. 生态学杂志,2008,27(10):1659-1662.

LI H M, LIU X. Relationships between leaf epidermal morphology and dust-retaining capability of main garden trees in Chengyang district of Qingdao City [J]. Chinese Journal of Ecology,2008,27(10):1659-1662. (in Chinese)

[12] 王会霞,石辉,李秧秧,等. 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,2010,21(12):3077-3082.

WANG H X, SHI H, LI Y Y, *et al.* Relationships between leaf surface characteristics and dust-capturing capability of urban greening plant species[J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2010,21(12):3077-3082. (in Chinese)

[13] 李寒娥,王志云,谭家得,等. 佛山市主要园林绿化植物滞尘效益分析[J]. 生态科学,2006,10(25):395-399.

参考文献：

- [1] 翁殊斐,柯峰,黎彩敏. 用 AHP 法和 SBE 法研究广州公园植物景观单元[J]. 中国园林,2009,25(4):78-81.
WENG S F, KE F, LI C M. Application of AHP and SBE methods in the study of landscape plant composition in Guangzhou parks[J]. Chinese Landscape Architecture,2009,25(4):78-81. (in Chinese)
- [2] 张哲,李霞,潘会堂,等. 用 AHP 法和人体生理、心理指标评价深圳公园绿地植物景观[J]. 北京林业大学学报:社会科学版,2011,10(4):30-37.
ZHANG Z, LI X, PAN H T, *et al.* Evaluation of urban park landscapes in Shenzhen with AHP and psycho-physiological indicators[J]. Journal of Beijing Forestry University: Social Sciences,2011,10(4):30-37. (in Chinese)
- [3] 卢山,陈波,敬婧,等. 中亚热带城市近自然人工植物群落构建研究[J]. 中国园林,2015(6):85-89.
LU S, CHEN B, JING J, *et al.* Study on the construction of urban close-to-nature plant community in the Middle Subtropical zone[J]. Chinese Landscape Architecture,2015(6):85-89. (in Chinese)
- [4] 杨学军,唐东芹. 园林植物群落及其设计有关问题探讨[J]. 中国园林,2011,27(2):97-100.
YANG X J, TANG D Q. Discussion on garden plant community and its design[J]. Chinese Landscape Architecture,2011,27(2):97-100. (in Chinese)
- [5] 陈波. 杭州西湖园林植物配置研究[D]. 杭州:浙江大学,2006.
- [6] 安静,刘念念,杨荣和,等. 花溪国家城市湿地公园夏季植物景观美感评价[J]. 生态经济,2014,30(10):194-199.
- [7] 李俊英,闫红伟,唐强,等. 沈阳森林植物群落结构与其林内景观美学质量关系研究[J]. 西北林学院学报,2011,26(2):212-219.
LI J Y, YAN H W, TANG Q, *et al.* Relationship between in-forest scenic beauty and the plant community structure in Shengyang[J]. Journal of Northwest Forestry University,2011,26(2):212-219. (in Chinese)
- [8] 李艳,杜勇军,刘国宇,等. SBE 法评价西安地区温室植物景观营造及配置特色[J]. 西北林学院学报,2015,30(6):255-260.
LI Y, DU Y J, LIU G Y, *et al.* SBE-based evaluation on plant landscape creation and plant disposition and characteristics of greenhouse in Xi'an area[J]. Journal of Northwest Forestry University,2015,30(6):255-260. (in Chinese)
- [9] 陈鑫峰,贾黎明. 京西山区森林林内景观评价研究[J]. 林业科学,2003,39(4):59-66.
CHEN X F, JIA L M. Research on evaluation of in forest landscapes in west Beijing mountain area[J]. Scientia Silvae Sinicae,2002,39(4):59-66. (in Chinese)
- [10] 沈洁,史童伟. 人工植物群落调查与评价方法设计探讨[J]. 贵州农业科学,2009,37(10):172-174.
- [11] 苏雪痕. 植物造景[M]. 北京:中国林业出版社,1994.
- [12] 陈有民. 园林树木学[M]. 2 版. 北京:中国林业出版社,2011.
- [13] 孙吉雄. 草坪学[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2009.
- [14] 钟素飞,沈守云,廖秋林,等. 长沙市公园典型园林植物群落景观偏好度研究[J]. 广东农业科学,2011(10):42-44,49.
- [15] 齐英贺. 常州市公园植物配置结构及景观评价研究[D]. 南京:南京林业大学,2009.
- [14] 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.
DAI S D, MA K M, BAO L. Distribution and heavy metal character of foliar dust on roadside tree *Sophora japonica* of urban area in Beijing[J]. Acta Ecologica Sinica,2012,32(16):5095-5102. (in Chinese)
- [15] 张刚,魏典典,邹佳宝,等. 干旱胁迫下不同种源文冠果幼苗的生理反应及其抗旱性分析[J]. 西北林学院学报,2014,29(1):1-7.
ZHANG G, WEI D D, WU J B, *et al.* Effect of drought stress on physiological characteristics of *Xanthoceras sorbifolia* from different provenances and analysis on drought resistance in seedling stage[J]. Journal of Northwest Forestry University,2014,29(1):1-7. (in Chinese)
- [16] 蒲光兰,袁大刚,胡学华,等. 杏树抗旱性研究[J]. 西北林学院学报,2005,20(3):42-48.
PU G L, YUAN D G, HU X H, *et al.* Characteristics of *Prunus armeniaca* against drought [J]. Journal of Northwest Forestry University,2005,20(3):42-48.
- [17] 刘忠霞,刘建朝,胡景江,等. 干旱胁迫对苹果树苗活性氧代谢及渗透调节的影响[J]. 西北林学院学报,2013,28(2):15-19.
LIU Z X, LIU J C, HU J J, *et al.* Effects of drought stress on physiological characteristics of *xanthoceras sorbi folia* from different provenances and analysis on drought-resistance in seeding stage[J]. Journal of Northwest Forestry University,2013,28(2):15-19. (in Chinese)
- [18] 郭伟,申屠雅瑾,郑述强,等. 城市绿地滞尘机理和规律的研究进展[J]. 生态环境学报,2010,19(6):1465-1470.
- [19] 刘璐,管东生,陈永勤,等. 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.
- [20] 杨佳,王会霞,谢滨泽,等. 北京 9 个树种叶片滞尘量及叶面微形态解释[J]. 环境科学研究,2015,28(3):385-392.
YANG J, WANG H X, XIE B Z, *et al.* Accumulation of particulate matter on leaves of nine urban greening plant species with different micromorphological structures in Beijing[J]. Research of Environmental Sciences,2015,28(3):385-392. (in Chinese)
- [21] 黄慧娟,袁玉欣,黄慧娟,等. 保定常见绿化植物滞尘效应及尘污染对其光合特征的影响[D]. 保定:河北农业大学,2008.
- [22] 蔡燕薇,潘辉. 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.
- [23] 辛惠卿,霍俊伟. 环境胁迫对果树光合作用的影响[J]. 东北林业大学学报,2008,39(9):130-135.