

新疆南疆三种果树叶表面 微形态结构与滞尘能力比较

萨吉旦·阿卜杜克日木, 祖力克艳·麻那甫, 巴特尔·巴克, 王孟辉

(新疆农业大学 草业与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要:以新疆轮台县3种果树(苹果、核桃、杏)叶片为试材,对其滞尘量和叶片表面微形态结构进行观测,探究了3种果树叶片平均滞尘量在不同时间段和不同高度的变化及叶表面结构与其滞尘量的关系。结果表明:不同果树的滞尘量不同,其中苹果叶片的滞尘量最大,可达到 $5.295 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$,杏叶片的滞尘量最低,仅为 $2.697 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。叶片滞尘量随时间延长而增加($P < 0.01$);不同高度的滞尘量差异极显著($P < 0.01$),叶片平均滞尘量依次为 $1 \text{ m}[(1.716 \pm 0.800) \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}] > 2 \text{ m}[(1.217 \pm 0.355) \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}] > 3 \text{ m}[(0.950 \pm 0.362) \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}]$ 。叶片表面观察结果表明,果树叶片表面在微形态结构上存在明显差异,滞尘能力较强的苹果叶表面结构粗糙,具有绒毛;滞尘能力较弱的杏叶表面结构光滑,无毛。叶表面结构不同,滞尘能力也出现明显差异,说明滞尘能力与叶表特征密切相关。

关键词:果树叶片;滞尘量;叶表面结构

中图分类号:S 661.601 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)24-0128-06

近年来,国内外许多学者都开展了不同树种滞留大气颗粒物能力的开拓性工作,一方面是关

于树种滞尘作用机理的研究^[1-2],另一方面是因时间和空间因素的变化对树木滞尘能力的影响^[3-4]。研究表明,不同树种的滞尘能力有明显的差异且受到很多因素的影响,例如树高^[5]、叶片大小、叶片表面结构^[6-7](粗糙、绒毛、褶皱、油脂等)、气象因素^[8](降水量、风速、沙尘天气)、季节^[9]等诸多参数有关。迈迪娜等^[10]对阿克苏市石榴、樱桃、红枣、无花果等10种果树进行滞尘测定和叶表面电镜扫描,研究发现,葡萄、红枣等滞尘量较高($>3.00 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$),石榴、无花果等滞尘量中等

第一作者简介:萨吉旦·阿卜杜克日木(1990-),女,新疆伊犁人,硕士,研究方向为环境污染与修复。E-mail:sajidamyili@163.com.

责任作者:巴特尔·巴克(1973-),男,新疆喀什人,博士,教授,博士生导师,研究方向为干旱区生态与环境及气象灾害。E-mail:bateerbake@163.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31460316)。

收稿日期:2017-04-11

biomass, and with the times increasing of mowing, and the more times of mowing made that the distribution of alfalfa absorbing root was shallow. The more times of mowing effectively increased organic matter contents of the upper soil, but the effect of moving was not significantly on soil pH and electrical conductivity in the apricot garden. Therefore, suitable times of moving not only promoted the growth of underground part of alfalfa, and also could effectively improved the apricot garden soil nutrient status, but more times (more than 3 times) of moving increased more competition for nutrients between fruit trees roots and alfalfa roots.

Keywords: moving; apricot; *Medicago sativa*; forests intercropping

($1.50 \sim 3.00 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$), 樱桃、桃等滞尘量最低 ($< 1.50 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$)。叶片表面的微结构对其滞尘量有很大的影响, 即叶面积大、叶面粗糙、叶柄短小, 树高、冠幅适中的滞尘能力较强。有研究指出, 绒毛密度、叶面积大小、气孔导度以及蒸腾作用均会影响树叶的颗粒物滞留能力^[11-12]。不同树种单位面积滞尘量差异显著; 同一树种在不同功能区的滞尘能力不同; 不同高度的叶片, 其滞尘量在不同功能区差异显著; 高传友等^[13]对南宁市典型园林植物滞尘效应进行了研究, 结果表明不同树种的滞尘量差异明显, 季节变化对植物的滞尘效应影响显著, 春、冬季滞尘量较大, 而夏、秋季滞尘量较小。

植物的叶片虽然具有滞留沙尘、降低空气中粉尘颗粒物浓度的作用, 但叶表面过度滞留的粉尘量对植物也有一定的不利影响。因此分析其滞尘能力是很有必要的。目前关于沿海以及陆地区绿化树种的研究较多, 而针对新疆南疆果树叶片滞尘能力的研究尚鲜见报道。鉴于此, 该研究以

轮台县 3 种果树叶片为试材, 通过测定滞尘量, 结合叶片表面结构特征, 分析了果树叶片滞尘量在不同时间段和不同高度的变化规律, 为研究大气颗粒物对果树叶片的影响提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于新疆农业科学院轮台县果树资源圃, 属于温带大陆性干旱气候, 降水稀少、蒸发旺盛、空气干燥、日照时间长、热量条件好, 无霜期长、温差较大, 四季分明。年平均气温 $10.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\geq 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的积温 $4\,038.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 年平均降水量 52 mm , 年平均蒸发量 $2\,072 \text{ mm}$, 平均日照数 $2\,783 \text{ h}$, 无霜期约 188 d 。

1.2 试验材料

以新疆农业科学院轮台县果树资源圃为采样点, 选择树龄相同或相近, 生长健壮的具有代表性的 3 种果树作为供试材料, 详情见表 1。

表 1

果树基本信息

Table 1

The basic information of fruit trees

树种 Species	科属 Family genera	生活型 Life form	叶习性 Leaf roller	生长状况 Growth status
苹果 <i>Malus pumila</i>	蔷薇科	乔木	落叶	良好
核桃 <i>Juglans regia</i>	胡桃科	乔木	落叶	良好
杏 <i>Armeniaca vulgaris</i>	蔷薇科	乔木	落叶	良好

1.3 试验方法

1.3.1 滞尘量的测定

相关研究表明, 雨量在 15 mm 以上, 雨强达到 $10 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 的降水或大于 $17 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的风速可以冲刷掉或吹落植物叶片附着的粉尘, 然后重新滞尘^[14-15]。研究采样时间段未出现降水或风速冲洗或吹走植物叶片的现象, 故暂未考虑气象因素对植物叶片的影响。试验自 2016 年 7 月 22 日雨后每隔 4 d (4、8、12、16、20、24 d) 采样 1 次, 连续采样 24 d, 共计 6 次; 每树种采集 1、2、3 m (从地面算起) 高树冠的叶片。叶片采集过程中考虑树冠四周及上、中、下部位, 选择成熟健康的叶片, 采样位置选择树冠外围东、南、西、北 4 个方向, 大叶片采集 10~15 片, 小叶片采集 20~30 片, 采集过程中尽量避免震动, 以免叶片上的灰尘

脱落, 将采集后的叶片小心封存于自封塑料袋中并编号, 带回实验室处理, 每种果树重复 3 次。具体操作步骤: 1) 测定叶片及叶片上附着的颗粒物 m_1 ; 2) 然后用软毛刷轻轻刷掉叶片上附着物, 将叶片用蒸馏水清洗 3 次, 自然阴干后测定 m_2 ; 3) 用万深 LA-S 叶面积仪测定叶面积 S 。单位面积滞尘量 ($\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$) = $(m_1 - m_2) / S$ ^[16-17]。

1.3.2 叶片表面电镜观察

剪取新鲜的果树叶片, 用毛刷轻轻擦拭叶片表面后用蒸馏水冲洗; 在叶脉两侧的中部用新刀切取 $5 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ 左右的组织块, 立即放入 2.5% 戊二醛的溶液中固定; 依次用 30%、50%、70%、80%、90%、95%、100% 丙酮溶液梯度将样品脱水各 20 min; 最后叶片贴在样品台上, 在 E-1045 型离子溅射仪中镀金膜, 于 SU8010 型扫

描电镜下观察,并在不同放大倍数下(150、300、500、1 000、4 000、6 000 倍)进行拍摄^[18-19]。

1.4 数据分析

数据处理采用 SPSS 21 软件完成,对各树种单位面积滞尘量之间的差异进行单因素方差分析(One-way ANOVA);图表制作及分析使用 Microsoft Excel 2010 软件完成,数据以平均数±标准误差表示。

2 结果与分析

2.1 叶片滞尘量比较

该研究中,不同果树的平均滞尘量不同,平均滞尘量从大到小顺序为苹果>核桃>杏。苹果滞尘能力最强,为 $2.717 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$;杏滞尘能力最弱,为 $1.339 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。由表 2 可以看出,研究区 6 次采样期内 3 种果树叶片滞尘量随时间增

表 2 不同时间段果树叶片滞尘量(平均值±标准误差)

Table 2	Amount of dust retention at different times by different fruit trees(mean±SE)						mg · cm ⁻²
树种 Species	天数 Days/d						
	4	8	12	16	20	24	
苹果 <i>Malus pumila</i>	0.568±0.226Dd	1.759±0.080BCc	2.765±0.372Bb	2.928±0.303Bb	2.988±0.335Bb	5.295±0.342Aa	
核桃 <i>Juglans regia</i>	0.847±0.198Cc	0.989±0.123Cc	1.070±0.030Cc	1.997±0.588Bb	2.067±0.113Bb	2.697±0.118Aa	
杏 <i>Armeniaca vulgaris</i>	0.402±0.097Dd	0.613±0.055CDd	0.915±0.132Cc	1.688±0.072Bb	1.936±0.056Bb	2.481±0.094Aa	

注:不同字母标注的数据显示同一果树不同时间段差异显著($P<0.05$, $P<0.01$)。

Note: Values followed by different lowercase letters indicate significant differences among the same fruit trees in the different time($P<0.05$, $P<0.01$).

加而逐渐增加($P<0.01$),表明滞尘量具有一定的累积效应,其平均滞尘量为 $(2.481 \pm 0.094) \sim (5.295 \pm 0.342) \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。

2.2 叶片表面结构特征

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^[20]。该研究中,各果树微观叶表面结构具有明显差异。分析果树的表面微结构特征,

结合其滞尘量(表 3)可知,滞尘能力强的苹果叶表面粗糙且凹凸不平具有网状结构,叶片背面有毛,滞尘能力较强的核桃叶片表面呈现不规则平滑褶皱,气孔较大,数量较少,蜡质呈无定形态,叶脉明显,这些结构可能有利于灰尘的积累。滞尘能力较弱的杏叶片表皮虽然具有有利于滞留颗粒物的沟状组织,但是叶面较光滑,叶两面无毛,造成滞尘能力不强。这与陆锡东等^[21]的研究结果一致。

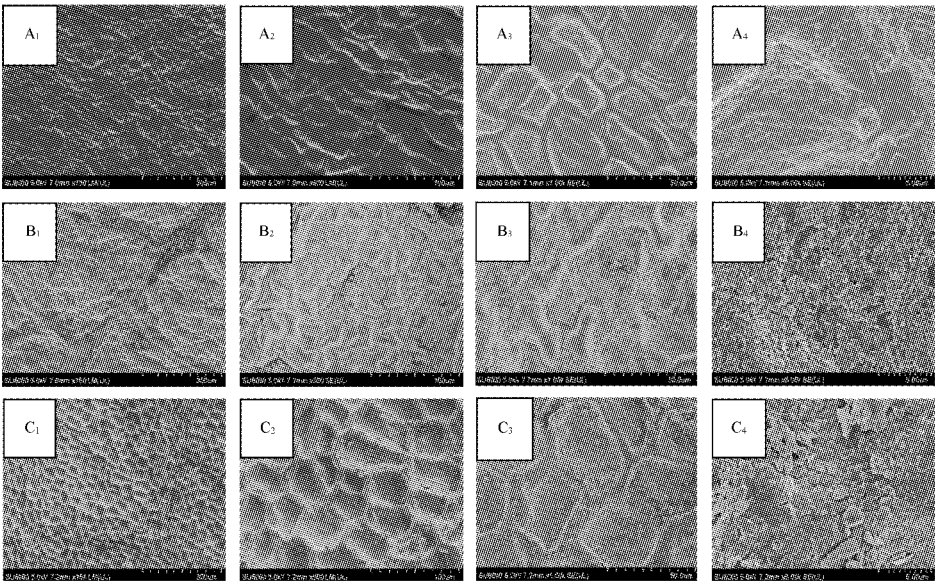
表 3 不同果树叶片表面结构特征

Table 3	Structure features on leaf surface for different fruit trees					
树种 Species	粗糙度 Roughness	叶片硬度 Hardness of leaf	叶片厚度 Leaf thickness	气孔数 Stomata number	滞尘效果 Effect of dust retention	
苹果 <i>Malus pumila</i>	粗糙	较硬	厚	少	强	
核桃 <i>Juglans regia</i>	中等	中等	较厚	较多	中等	
杏 <i>Armeniaca vulgaris</i>	光滑	柔软	薄	多	较强	

2.3 叶片滞尘量随高度的变化

由图 3 可知,同株植物处于不同高度的叶片滞尘量不同。一般来说,低处的叶片滞留的颗粒物较多,高处的较少。在不同高度下其叶片滞尘量表现为随高度的增加而降低。即 $1 \text{ m}[(1.716 \pm 0.800) \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}] > 2 \text{ m}[(1.217 \pm 0.355) \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}] > 3 \text{ m}[(0.950 \pm 0.362) \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}]$ 。可见,叶片在树冠中所处的位置会影响其滞尘量。原因可能是处

于高处的叶片在滞留颗粒物后,因为受到各种因素的影响发生频繁的抖动,进而颗粒物就会掉落。掉落的颗粒物有可能会落到处于低处的叶片上,这与夏侯祯^[22]对大连市常见行道树种滞尘能力与其不同高度的变化规律研究结果基本一致。 1 m 处的叶片滞尘量较高的原因可能是叶片同时受到自然降尘及地面扬尘的影响。杏叶片在不同高度的叶片滞尘量最为明显,其余 2 种果树的差异不明显,可见树种叶片的自身特性也会影响其滞尘量。

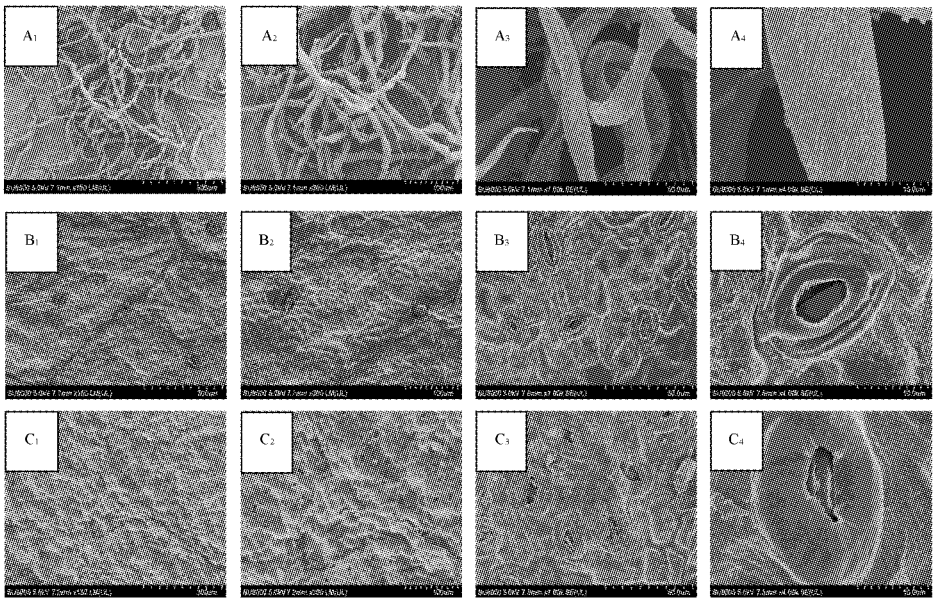


注:A. 苹果;B. 核桃;C. 杏;1. 对应果树叶片上表面 $\times 150$;2. 对应果树叶片上表面 $\times 500$;3. 对应果树叶片上表面 $\times 1\,000$;4. 对应果树叶片上表面 $\times 6\,000$ 。

Note: A. *Malus pumila*; B. *Juglans regia*; C. *Armeniaca vulgaris*; 1. The upper epidermis of corresponding fruit trees is magnified by 150 times; 2. The upper epidermis of corresponding fruit trees is magnified by 500 times; 3. The upper epidermis of corresponding fruit trees is magnified by 1 000 times; 4. The upper epidermis of corresponding fruit trees is magnified by 6 000 times.

图 1 叶片上表面扫描电镜

Fig. 1 Scanning electron microscopy(SEM) of upper epidermis



注:A. 苹果;B. 核桃;C. 杏;1. 对应果树叶片下表皮 $\times 150$;2. 对应果树叶片下表皮 $\times 300$;3. 对应果树叶片下表皮 $\times 1\,000$;4. 对应果树叶片下表皮 $\times 4\,000$ 。

Note: A. *Malus pumila*; B. *Juglans regia*; C. *Armeniaca vulgaris*; 1. The leaf lower epidermis of corresponding fruit trees is magnified by 150 times; 2. The leaf lower epidermis of corresponding fruit trees is magnified by 300 times; 3. The leaf lower epidermis of corresponding fruit trees is magnified by 1 000 times; 4. The leaf lower epidermis of corresponding fruit trees is magnified by 4 000 times.

图 2 叶片下表皮扫描电镜图

Fig. 2 Scanning electron microscopy(SEM) of lower epidermis

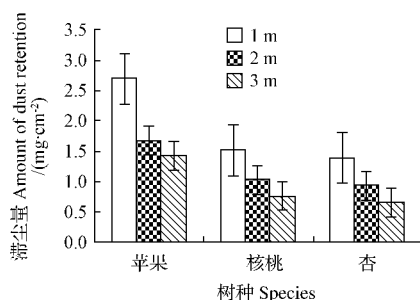


图3 单位面积滞尘量随高度的变化

Fig. 3 Changes of dust retention with height

3 结论与讨论

滞尘能力最初被定义为单位面积在单位时间内滞留的粉尘量。植物通常以停止、附着和黏附3种方式进行滞尘,其作用和机理并不相同。大量研究证明,导致滞尘能力差异的原因诸多,如树冠结构、叶片表面微结构特征、叶表面的黏性分泌物、滞尘累积时间等,其中叶片表面结构是影响叶片滞尘能力的主要因素。陈炜等^[23]和郭伟等^[24]研究发现,叶片的粗糙程度及叶片上下表皮具有毛的形状、数量、气孔密度等特征是造成滞尘能力差异的原因。该研究的3种果树叶片平均滞尘能力依次为苹果>核桃>杏,其滞尘能力强的苹果和核桃叶表面粗糙且凹凸不平具有网状结构,叶片背面有毛,滞尘能力较弱的杏叶片表面光滑,叶两面无毛。陈雪华^[25]针对5个榕树品种和孙晓丹等^[26]针对8种灌木的研究结果表明,滞尘能力较差的叶表面光滑无绒毛,而滞尘能力较强的叶表面不但粗糙,而且气孔密集、开口较大,这与该研究结果相似。可见,叶片形态特征是影响叶片滞尘量的关键因素。

另外,随着时间的延长,一定时间内轮台县资源圃3种果树叶片的平均滞尘量逐渐增加,且方差结果显示,同一果树在不同时间段的滞尘量差异极显著($P < 0.01$),该研究结果与LIU等^[27]的研究结果相似。王赞红等^[28]发现石家庄干道旁大叶黄杨滞尘量在15 d时达到最大值,可知不同植物的滞尘量达到最大值的时间不同。俞学如^[29]通过研究发现,植物所处的高度也会对滞尘能力产生较大的影响,该研究中果树叶片在不同高度接受的灰尘量有明显差

异。由此可见,叶片所处的高度也是造成滞尘能力差异的主要原因之一。

参考文献

- [1] 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,2010,21(12):3077-3082.
- [2] SMITH P H, HOLLOWAY S, GOODMAN A. The uptake of particulates by an urban woodland; Site description and particulate composition [J]. Environmental Pollution, 1997, 95 (1): 27-35.
- [3] 高金晖,王冬梅,赵亮,等. 植物叶片滞尘规律研究:以北京市为例[J]. 北京林业大学学报,2007,29(2):94-99.
- [4] 王月茜. 基于生态功能的城市森林绿地规划控制性指标研究:以南京市为例[D]. 南京:南京林业大学,2004.
- [5] 阿丽亚·拜都热拉,玉米提·哈力克,塔依尔江·艾山,等. 阿克苏市5种常见绿化树种滞尘规律[J]. 植物生态学报,2014, 38(9):970-977.
- [6] 高志慧. 山西大同大学校园主要绿化植物滞尘能力的研究[J]. 山西大同大学学报(自然科学版),2016,32(3):61-64.
- [7] LANGNER M, KULL M, ENDLICHER W R. Determination of PM_{10} deposition based on antimony flux to selected urban surfaces[J]. Environmental Pollution, 2011, 159(8):2028-2034.
- [8] 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,2006,27(10):1659-1662.
- [9] SCHLEICHER N J, NORRA S, CHAI F, et al. Temporal variability of trace metal mobility of urban particulate matter from Beijing; A contribution to health impact assessments of aerosols [J]. Atmospheric Environment, 2011, 45(39):7248-7265.
- [10] 迈迪娜·吐尔逊,玉米提·哈力克,祖皮艳木·买买提,等. 阿克苏市城郊林10种果树叶面形态与滞尘量的关系[J]. 西北林学院学报,2016,31(4):279-283.
- [11] RÄSÄNEN J V, HOLOPAINEN T, JOUTSENSAARI J, et al. Effects of species-specific leaf characteristics and reduced water availability on fine particle capture efficiency of trees[J]. Environmental Pollution, 2013, 183:64-70.
- [12] 阿丽亚·拜都热拉,玉米提·哈力克,塔依尔江·艾山,等. 干旱区绿洲城市主要绿化树种最大滞尘量对比[J]. 林业科学, 2015(3):57-64.
- [13] 高传友. 南宁市典型园林植物滞尘效应及生理特性研究[J]. 水土保持研究,2016,23(1):187-192.
- [14] 高金晖. 北京市主要植物种滞尘影响机制及其效果研究[D]. 北京:北京林业大学,2007.
- [15] 史琛媛,张玉梅,路亚星,等. 保定市几种常见绿化树种叶片滞尘能力研究[J]. 河北林果研究,2015,30(3):289-294.
- [16] 巴特尔·巴克,茹鲜·木沙,沙依甫加玛力·司玛丽,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.
- [17] 程雨萌,王云琦,王玉杰,等. 北京市5种典型植物滞尘特征及影响因素[J]. 环境化学,2016,35(8):1690-1697.

- [18] 蔡礼顺,李杰,朱自学. 5种蔷薇科植物叶表皮特征的扫描电镜观察[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(10): 5842.
- [19] 李新宇,赵松婷,李延明,等. 北方常用园林植物滞留颗粒物能力评价[J]. 中国园林, 2015(3): 72-75.
- [20] 赵勇,李树人,阎志平. 城市绿地的滞尘效应及评价方法[J]. 华中农业大学学报, 2002, 21(6): 582-586.
- [21] 陆锡东,李萍娇,贺庆梅,等. 宜州城区5种行道树叶表面特征及滞尘效果比较[J]. 河池学院学报, 2014, 34(5): 37-43.
- [22] 夏侯祯. 大连市18种常见行道树滞尘能力研究[D]. 大连: 辽宁师范大学, 2015.
- [23] 陈玮,何兴元,张粤,等. 东北地区城市针叶树冬季滞尘效应研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(12): 2113-2116.
- [24] 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, 26(6): 1465-1470.
- [25] 陈雪华. 5个榕树品种叶表面微形态结构与滞尘能力比较[J]. 南方农业学报, 2011, 42(10): 1245-1247.
- [26] 孙晓丹,李海梅,孙丽,等. 8种灌木滞尘能力及叶表面结构研究[J]. 环境化学, 2016, 35(9): 1815-1822.
- [27] 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.
- [28] 王赞红,李纪标. 城市街道常绿灌木植物叶片滞尘能力及滞尘颗粒物形态[J]. 生态环境学报, 2006, 15(2): 327-330.
- [29] 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.

Leaf Surface Microstructures of Three Fruit Trees and Comparison of Their Dust Detaining Capabilities in Southern of Xinjiang

Sajidan ABUDUKERIMU, Zulikeyan MANAFU, Batur BAKE, WANG Menghui

(College of Pratacultural and Environmental Sciences, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052)

Abstract: In order to study the dust detaining capability *Malus pumila*, *Juglans regia*, *Armeniaca vulgaris* trees were chosen to measure and compare its content of dust retention, and the interrelation between leaf surface morphological structure and dust amount were explored. The results showed that the order from strong to weak in dust retaining capability in tested fruit tree leaves were *Malus pumila* > *Juglans regia* > *Armeniaca vulgaris*. The highest value of $5.295 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ was recorded in *Malus pumila*, and the lowest value of $2.697 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ was recorded in *Armeniaca vulgaris*. The dust amount increases with time prolonging ($P < 0.01$), the difference was extremely significant in the different heights dust retention amount ($P < 0.01$), the average leaf dust amount was $1 \text{ m}[(1.716 \pm 0.800) \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}] > 2 \text{ m}[(1.217 \pm 0.355) \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}] > 3 \text{ m}[(0.950 \pm 0.362) \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}]$. The electronic photos showed it's significantly different in leaf surface micro-morphological structure. *Malus pumila* was coarse for villous feature, *Armeniaca vulgaris* was smooth, without villus, villous feature by observing the surface structure of the leaves. Due to different leaf surface micro-morphological structures, the three fruit trees showed different dust detaining capability. The findings that the dust detaining capability was closely related with leaf surface features.

Keywords: fruit leaves; dust retention amount; surface structure of the leaves