

DOI:10.11937/bfyy.201602020

## 五种常见群植小乔木对降温增湿效应和 PM<sub>2.5</sub> 消减效应的研究

刘莹莹, 肖湘东, 过昱辰, 王 赛, 王瑞莹, 王 波

(苏州大学 园艺系, 江苏 苏州 215123)

**摘 要:**以苏州市紫薇(*Lagerstroemia indica* L.)、桂花(*Osmanthus fragrans* (Thunb.) Lour.)、紫叶李(*Prunus cerasifera* Ehrh. 'Atropurpurea' Jacq.)、日本晚樱(*Prunus lannesiana* Wils.)和腊梅(*Chimonanthus praecox* (L.) Link.)等5种常见的群植小乔木为研究对象,研究其对降温增湿效应和对 PM<sub>2.5</sub> 的消减效应。结果表明:5种群植小乔木中,紫薇和桂花的降温效应相对明显,日本晚樱和紫薇的增湿效应明显;紫薇对 PM<sub>2.5</sub> 消减效应最为明显;5种群植小乔木综合降温增湿效应由大到小依次为:紫薇>日本晚樱>紫叶李>桂花>腊梅。其降温增湿效应与 PM<sub>2.5</sub> 消减效应的相关性分析表明,群落内部的降温增湿效应与 PM<sub>2.5</sub> 消减效应显著相关;该研究结果为植物配置结构的优化及城市生态环境的改善提供了科学依据及可能的途径。

**关键词:**群植小乔木;降温效应;增湿效应;PM<sub>2.5</sub> 的消减效应

**中图分类号:**S 688 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)02-0074-04

随着城市工业化和城镇化的迅速发展,城市人口的急剧膨胀,致使环境污染愈来愈严重,尤其是密集型污

**第一作者简介:**刘莹莹(1989-),女,河南南阳人,硕士研究生,研究方向为园林植物生态与修复。E-mail:1013916761@qq.com.

**责任作者:**肖湘东(1976-),男,博士,副教授,现主要从事景观生态学等研究工作。E-mail:14758517@qq.com.

**基金项目:**苏州市应用基础研究计划资助项目(SYN201313)。

**收稿日期:**2015-10-15

染工业模式增长迅速,在中国的东部和东南部沿海地区表现的比较明显<sup>[1]</sup>。乔木是城市生态系统的重要组成部分,作为城市生态建设的软景元素,以提供树荫、减少雨水冲刷、提高空气质量和居住地地貌等方式构建相互关联的城区系统,形成生态的城市居住生活环境<sup>[2]</sup>。

植被对于大气环境中 PM<sub>2.5</sub> 具有抑制作用,最为突出的特征是通过改变太阳辐射量来减轻城市中的热岛效应<sup>[3-4]</sup>。PAUL 等<sup>[5]</sup>研究表明,在非极端的热环境下,树冠面积每增加 10%,空气温度降低 0.2℃。高凯等<sup>[6]</sup>

## Effect of Heavy Metal Cadmium and Lead Stress on Seed Germination and Seedlings Growth of the *Trifolium repens*

WEI Xindong, HUANG Yige, WANG Ying

(The Key Laboratory of Water Environment of the Songliao River Basin, Jilin Jianzhu University, Changchun, Jilin 130118)

**Abstract:** With the *Trifolium repens* as experimental materials, using the different concentrations of heavy metal Cd and Pb stress. To explore the *Trifolium repens* seed germination and seedling growth characteristics under the heavy metal Cd and Pb stress. Designed to the *Trifolium repens* for further studies on heavy metal contaminated soil repair function to provide theoretical reference. The results showed that there were significant effect on the *Trifolium repens* germination rate and germination speed under the heavy metal Cd and Pb stress. With the increase of concentration of heavy metal Cd and Pb, the inhibitory effect on the *Trifolium repens* seed germination rate and germination speed increased gradually. The *Trifolium repens* seedling length, root length, seedling dry weight dropped significantly. There were significant effect on the *Trifolium repens* seedling length, seedling root length and seedling dry weight under the heavy metal Cd and Pb stress. With the increase of concentration of heavy metal Cd and Pb, the inhibitory effect more obvious.

**Keywords:** heavy metal; *Trifolium repens*; seed germination; seedling growth

研究表明大乔木的降温幅度最大(2.8℃),其次为小乔木(2.0℃)。秦俊等<sup>[7]</sup>研究表明就群落结构类型而言,在所有群落中,针叶林、针阔混交林和竹林的降温增湿效应最强,日均降温>2.3℃,日均增湿效应>12.4%。张明丽等<sup>[8]</sup>研究表明,结构复杂、郁闭度高、叶面积指数(LAI)大、植株高的群落比结构简单、郁闭度低、LAI小、植株矮的群落降温增湿作用明显。城市园林植物净化空气质量是一个复杂、难以估量的过程;或通过滞尘作用减少附着于尘埃而悬浮于大气中的细菌数量,或通过一些林木分泌的挥发性杀菌物质(如丁香酚、松脂和肉桂油等)杀灭大量细菌<sup>[9-10]</sup>。

目前对植被生态效应的研究多为定性描述,为准确的反映城市不同群植小乔木群落对生态效应的影响,课题组调查分析了苏州市常见的5种群植小乔木降温增湿效应及对PM<sub>2.5</sub>的消减效应,以期城市的绿化建设提供科学的依据和指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

位于长江三角洲中部的苏州,属于典型的亚热带海洋季风气候,夏季高温多雨,冬季温和少雨,四季分明。2014年,苏州市年平均气温16.9℃,较常年偏高0.6℃;年平均降水量1271.3 mm,较常年偏多11%,为近15年来次多值,但降水量时空分布不均;年降水日数129 d,较常年偏多4 d;年日照时数1780.6 h,较常年偏少5%,为近15年来次少。

### 1.2 研究对象

供试地点位于苏州工业园区,分别选取紫薇、腊梅、紫叶李、桂花和日本晚樱等5种常见的群植小乔木类型作为研究对象,以硬质铺装地面为对照样点,每个样点50 m<sup>2</sup>。其群植小乔木特征见表1。

表1 供试群植小乔木特征

Table 1 The characteristics of selected plant communities

经度 Longitude	纬度 Latitude	种类 Species	叶面积指数 LAI	叶绿素值 SPAD index
120°42'15"	31°19'16"	紫薇	1.60	43.96
120°42'39"	31°19'2"	腊梅	2.14	44.77
120°43'0"	31°19'40"	紫叶李	2.00	18.93
120°43'36"	31°16'33"	桂花	2.65	27.19
120°44'26"	31°16'40"	日本晚樱	1.97	33.12

### 1.3 项目测定

在2014年7月,选择13:00—14:00气温状况相似的高温天气,无风或微风下进行测试,用温湿度自动记录仪(中国, TES-1365)和风速仪(中国, FLUKE 923)测定不同乔木群落对照处理距地面1.5 m高度的空气温湿度、风速。用数字植物冠层图象分析仪(中国, SY-S01A)测定乔木的LAI、叶倾角和郁闭度,使用CHLOROPHLL METER SPAD-502型叶绿素仪

(Japan, Konica Minolta Sensing)测定叶片SPAD值。用五合一PM<sub>2.5</sub>尘埃颗粒物粒子计数空气质量检测仪(中国, DT-9800)测定群落东、西、南、北等方位群落内部、距群落1.5 m及对照处的PM<sub>2.5</sub>含量。降温增湿效应和对PM<sub>2.5</sub>浓度消减效应的计算公式<sup>[11-12]</sup>如下。降温率(%)=(对照温度-树下温度)/对照温度×100;增湿率(%)=(树下湿度-对照湿度)/对照湿度×100;消减率=(1-监测点PM<sub>2.5</sub>值)/对照点PM<sub>2.5</sub>值。

### 1.4 数据分析

试验数据采用WPS 2013, Microsoft Excel 2003和IBM SPSS STATISTICS 19软件进行处理分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 降温增湿

从图1可以看出,不同群植小乔木均存在一定的降温增湿效应,不同群植小乔木具有不同降温效应,按照降温率从大到小依次排列分别为:紫薇(12.01%)>桂花(6.81%)>紫叶李(4.78%)>日本晚樱(3.77%)>腊梅(1.66%),其中,紫薇的降温率最高,腊梅的降温率最低,前者是后者7倍。降温率与LAI和SPAD值的线性回归表明P>0.05,即LAI和SPAD值对降温率的相关性均不大。

由图1还可知,不同的群植小乔木具有不同的增湿效应,其增湿率从大到小依次为:日本晚樱(11.54%)>紫薇(8.27%)>紫叶李(8.25%)>腊梅(5.69%)>桂花(1.11%)。在供试的群植小乔木中,日本晚樱的增湿率最大,桂花的增湿率最小,前者是后者的11倍。增湿率与群植小乔木的LAI和SPAD的线性回归表明,LAI与增湿率的相关性显著(P<0.01),且回归系数为0.57,可见群植小乔木的增湿效应随着LAI的增大而增加,而SPAD值与增湿率的相关性并不明显。

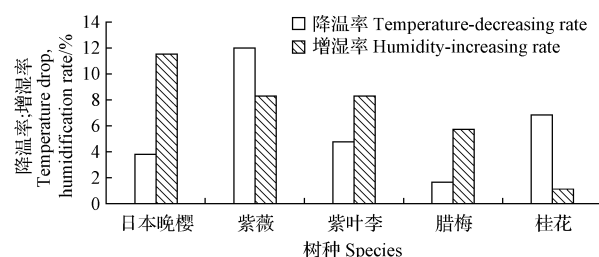


图1 不同群植小乔木对降温增湿效应的影响

Fig. 1 Effect of small arbor communities on temperature-decreasing and humidity-increasing

群植小乔木的降温增湿效应是多因素共同作用的结果,在很大程度上受植物种类、树冠形态、高度、枝叶特征、栽植密度、郁闭度及分枝点高度等多种因素的影响,又因该试验所选取的群植小乔木整体绿化覆盖率不一样,形成的局部独立小气候也不同。

## 2.2 相对消减效应

从图2可以看出,群植小乔木均具有一定的消减效应,但不同群植小乔木对消减效应的影响也不同。群植小乔木内部的滞留效应整体上要大于距群落1.5 m处的消减效应。群植小乔木内部消减效应由大到小依次为:桂花(10.78%)>紫叶李(5.14%)>腊梅(4.7%)>紫薇(4.63%)>日本晚樱(4.15%),桂花的内部消减效应是日本晚樱的2倍多;距群植小乔木1.5 m处的桂花消减效应最高,为5.43%,是距紫薇1.5 m处消减效应的3倍,其消减效应排序为:桂花(5.43%)>紫叶李(3.94%)>日本晚樱(3.71%)>腊梅(2.41%)>紫薇(1.67%)。桂花、紫薇、腊梅、紫叶李和日本晚樱内部的消减效应均与距群落1.5 m处的消减效应呈倍数增加。

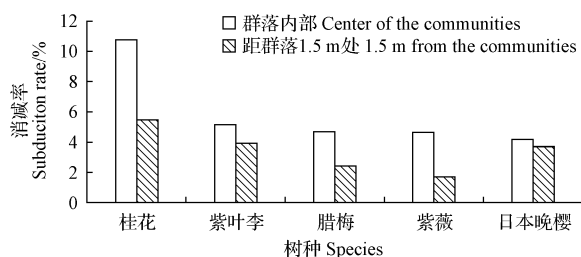


图2 不同群植小乔木对消减效应的影响

Fig. 2 Effect of small arbor communities on subduction effect

表2

多因素方差分析

Table 2

Result of two factors ANOVA

源 Source	III 型平方和 Type III sum of squares	df	均方 Mean square	F	Sig.
校正模型	278 170.311 <sup>a</sup>	14	19 869.308	31.998	0.000
截距	7 637 656.022	1	7 637 656.022	12 299.843	0.000
树种	272 941.200	4	68 235.300	109.888	0.000
距离	4 526.044	2	2 263.022	3.644	0.038
树种×距离	703.067	8	87.883	0.142	0.996
误差	18 628.667	30	620.956		
总计	7 934 455.000	45			
校正的总计	296 798.978	44			

注:因变量  $PM_{2.5}$  含量,  $R^2=0.937$ , 校正  $R^2=0.908$ 。

Note: Dependent variable is content of  $PM_{2.5}$ ,  $R^2=0.937$ , corrected  $R^2=0.908$ .

表3

降温率/增湿率对消减效应的影响

Table 3

Effect of temperature-decreasing/humidity-increasing rate on subduction effect

项目 Term	回归系数 Regression coefficient (T)	$R^2$ (T)	P (T)	回归系数 Regression coefficient (RH)	$R^2$ (RH)	P (RH)
群落内部	0.208	0.021*	0.407	-1.236	0.774	0.025*
距群落1.5 m	-0.679	0.063	0.341	-1.277	0.227	0.208

注: \*\* 表示差异极显著 ( $P<0.01$ ); \* 表示差异显著 ( $P<0.05$ )。

Note: \*\* means highly significant difference ( $P<0.01$ ), \* means significant difference ( $P<0.05$ ).

## 3 结论与讨论

不同群植小乔木的降温增湿效应不但与植物的光合能力有关,更和植物的空间结构等指标有关。该试验

由表2可以看出,多因素方差分析模型在0.001水平上显著,  $R^2$  是以  $PM_{2.5}$  含量为因变量进行多元线性回归方程的决定系数,它的数值表示分析模型已经解释了因变量总变异的多少,即说明  $PM_{2.5}$  含量的变异性能被树种、距离及二者的交互效应解释的部分为93.7%。由方差模型分析可知,树种和距离对  $PM_{2.5}$  含量影响在0.001水平上显著 ( $P<0.05$ ); 树种×距离对  $PM_{2.5}$  含量却并没有显著影响。

## 2.3 降温增湿率与消减效应的相关性

由表3可以看出,群植小乔木内部的消减效应与降温增湿效应的相关系数分别为0.208和-1.236,  $P<0.05$ ,即群植小乔木内部的降温增湿率与群植小乔木的消减效应显著相关;而降温率与其内部的消减效应呈显著正相关,增湿率反之;群植小乔木内部的消减效应越明显,群落内部的消减效应越明显,可能是因为群植小乔木内部温度的降低减缓了粉尘的运动速率,更易于其发挥消减能力,而群植小乔木的增湿效应越明显,群落内部的消减效应越低,可能是因为空气湿度增大,使粉尘更易于降落,固在群落内部分布的粉尘含量越低。距群植小乔木内部1.5 m处的消减效应与降温增湿效应的  $P>0.05$ ,即降温增湿效应与距群植小乔木内部1.5 m处的消减效应的相关性并不显著。

结果表明,紫薇的降温率最高,桂花次之;而桂花的增湿效应却较低,日本晚樱和紫薇的增湿率相对最高,桂花、紫叶李的增湿效应一般。5种群植小乔木增湿降温效应

最好的是紫薇,增湿效应排序依次为紫薇>日本晚樱>紫叶李>桂花>腊梅。

桂花内部对  $PM_{2.5}$  的消减效应较强,5 种群植小乔木的消减效应排序为桂花>紫叶李>腊梅>紫薇>日本晚樱。5 种群植小乔木的综合生态效应中紫薇、桂花、紫叶李的生态效应相对较好,腊梅的生态效应相对较差。

除此之外,群植小乔木内部的增湿降温效应与消减效应具有一定的相关性,群植小乔木内部的降温效应与消减效应在 0.05 的水平上显著正相关,群植小乔木内部的增湿效应与消减效应在 0.05 的水平上显著负相关;而距群落 1.5 m 处的降温增湿效应与消减效应的相关性并不显著。

该研究仅对苏州市常见的 5 种群植小乔木的降温增湿效应和对  $PM_{2.5}$  的消减效应进行了研究,对于苏州常见的群植小乔木来说远远不够,还需要扩大研究区域和增加植物种群数量。并加强对植物生理生态特性的定量分析,进一步研究群植小乔木生态效应的抑菌效应、释氧固碳等,从而综合评价群植小乔木的生态效应。

#### 参考文献

- [1] ZHU S J, HE C F, LIU Y. Going green or going away: Environmental regulation, economic geography and firms' strategies in China's pollution-intensive industries[J]. Geoforum, 2014, 55: 53-65.
- [2] JENNIFER M, TERRY L, STEPHEN J T. A review of benefits and challenges in growing street trees in paved urban environments[J]. Landscape and Urban Planning, 2015, 134: 157-166.
- [3] 赵晨曦, 王玉杰, 王云琦, 等. 细颗粒物  $PM_{2.5}$  与植被关系的研究综述[J]. 生态学杂志, 2013, 32(8): 2203-2210.
- [4] 包满珠. 全球气候变化背景下风景园林的角色与使命[J]. 中国园林, 2009(2): 4-8.
- [5] PAUL C, LARISSA L. How factors of land use/land cover, building configuration, and adjacent heat sources and sinks explain Urban Heat Islands in Chicago[J]. Landscape and Urban Planning, 2014, 125: 117-129.
- [6] 高凯, 秦俊, 宋坤, 等. 城市居住区绿地斑块的降温效应及影响因素分析[J]. 植物资源与环境学报, 2009, 18(3): 50-55.
- [7] 秦俊, 王丽勉, 胡永红, 等. 上海居住区群植小乔木的降温增湿效应[J]. 生态与农村环境学报, 2009, 25(1): 92-95.
- [8] 张明丽, 秦俊, 胡永红. 上海市群植小乔木降温增湿效应的研究[J]. 北京林业大学学报, 2008, 30(2): 39-43.
- [9] KRISTEN L K, SARAH J, LYAD K, et al. Differences in magnitude and spatial distribution of urban forest pollution deposition rates, air pollution emissions, and ambient neighborhood air quality in New York city[J]. Landscape and Urban Planning, 2014, 128: 14-22.
- [10] 王蕾, 王志, 刘连友, 等. 城市园林植物生态功能及评价与优化研究进展[J]. 环境污染与防治, 2006, 28(1): 51-54.
- [11] 秦仲, 巴成宝, 李湛东. 北京市不同群植小乔木的降温增湿效应研究[J]. 生态科学, 2012, 31(5): 567-571.
- [12] 王国玉, 白伟岚, 李新宇, 等. 北京地区消减  $PM_{2.5}$  等颗粒物污染的绿地设计技术探析[J]. 中国园林, 2014(7): 70-76.

## Study on Temperature-decreasing and Humidity-increasing Effect and Subduction Effect on $PM_{2.5}$ Concentrations of 5 Typical Small Arbor Communities

LIU Yingying, XIAO Xiangdong, GUO Yuchen, WANG Sai, WANG Ruiying, WANG Bo

(Department of Horticulture, Soochow University, Suzhou, Jiangsu 215123)

**Abstract:** Taking 5 typical small arbor communities, *Lagerstroemia indica* L., *Osmanthus fragrans* (Thunb.) Lour., *Prunus cerasifera* Ehrh. 'Atropurpurea' Jacq., *Prunus lannesiana* Wils. and *Chimonanthus praecox* (L.) Link. in Suzhou city as research objects, effect of temperature-decreasing and humidity-increasing, and subduction effect on  $PM_{2.5}$  concentrations were studied. The results showed that the temperature-decreasing effect of *Lagerstroemia indica* L. and *Osmanthus fragrans* (Thunb.) Lour. were relatively obvious, the humidity-increasing effect of *Prunus lannesiana* Wils. and *Lagerstroemia indica* L. were obvious; meanwhile the subduction effect of *Lagerstroemia indica* L. on  $PM_{2.5}$  concentrations was the most obvious; the capacity order of their cooling and humidification were *Lagerstroemia indica* L. > *Prunus lannesiana* Wils. > *Prunus cerasifera* Ehrh. 'Atropurpurea' Jacq. > *Osmanthus fragrans* (Thunb.) Lour. > *Chimonanthus praecox* (L.) Link.. The correlation analysis showed that there was a significant correlation between temperature-decreasing and humidity-increasing effect and the subduction effect at center of the communities. The result could provide the scientific basis and possible ways for optimizing plant configuration and improving urban ecological environment.

**Keywords:** small arbor communities; temperature-decreasing effect; humidity-increasing effect; subduction effect on  $PM_{2.5}$  concentrations