

Preliminary Investigation on Variations of Particle Concentrations in Park beside Road

Meiyun Chen¹, Hongwen Shi², Yu Chen¹, Yuxuan Liu¹, Yuhua Li^{1*}, Shuo Dong¹, Xinyu Chen¹

¹Faculty of Resources and Environmental Science, Hubei University, Wuhan Hubei

²Wuhan Institute of Landscape Architecture, Wuhan Hubei

Email: ^{*}liyuhua@hubu.edu.cn

Received: Nov. 16th, 2019; accepted: Dec. 3rd, 2019; published: Dec. 10th, 2019

Abstract

Spatiotemporal distribution and influence factors of particle (including PM_{2.5} and PM₁₀) concentrations in park beside road were investigated. The results indicated that the variations of higher PM_{2.5} and PM₁₀ concentrations were different from that of lower concentrations. However, down-trend of particle concentration was observed in the morning for all the monitoring days. The particle concentration tended to be stable and lower than that of the roadside in the area in the park where the distance between the area and the road was more than 30 m. Air temperature had negative effect on the particle concentration in the park. The particle concentration increased with the relative humidity at higher concentration. However, there was weak correlation between particle concentration and relative humidity at lower concentration.

Keywords

Roadside, Park, Particle, Variation Rules

路边公园环境颗粒物浓度变化规律初探

陈美云¹, 史红文², 陈余¹, 刘雨萱¹, 李玉华^{1*}, 董硕¹, 陈鑫玉¹

¹湖北大学资源环境学院, 湖北 武汉

²武汉市园林科学研究院, 湖北 武汉

Email: ^{*}liyuhua@hubu.edu.cn

收稿日期: 2019年11月16日; 录用日期: 2019年12月3日; 发布日期: 2019年12月10日

*通讯作者。

文章引用: 陈美云, 史红文, 陈余, 刘雨萱, 李玉华, 董硕, 陈鑫玉. 路边公园环境颗粒物浓度变化规律初探[J]. 环境保护前沿, 2019, 9(6): 833-841. DOI: 10.12677/aep.2019.96109

摘要

本文以道路边公园为研究对象,探讨路边公园内颗粒物 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 在公园绿化带内的时空分布规律,并初步探究其浓度影响因素。研究表明,道路边公园内 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 浓度在低浓度和高浓度水平时,其变化规律有所差异。但在上午时间段内,无论浓度水平,颗粒物浓度均为下降趋势。与道路边的距离超过30 m后绿化带内颗粒物浓度水平趋于稳定,且低于道路边颗粒物水平。公园内颗粒物浓度与温度呈负相关,在低浓度水平时与湿度相关性弱,在高浓度水平时与湿度呈正相关。

关键词

道路边, 公园, 颗粒物, 变化规律

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来,我国的经济快速发展,城市化进程不断加快,导致我国机动车保有量持续攀升。我国部分城市研究结果的统计表明,大气环境中 $PM_{2.5}$ 的主要来源为二次源、机动车、碳燃烧、扬尘、生物质燃烧和工业排放等[1]。其中机动车污染由于近年来我国汽车保有量的上升在 $PM_{2.5}$ 来源中占据了重要的地位。统计结果表明,机动车尾气排放的贡献在中国的南方和北方分别达到了 $22\% \pm 8\%$ 和 $17\% \pm 7\%$ [1]。其中,成海容等对武汉的研究结果表明,机动车源对武汉市城区大气 $PM_{2.5}$ 的贡献率为27.1% [2]。

世界卫生组织2016年的报告指出,全球每年因空气污染导致300多万人过早死亡,其中84%是由于暴露于高于人们健康保护水平的颗粒物污染中[3]。路边公园作为人们休闲、娱乐、休憩的场所,具有人流量大、室外停留时间长、老人和儿童等敏感人群密集等特点,其环境空气质量引起了民众的广泛关注。基于此,本文拟以武汉市路边某公园为研究对象,对其环境空气中的颗粒物浓度进行监测,通过对公园内颗粒物浓度的时空变化特点及其与气象因素的关系分析,为人们的生活实践提供建议,并为城市的园林绿化规划提供初步的数据支持。

2. 实验方法

2.1. 采样点布设

本文选择武汉市某次干道边半封闭式公园作为研究对象。该公园仅有单边与道路以人行道连接,在与道路垂直方向上,公园有一侧以人行道与居民区相连,另外两侧与公园中心广场相连。以道路为参考,在与道路相垂直方向上,从路边人行道开始,每间隔10 m设置一个监测点,进行环境空气颗粒物瞬时浓度的监测。采样点布置如图1所示。公园内绿化为草灌结构,灌木以漆树、桂花为主。

2.2. 研究方法

本文颗粒物监测指标为 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} ,瞬时浓度选用PC-3A袖珍型激光可吸入粉尘连续测试仪(青岛聚创环保)进行监测。瞬时浓度监测高度为1.5 m。

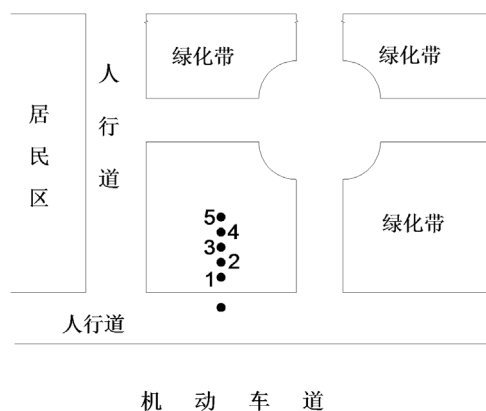


Figure 1. Schematic diagram of pollutant sampling locations

图 1. 路边公园监测点布置图

通过对武汉市生态环境局公布的大气空气质量结果进行分析,发现武汉市颗粒物污染以冬季最为严重。因此,本文选择 2018 年 11~12 月作为研究的时间段,11 月选择 3 个周末,12 月选择 2 个周末进行监测。选取民众路边公园活动频率较高的周末时间,可降低车流量对环境空气中颗粒物的影响。在晴朗、无风或微风(瞬时风速小于 $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)情况下,从早上 9:00 到下午 17:00,每间隔两个小时,对各监测点进行 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 瞬时浓度检测。每个监测点瞬时浓度共读取 3 个值,瞬时浓度取平均值计。监测点瞬时浓度检测的同时,对各监测点空气温度和相对湿度进行记录。

3. 结果与讨论

3.1. 路边公园颗粒物浓度时间变化规律

根据武汉市生态环境保护局公布的大气质量报告,武汉市 2018 年 11 月份空气优良率 70%,实验所选 3 个周末,空气质量均为良;12 月份空气质量优良率仅为 58.1%,实验所选 2 个周末均为污染天气。此次路边公园颗粒物浓度监测, $\text{PM}_{2.5}$ 浓度范围为 $25\sim 170 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, PM_{10} 浓度范围为 $35\sim 315 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 。将监测日的颗粒物浓度取平均值,依据《环境空气质量》(GB 3095-2012)中 24 小时平均浓度限值二级标准—— $\text{PM}_{2.5}$ $75 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, PM_{10} $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$,将监测结果分为低浓度日和高浓度日分别进行分析。人行道和路边公园内不同位置处 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 颗粒物浓度随时间变化规律如图 2 和图 3 所示。

图 2(a)所示为低浓度时,人行道和路边花园中不同位置处 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度随时间的变化。所有监测点 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度随时间的变化趋势基本一致, $\text{PM}_{2.5}$ 浓度随时间变化基本呈现“W”型,在 9:00, 13:00 和 17:00 分别出现峰值,11:00 和 15:00 出现谷值。分析其原因,一方面武汉的冬季小风、静风天气出现频率较高,不利于颗粒物的扩散和输送,早上和傍晚空气温度低,湿度大,有利于颗粒物的聚集;另一方面,非工作日车流量虽然有所降低,但还是呈现出早、中、晚的三个小高峰,增大了这三个时间段的颗粒物排放。其中 13:00 的 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度高峰值,也有部分是大气环境化学作用生成的二次气溶胶的贡献。高浓度(图 2(b))时各监测点 $\text{PM}_{2.5}$ 随时间的变化规律基本一致,但与低浓度时有所差别。高浓度时浓度随时间变化曲线基本呈现“L”型,在 11:00 出现浓度低值,15:00 达到监测时间段内的最高值,然后 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度开始下降。这与陈上杰等在 2015 年北京所观察到的工作日林带内的 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度水平及浓度随时间的变化规律基本一致[4]。从上午 9:00 开始, $\text{PM}_{2.5}$ 浓度逐渐下降,在下午 15:00 左右出现一个小高峰,然后开始下降。监测过程中,高浓度日下午 15:00 温度仅高于下午 17:00,而相对湿度为全天最高值,这样的温湿度条件,有

利于颗粒物的形成,但不利于污染物扩散。这说明高浓度时,空气中 $PM_{2.5}$ 浓度的影响因素权重与低浓度时有所差别。高浓度时,汽车排放量的影响降低,气象因素的影响更显著。

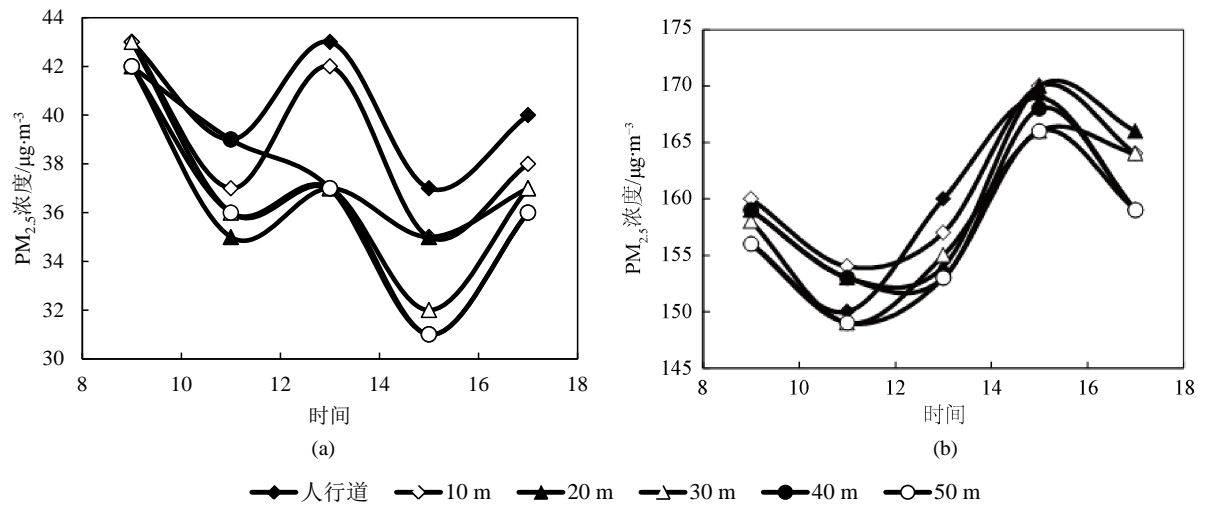


Figure 2. Variations of $PM_{2.5}$ concentrations with time in park beside road. (a) Low concentration; (b) High concentration
图 2. 路边公园 $PM_{2.5}$ 浓度随时间变化规律。(a) 低浓度; (b) 高浓度

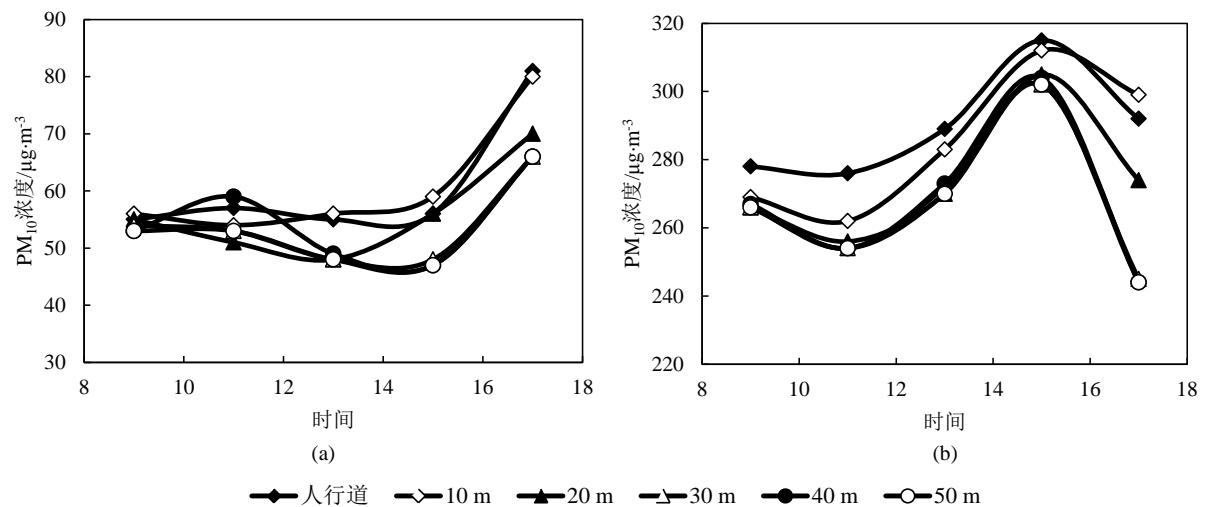


Figure 3. Variations of PM_{10} concentrations with time in park beside road. (a) Low concentration; (b) High concentration
图 3. 路边公园 PM_{10} 浓度随时间变化规律。(a) 低浓度; (b) 高浓度

图 3(a)所示为低浓度时,人行道和路边花园中不同位置处 PM_{10} 浓度随时间的变化。所有监测点 PM_{10} 浓度随时间的变化趋势基本一致, PM_{10} 浓度随时间变化基本呈现“L”型,各测点的 PM_{10} 浓度从上午 9:00 一直到下午的 15:00 没有显著变化,后面开始急剧上升,在 17:00 时达到峰值。高浓度(图 3(b))时各监测点 PM_{10} 随时间的变化规律基本一致,但与低浓度时有所差别。高浓度时浓度随时间变化曲线在 11:00 出现浓度低值,15:00 达到监测时间段内的最高值,然后 PM_{10} 浓度开始下降。这与李龙凤等对广州市街道 PM_{10} 变化规律的单峰分布基本一致[5]。在低浓度时,从上午 9:00 一直到中午的 12:00 PM_{10} 没有显著变化,14:00 之后开始缓慢上升。本文监测结果在 PM_{10} 浓度达到高峰后,浓度开始出现下降,与李龙凤等的结果略有差异。在高浓度时, PM_{10} 浓度都出现了从早上 9:00 开始下降,然后上升的趋势;区别在于李

龙凤等对街道 PM_{10} 监测的结果在 15:00 到 17:00 时间段浓度持续上升, 而本文监测结果 15:00 后开始下降。分析其原因, 除车流量影响外, 出现颗粒物高浓度的监测日, 在下午 15:00 测得了监测时间段内的较低温度, 污染物扩散受到影响, 造成了颗粒物的累积。

结合 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 在不同浓度水平的变化规律, 建议人们在上午 10:00 到 12:00 在路边公园进行活动, 该时间段污染物浓度水平相对较低。

3.2. 路边公园颗粒物浓度距离变化规律

本文通过在垂直于道路方向上不同距离处设置监测点, 研究路边公园颗粒物浓度随距离的变化, $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 浓度分布分别见图 4 和图 5。

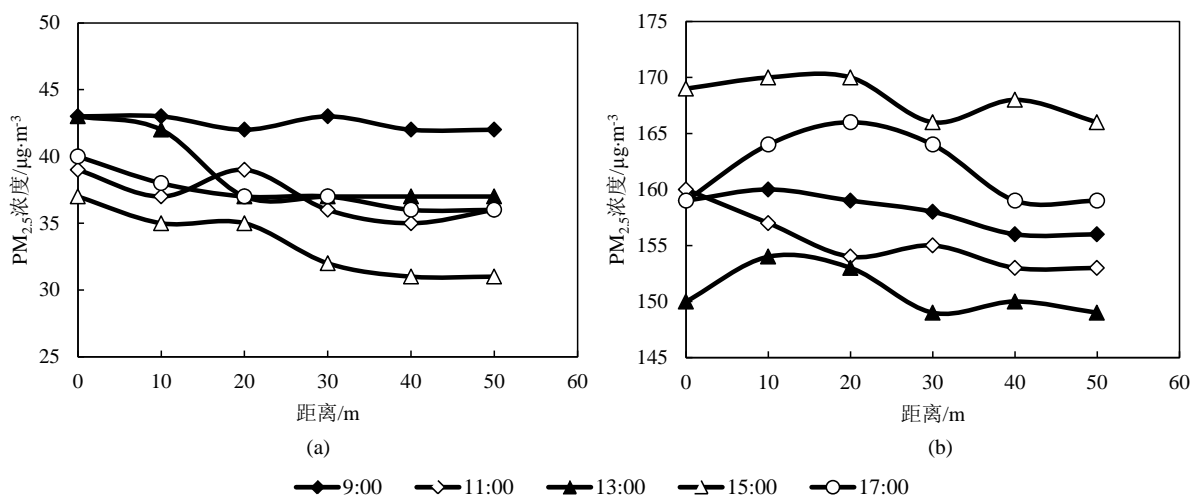


Figure 4. Variations of $PM_{2.5}$ concentrations with distance in park beside road. (a) Low concentration; (b) High concentration
图 4. 路边公园 $PM_{2.5}$ 浓度随距离变化规律。(a) 低浓度; (b) 高浓度

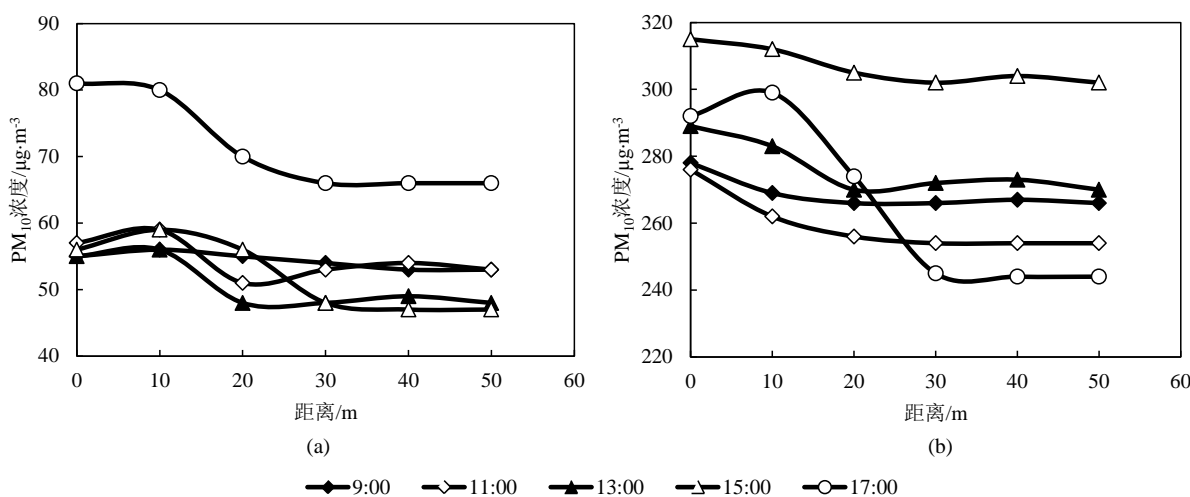


Figure 5. Variations of PM_{10} concentrations with distance in park beside road. (a) Low concentration; (b) High concentration
图 5. 路边公园 PM_{10} 浓度随距离变化规律。(a) 低浓度; (b) 高浓度

由图 4 和图 5 可知, 对于 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的低浓度和高浓度污染水平, 颗粒物在从人行道开始到距离道路边 30 m 的范围内, 颗粒物浓度有所波动, 部分区域会出现颗粒物浓度高于路边的情况。当距离大于

30 m 后, 颗粒物浓度开始趋于稳定。以道路边颗粒物浓度为基准, 用公式(1)计算颗粒物浓度衰减情况:

$$P = (C_s - C_m) \times 100\% / C_s \quad (1)$$

式中: P 表示花园绿化带内颗粒物衰减率, %; C_s 表示道路边人行道颗粒物浓度, $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$; C_m 表示绿化带 50 m 处颗粒物浓度, $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

计算结果表明, 在颗粒物浓度较低时, 花园绿化带内 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 浓度最大衰减率分别为 16.2% 和 20.3%, 均出现在下午 15:00; 颗粒物浓度较高时, 花园绿化带内 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 浓度最大衰减率分别为 4.2% 和 18.4%, 均出现在下午 17:00。已有研究表明, 植物具有滞留大气颗粒物的能力[6] [7] [8] [9]。如大叶黄杨的单位叶面积滞尘量平均值为 $1.46 \pm 0.11 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, 金叶女贞与珍珠梅滞尘量均在 $1.20 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 左右[10], 桂花树叶片滞尘能力平均值在 1.37%, 滞尘效果较强且对粒径在 0~100 μm 范围内的粉尘滞尘能力大于 0.5% [11]。本文所研究的路边公园为草灌结构, 绿化密度较低, 绿化带边缘对颗粒物虽有一定的滞尘能力, 但仍有大量颗粒物进一步向绿化带内扩散。另一方面, 绿化带内温度降低、湿度升高, 有利于颗粒物的聚集, 致使绿化带边缘处颗粒物浓度波动, 甚至有所上升。随着绿化带的宽度增长, 植物的滞尘能力得以进一步提升, 颗粒物浓度水平降低并趋于稳定。

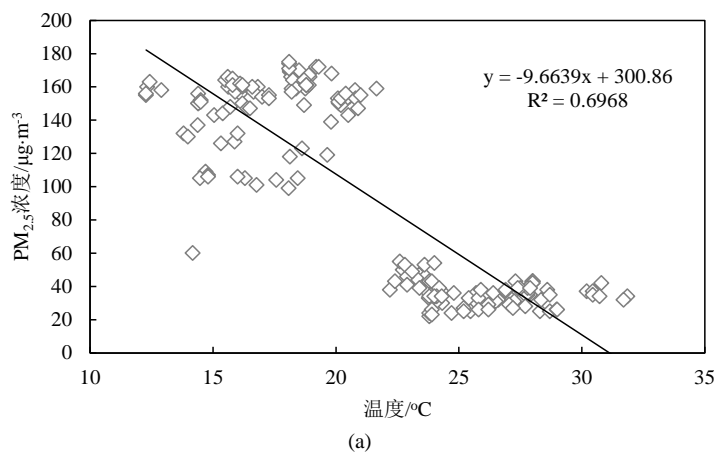
本文研究结果表明, 路边公园的绿化带的确可以降低空气中颗粒物浓度水平, 但其净化能力有限, 在高污染天气, 并不能将颗粒物浓度水平降低至人体健康可接受水平。同时, 公园绿地宽度要大于 30 m。在距离路边 30 m 范围内, 可监测到颗粒物污染水平高于道路边水平的情况。

3.3. 路边公园颗粒物浓度与气象因素的相关性

路边公园颗粒物浓度水平受诸多因素的影响, 包括大气环境本底污染物浓度水平、机动车排放、风向风速、空气温湿度、光照等。本文监测研究选择在非工作日, 降低了车流量对监测结果的影响。监测过程均为静风和小风天气, 风向风速影响基本可以忽略。因此, 本文主要研究路边公园颗粒物浓度与空气温湿度、湿度的相关性。

分别以温度和湿度为横坐标, 以 $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ 浓度为纵坐标, 进行颗粒物浓度与空气温湿度相关性分析。发现 $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ 浓度与空气温度基本呈负相关, 结果如图 6 所示。 $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ 浓度与空气湿度的相关性不显著。将 $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ 浓度以每天起始浓度为依据分低浓度和高浓度水平分别与空气湿度进行相关性分析。发现低浓度时相关性不明显, 但高浓度时与湿度呈正相关, 结果如图 7 所示。

由图 6 可知, 对绿化带内颗粒物 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} , 无论颗粒物浓度水平高低, 颗粒物浓度与温度呈负相关。这主要是由于高温时, 空气湍流程度增加, 有助于污染物的扩散。图 7 给出了 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 处于



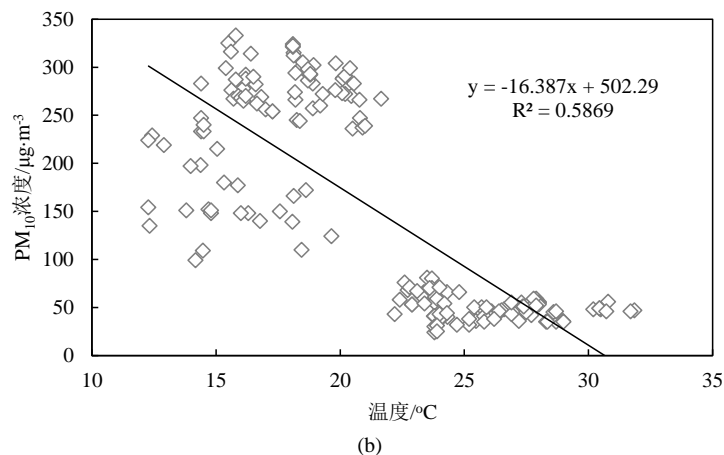


Figure 6. Correlation between $PM_{2.5}/PM_{10}$ concentration and air temperature. (a) $PM_{2.5}$; (b) PM_{10}

图 6. $PM_{2.5}/PM_{10}$ 浓度与空气温度相关性。(a) $PM_{2.5}$; (b) PM_{10}

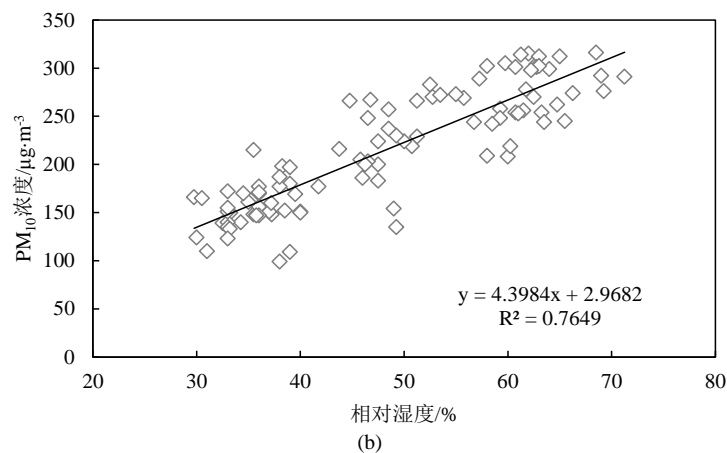
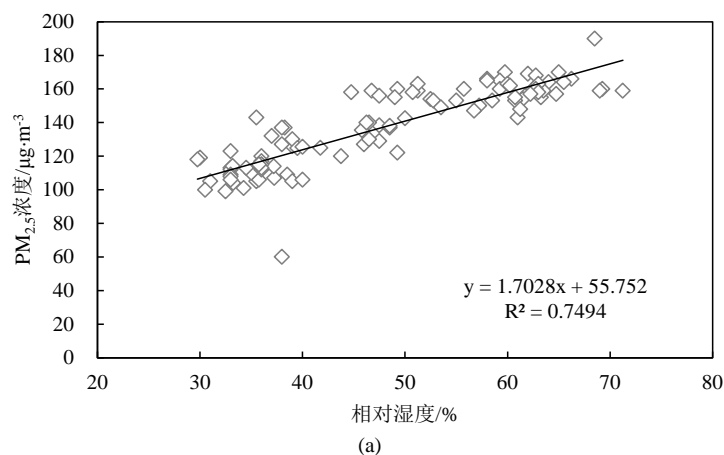


Figure 7. Correlation between $PM_{2.5}/PM_{10}$ concentration and air relative humidity. (a) $PM_{2.5}$; (b) PM_{10}

图 7. $PM_{2.5}/PM_{10}$ 浓度与空气相对湿度相关性。(a) $PM_{2.5}$; (b) PM_{10}

高浓度水平时，颗粒物与相对湿度正相关。而在颗粒物低浓度水平时，颗粒物浓度与相对湿度也呈现正相关，但相关系数仅为 0.20 ($PM_{2.5}$ 与 PM_{10} 相同)。这说明高颗粒物浓度时，高湿度更有助于颗粒物的聚

集,而在低浓度时,因颗粒物数量较少,这种效果并不显著。在低湿度条件下,由于颗粒物表面吸附能力小而不凝聚沉降[12]。随着相对湿度的增加,颗粒物沉积速度会显著增加,且在周围空气湿度较高的情况下,空气中的 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 中的有机盐、硫氧化物以及氮氧化物的组分容易吸水并结晶从而使颗粒物浓度增高[13]。武汉市区的相对湿度大部分时间都在75%以上,这种高湿度天气导致武汉市颗粒物浓度时常处于较高水平[14]。

基于以上分析,建议在高温低湿气象条件下,在路边公园活动。这种气象条件下,污染物浓度相对偏低,对人体健康较为有利。

4. 结论

本文以道路边公园内环境空气中颗粒物为研究对象,通过测定距离道路边不同位置处颗粒物浓度,对公园内颗粒物浓度的时间、空间变化规律,及其与温湿度的关系进行分析,并对民众的公园活动实践给予建议。主要结论如下:

1) 道路边公园颗粒物浓度在上午9:00后开始出现下降趋势,本文监测时间段内颗粒物浓度与时间变化关系表明,上午至中午时间段颗粒物浓度较低,从颗粒物污染角度,建议民众的公园活动时间尽量选择在此时间段。

2) 道路边公园颗粒物浓度在距离道路边30 m范围内,浓度波动较大;30 m后颗粒物浓度开始趋于稳定,并且低于道路边浓度。建议民众在公园内活动时,最好距离道路边30 m以上。

3) 相关性分析结果表明,道路边公园内颗粒物浓度与温度呈负相关($PM_{2.5}$ 决定系数 $R^2 = 0.70$, PM_{10} 决定系数 $R^2 = 0.59$);与空气相对湿度相关性不明显,但在颗粒物浓度较高的情况下, $PM_{2.5}/PM_{10}$ 与空气湿度呈正相关($PM_{2.5}$ 决定系数 $R^2 = 0.75$, PM_{10} 决定系数 $R^2 = 0.76$)。从颗粒物污染角度,建议民众尽量选择高温低湿天气进行公园活动。

基金项目

《武汉园林绿地调控空气细颗粒物($PM_{2.5}$)研究》,武汉市园林局和林业局。

参考文献

- [1] Zhang, Y.J., Cai, J., Wang, S.X., He, K.B. and Zheng, M. (2017) Review of Receptor-Based Source Apportionment Research of Fine Particulate Matter and Its Challenges in China. *Science of the Total Environment*, **586**, 917-929. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.071>
- [2] 成海容,王祖武,冯家良,陈宏玲,张帆,刘佳.武汉市城区大气 $PM_{2.5}$ 的碳组分与源解析[J].生态环境学报,2012,21(9):1574-1579.
- [3] World Health Organization (2016) *Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease*.
- [4] 陈上杰,牛健植,韩旖旎,李娇.道路绿化带内大气 $PM_{2.5}$ 质量浓度变化特征[J].水土保持学报,2015,29(2):100-105.
- [5] 李龙凤,王新明,赵利容,何秋生,盛国英,傅家谟.广州市街道环境 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 质量浓度的变化特征[J].地球与环境,2005,33(2):57-60.
- [6] 王蕾,高尚玉,刘连友,哈斯.北京市11种园林植物滞留大气颗粒物能力研究[J].应用生态学报,2006,17(4):597-601.
- [7] 谢子瑞,赵锦慧,黄超.武汉市公园绿化植物滞尘能力的初步研究[J].湖北大学学报(自然科学版),2018,40(4):424-428.
- [8] 武小钢,蔺银鼎.城市道路隔离带绿化模式对人行道空气质量的影响评价[J].环境科学学报,2015,35(4):984-990.
- [9] 殷杉,蔡静萍,陈丽萍,申哲民,邹晓东,吴旦,王文华.交通绿化带植物配置对空气颗粒物的净化效益[J].生态学报,2007,27(11):4590-4595.

-
- [10] 孙晓丹, 李海梅, 孙丽, 郭霄, 徐萌. 8 种灌木滞尘能力及叶片表面结构研究[J]. 环境化学, 2016, 35(9): 1815-1822.
- [11] 贾彦, 吴超, 董春芳, 李常平, 廖慧敏. 7 种绿化植物滞尘的微观测定[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2012, 43(11): 4547-4553.
- [12] Lou, C.R., Liu, H.Y., Li, Y.L. and Li, Y.F. (2016) Research on the Response of Air Particles ($PM_{2.5}/PM_{10}$) to Landscape Structure: A Review. *Acta Ecologica Sinica*, **36**, 6719-6729. <https://doi.org/10.5846/stxb201501240190>
- [13] Zhu, C.Y. and Zeng, Y.Z. (2018) Effects of Urban Lake Wetlands on the Spatial and Temporal Distribution of Air PM_{10} and $PM_{2.5}$ in the Spring in Wuhan. *Urban Forestry & Urban Greening*, **31**, 142-156. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.02.008>
- [14] Zhang, T.H. and Zhu, Z.M. (2016) Characteristics of Fine Particles in an Urban Atmosphere-Relationships with Meteorological Parameters and Trace Gases. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **13**, 807. <https://doi.org/10.3390/ijerph13080807>