

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2017.02.008

成都城区典型污染天气城市森林对 大气颗粒物的影响

郑绍伟¹, 罗晓聪², 黎燕琼¹, 陈俊华¹, 谢天资¹, 李宇奇¹, 罗奕爽¹, 慕长龙^{1*}

(1. 四川省林业科学研究院, 四川 成都 610081;

2. 内江市市中区龚家林业工作站, 四川 内江 641000)

摘要:大气颗粒物(PM_{2.5}和PM₁₀)是影响城市空气质量的首要污染物。近年来成都秋冬季受气象条件制约,大气颗粒物污染严重。本文通过对成都2016年秋冬季大气颗粒物日均浓度动态变化及典型污染天气城市森林内外大气颗粒物浓度日变化分析,得出以下结论:(1)大气颗粒物浓度和气象条件有显著相关关系,有利的气象条件可以加速大气颗粒物的扩散,能有效的改善空气质量;(2)城市森林中的PM₁₀和TSP日均浓度皆低于森林外,城市森林内的大气颗粒物日变化规律基本呈现“早晚高、白天低”的格局。

关键词:大气颗粒物;气象条件;城市森林

中图分类号:S718.56

文献标识码:A

文章编号:1003-5508(2017)03-0040-04

Effects of Urban Forest on Atmospheric Particulate Matter in Typical Urban Pollution in Chengdu

ZHENG Shao-wei¹ LUO Xiao-cong² LI Yan-qiong¹ CHEN Jun-hua¹

XIE Tian-zi¹ LI Yu-qi¹ LUO Yi-shuang¹ MU Chang-long¹

(1. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, China;

2. Nei Jiang City Central District Gong jia Forestry Station, Neijiang 641000, China)

Abstract: Atmospheric particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀) were the primary pollutants that affect urban air quality. Atmospheric particulate pollution resulted from weather conditions was serious in autumn and winter these years. In this paper, analysis was made of the daily variation of atmospheric particulate matter concentration in the autumn and winter of Chengdu in 2016 and the daily variation of atmospheric particulate matter concentration in urban forest. The results showed that (1) atmospheric particulate matter concentration and meteorological conditions had a significant correlation, favorable weather conditions could accelerate the proliferation of atmospheric particulate matter, and effectively improve the air quality. (2) The diurnal variation of PM₁₀ and TSP in urban forest was lower than that in forest, and the diurnal variation of atmospheric particulate matter in urban forest showed the pattern of "morning and evening high and low daytime".

Key words: Atmospheric particulate, Weather conditions, Urban forest

大气颗粒物是指大气中存在的各种固态和液
颗粒状物质的总称,也称大气气溶胶,是影响城市空

气质量的首要污染物^[1]。大气颗粒物浓度超标是
我国许多城市空气质量景管理中的突出问题。可吸入

收稿日期:2017-03-01

基金项目:成渝地区美丽城镇森林景观区域特征分析与构建技术集成示范(201404301)

作者简介:郑绍伟(1981-),男,高级工程师,主要从事森林生态及城市森林方面研究。

颗粒物(PM₁₀)可通过呼吸道进入人体,沉积在上呼吸道,粒径小于2.5 μm的细粒子(PM_{2.5})可进入肺泡中,并可能导致与心和肺的功能障碍有关的疾病^[2]。成都市地处四川盆地,风速小、静风频率高,环境空气中PM₁₀浓度长期居高不下,成为主要的环境问题^[3]。城市森林生态系统除了发挥森林防风固沙、水源、美化环境、维持生物多样性的功能外,还有着缓解空气污染,净化城市空气的重要作用。城市森林中通过阻隔空气流动、叶片吸附等,可以有效降低大气颗粒物浓度^[4]。城市森林还可以创造大量的负氧离子,负氧离子可以吸附大量的PM_{2.5},空气中的负氧离子越高,大气中的PM_{2.5}浓度越低^[5]。

本研究通过对成都城区PM₁₀和PM_{2.5}质量浓度的时空分布特征进行分析,了解成都市大气颗粒物的污染状况与气象条件的关系。通过对典型雾霾天城市森林林内林外大气颗粒物浓度定点监测分析,了解成都城区城市森林林内林外大气颗粒物浓度日变化趋势及城市森林对大气颗粒物的净化能力,为进一步对大气颗粒物的治理提供理论依据。

1 研究地概况

成都属亚热带湿润季风气候,年均气温18℃,年均降水量在1 000 mm以上。冬季少雨、无风、多雾,不利的气象条件导致近年来成都城区冬季大气污染日益严重。研究地点位于成都城区东部驿都大道。驿都大道是成都市中心城区与卫星城市龙泉驿区两个城市连接的交通干道,呈东西走向,昼间车流量18辆-75辆·min⁻¹(图1)。驿都大道景观绿化带主要有3种绿化模式,即带状片林模式、草坪模式和草坪+1-2m宽灌木带+单行乔木绿化模式。本文研究区选择了驿都大道大面街道段的带状游憩区的片林(E104°11'23.06",N30°35'02.36")。该带状片林中林带长约600 m左右,林带宽60 m~80 m,林内主要乔木树种有栎树(*Koelreuteria paniculata*)、黄葛树(*Ficus virens* Ait. var. *sublanceolata* (Miq.) Corner)、香樟(*Cinnamomum camphora* (L.) Presl.)、女贞(*Ligustrum lucidum*)、峨眉含笑(*Micheliawilsonii* Finet et Gagnep)等,林内郁闭度0.75,平均树高15 m;灌木主要有紫薇(*Lagerstroemia indica* L.)、五角枫(*Acer mono* Maxim.)、白玉(*Magnolia*

denudata Desr.)、小叶女贞(*Ligustrum quihoui* Carr.)等;草本主要为麦冬(*Ophiopogon japonicus* (Linn. f.) Ker-Gawl.)。

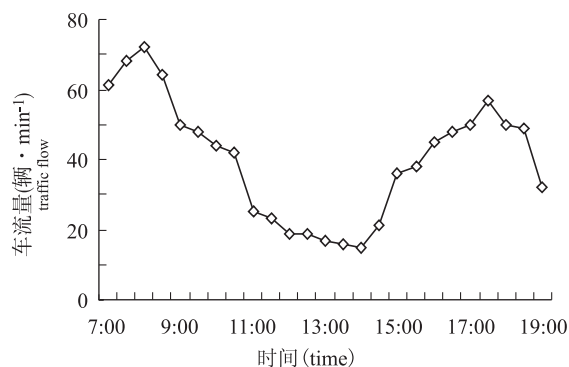


图1 研究路段日间车流量动态

2 研究方法

2.1 气象数据

本文气象数据采用成都市城区三圣乡站点气温和逐日降雨量资料,研究时段为2016年9月1日~2017年1月31日。

2.2 颗粒物数据

本文大气颗粒物数据采集时间为2016年冬季典型雾霾天,时段为2017年1月1日~1月6日,其间成都天气连续无雨,少风,持续大气颗粒物重度或严重污染。每天观测时段为07:00~19:00,每两小时采集1次数据,每次连续采集5组数据,取其平均,数据采集使用美国进口直读式大气粒子计数器MetOne831,每组数据均包含PM_{2.5}、PM₁₀和TSP。

2.3 分析方法

数据均采用Excel和spss软件进行处理,分析大气颗粒物浓度与气象条件的关系,分析重度污染天气下城市森林对大气颗粒物的影响。

3 结果与分析

3.1 不同气象条件对大气颗粒物浓度的影响

据现有部分研究表明,大气颗粒物浓度与气象条件之间有直接相关关系^[6],降雨及大风都有利于颗粒物的沉降或稀释扩散,从而降低大气颗粒物浓度。本文研究时段内大气颗粒物浓度与气象条件也有较显著的相关性,特别是颗粒物浓度与降雨量之间关系明显。根据大气颗粒物日平均浓度曲线及逐

日降雨量曲线显示,研究时段内早期因天气多风多雨等因素,颗粒物浓度一直较低。进入冬季以后,因气象条件变差,无风无雨,不利于大气颗粒物扩散,颗粒物浓度居高不下,造成了多日重度污染,首要污染物主要是 PM2.5 和 PM10。大气颗粒物浓度与温度之间具有一定相关性,从图 2 中可以看出,颗粒物浓度未达标的天数中 (PM2.5) $75 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, (PM10) $150 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, 其日平均气温都集中在 10°C 左右,且无风少雨。从 2016 年 11 月 1 日起至 2017 年 1 月 31 日止共 3 月时段内,成都有过半时间为污染天,且成都降雨总量不到 20 mm; 而大气颗粒物浓度达标天数中,多伴随降雨,导致温度偏低,多集中在 $5^\circ\text{C} \sim 7^\circ\text{C}$ 。

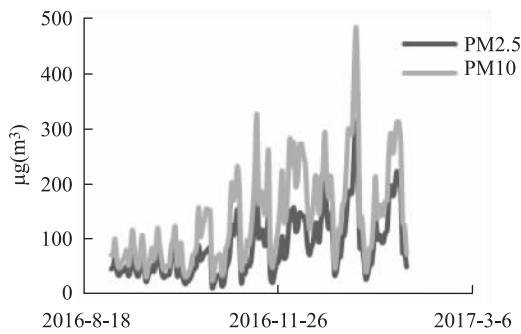


图 2 大气颗粒物日均浓度变化图

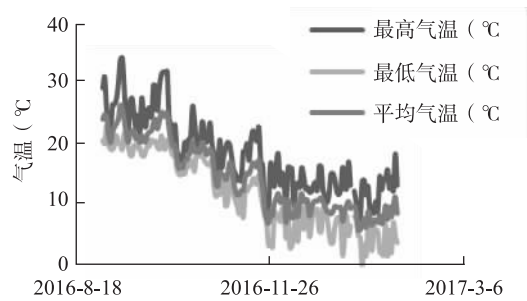


图 3 逐日最高、最低、平均气温变化图

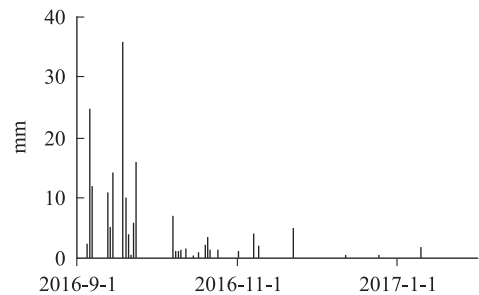


图 4 逐日平均降雨量变化图

通过对大气颗粒物和气温以及降雨量进行相关性分析,结果如表 1 所示,可见大气颗粒物浓度和降雨量以及气温有着极显著的相关性。其中 PM2.5 和 PM10 浓度与最低气温、最高气温和降雨量呈负相关,与平均温度呈正相关。

表 1 气温、降雨量和大气颗粒物的相关性分析

	pm2.5	pm10	最高温度	最低温度	平均温度	降雨量
pm2.5	1	0.986 **	-0.414 **	-0.514 **	0.498 **	-0.229 **
pm10	0.986 **	1	-0.432 **	-0.527 **	-0.519 **	-0.245 **
最高气温	-0.414 **	-0.432 **	1	0.828 **	0.948 **	0.206 *
最低气温	-0.514 **	-0.527 **	0.828 **	1	0.969 **	0.333 **
平均温度	-0.498 **	-0.519 **	0.948 **	0.969 **	1	0.292 **
降雨量	-0.229 **	-0.245 **	0.206 **	0.333 **	0.292 **	1

** 为 $P=0.01$, * 为 $P=0.05$

3.2 城市森林对大气颗粒物的影响

在大气颗粒物污染日趋严重的今天,城市森林的空气净化作用,越来越多的受到人们的关注和重视,大气颗粒物浓度虽受气象条件影响较大,但也有研究表明,城市森林的存在,可以降低大气颗粒物浓度,在一定程度上缓解大气颗粒物污染,改善空气质量^[7-14]。

从图 5 ~ 图 8 中可以看出,大气颗粒物中的 PM2.5 的日变化曲线呈现出早晚高,白天低的规律;而 PM10、TSP 则呈现出早上高,白天低的规律,晚上略有抬头的规律。森林内外 PM2.5 浓度变化对比表现为林内上午高于林外,下午低于林外,晚上又略高于林外,差值幅度在 $\pm 8\%$ 左右;而森林内外 PM10、TSP 浓度变化则表现为除早上林内高于林

外,其余时段林内皆明显低于林外,最大差值幅度分别在 12% 和 23% 左右。PM2.5 日平均浓度则表现为林内林外持平,林内仅高于林外 2% 左右;PM10、TSP 日平均浓度表现为林内低于林外,但相差幅度也不大,约在 3% 和 10% 左右。

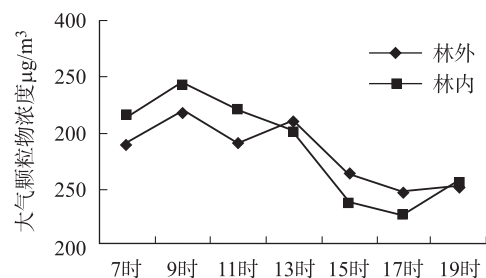


图 5 PM2.5 日动态变化图

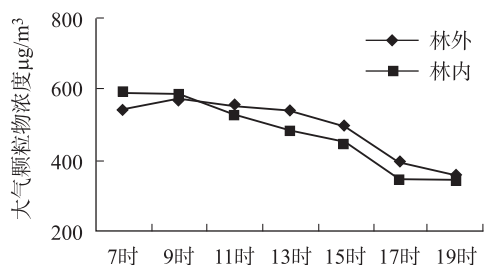


图6 PM10日动态变化图

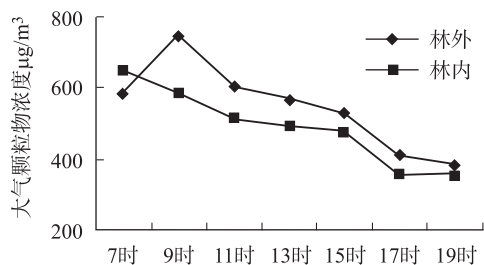


图7 TSP日动态变化图

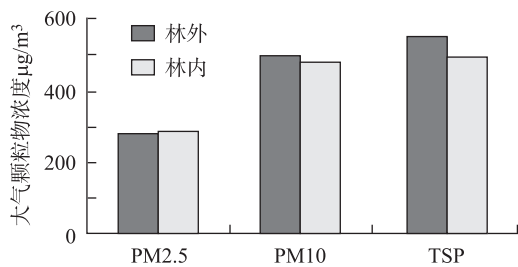


图8 林内林外日平均大气颗粒物浓度

4 结论与讨论

(1) 大气颗粒物浓度与气象条件之间关系密切,大气颗粒物浓度与最低气温、最高气温、平均温度和降雨量呈极显著相关关系。在温度较高的夏秋季,时常伴有强对流天气,强风多雨,有利的气象条件加速了大气颗粒物的扩散,能有效的改善空气质量。成都冬季无风少雨,不利于大气颗粒物扩散,应加强人工降雨洒水等干预措施,促进大气颗粒物沉降或扩散,缓解大气污染。

(2) 城市森林的存在能一定程度上净化空气,降低大气颗粒物浓度。本文结果也可以看出,森林内 PM10 和 TSP 浓度除早上略高于林外,其余时段皆明显低于林内;但森林内外 PM10 和 TSP 日平均浓度差值不大,约在 10% 之内。这说明城市森林具有净化空气颗粒物的作用,在一定空间范围内比较显著,达到一定阈值后,将不再明显,也即会形成较

稳定的“森林内环境”。城市森林净化空气的能力和森林林分类型、郁闭度、叶片面积等都有一定联系,不同森林净化空气的能力是有差别的,加强对不同林分类型森林净化空气能力的研究,对城市森林的建设具有十分重要的指导意义。

(3) 森林内 PM2.5 浓度上午时段内高于林外,而下午则低于林外,这和森林内小环境有直接联系。森林内湿度大,通风条件差,不利于 PM2.5 等小径级颗粒物扩散,而植物在前一日的颗粒物吸附过程中,已趋于饱和,且经过夜间休眠,吸附能力减弱,因此森林 PM2.5 浓度上午高于森林外;午后气象条件变好,温度升高,湿度减小,森林吸附颗粒物能力增强,加速了颗粒物扩散,因此森林内 PM2.5 浓度下午时段低于林外。城市森林内的 PM2.5 日变化规律基本呈现“早晚高、白天低”的格局,这些结论也和已有的研究结果比较吻合^[7]。

参考文献:

- [1] 孙小莉,李生才,曾庆轩,等. 城市空气污染及其防治对策[J]. 安全与环境学报,2008,8(4):73~76.
- [2] 霍静,李彭辉,韩斌,等. 天津秋冬季 PM2.5 碳组分化学特征与来源分析[J]. 中国环境科学,2011,31(12):1937~1942.
- [3] 王淑兰,柴发合,张远航,等. 成都市大气颗粒物污染特征及其来源分析[J]. 地理科学,2004,24(4):488~492.
- [4] 李秀忠,杨恺林. 城市森林缓解 PM2.5 等大气颗粒物污染研究概况[J]. 中南林业调查规划,2016,35(1):10~13.
- [5] 倪军. 城市不同功能区典型下垫面空气离子与环境因子的相关研究[D]. 上海:上海师范大学,2005.
- [6] 邓利群,钱骏,廖瑞雪,等. 2009年8~9月成都市颗粒物污染及其与气象条件的关系[J]. 中国环境科学,2012,32(8):1433~1438.
- [7] 王晓磊,王成. 城市森林调控空气颗粒物功能研究进展[J]. 生态学报,2014,34(8):1910~1921.
- [8] 聂蕾,邓志华,陈奇伯. 城市森林对大气颗粒物净化效果研究[J]. 西部林业科学,2016,45(5):119~123.
- [9] 陈瑞,童方平,李贵,等. 森林类型对大气中 PM2.5 值的影响[J]. 湖南林业科技,2016,43(2):44~49.
- [10] 王铁浩,凯旋,谢双喜. 重庆铁山坪森林植被调控下的大气 PM2.5 和 PM10 特征[J]. 四川林业科技,2016,37(6):54~58.
- [11] 王成,郭二果,鄯光发. 北京西山典型城市森林内 PM2.5 动态变化规律[J]. 生态学报,2014,34(19):5650~5658.
- [12] 陈波,鲁绍伟,李少宁. 北京城市森林不同天气状况下 PM2.5 浓度变化[J]. 生态学报,2016,36(5):1391~1399.
- [13] 郭二果,王成,鄯光发,等. 北方地区典型天气对城市森林内大气颗粒物的影响[J]. 中国环境科学,2013,33(7):1185~1198.
- [14] 吴海龙,余新晓,师忱,等. PM2.5 特征及森林植被对其调控研究进展[J]. 中国水土保持科学,2012,10(6):116~122.