

张建设,冯万富,史晓海,等. 不同绿地结构对 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的消减作用[J]. 江苏农业科学,2019,47(21):302–304.
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2019.21.073

不同绿地结构对 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的消减作用

张建设^{1,2}, 冯万富^{1,2}, 史晓海^{1,2}, 单燕祥^{1,2}, 李月凤^{1,2}, 柳 勇^{1,2}, 张玉虎^{1,2}, 周亚运¹

(1. 河南省信阳市林业科学研究所,河南信阳 464031; 2. 河南鸡公山森林生态系统国家定位观测研究站,河南信阳 464031)

摘要:为研究城市道路中不同绿地结构对 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 的消减作用,选择河南省信阳市城区主干道——新五大道、新七大道上不同绿地结构(乔、乔–草、灌–草、乔–灌、乔–灌–草、对照点)为试验监测点,对其 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 浓度进行监测、分析以及消减率的计算,结果表明,不同绿地结构内 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 浓度呈现出“早晚高、中午低”的日变化特征,且在 08:00 左右浓度达到最大。乔–灌、乔–灌–草绿地结构的 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 浓度显著低于其他 4 种绿地结构。不同绿地结构对 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 消减作用差异显著,对 $PM_{2.5}$ 消减作用规律为乔–灌–草 > 乔–灌、乔–草 > 灌–草、乔,对 PM_{10} 消减作用规律为乔–灌–草 > 乔–灌、灌–草、乔–草 > 乔,整体上看,绿地对 $PM_{2.5}$ 消减率高于 PM_{10} 。

关键词:绿地结构; $PM_{2.5}$; PM_{10} ;消减能力

中图分类号: S181 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002–1302(2019)21–0302–03

近 30 年来,随着我国经济、城市化、工业化的快速发展以及汽车保有量的持续增加,城市空气污染日益严重。以 $PM_{2.5}$ (细颗粒物)和 PM_{10} (可吸入颗粒物)为主的大气颗粒物具有广泛的危害性^[1],已成为我国大部分城市空气的首要污染物^[2–3]。

城市道路绿地作为“绿色基础设施”,是城市生态系统的重要组成部分,不仅为城市居民提供了相对洁净的休闲游憩空间,在净化大气颗粒物方面也发挥着独特的生态功能^[4]。城市交通污染是大气颗粒物的首要来源^[5–6],主干道及其两侧 50 m 以内、1.7 m 以下的低空范围是受交通污染影响最为严重的空间^[7]。道路绿地沿街而建,其范围恰巧处于污染严重的区域,在汽车保有量逐年增加,交通污染日趋严重的城市背景下,道路绿地作为一种消减交通污染源的重要方式正受到越来越广泛的重视^[8]。近年来,针对 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 的研究多集中于其组成、污染特征、与气象因子关系、单一植物滞尘能力等方面,虽已有学者对北京、青岛等城市道路绿地消减大气颗粒物的能力进行了研究^[9–10],但总体来看,对不同道路绿地结构对 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 消减作用的研究还是较少,且不同研究结果表明:同一区域内,不用道路绿地结构对大气颗粒物消减有着明显差异;不同区域由于污染来源、气候条件以及污染特征不同,加之各地区的植物配置存在差异,影响因素较多,其消减结果不尽相同。河南信阳是唯一连续 8 年入选中国十佳宜居城市的城市,当前,正处于大气污染治理攻坚时期。鉴于此,本试验对信阳市区主干道不同绿地结构消减 $PM_{2.5}$ 和

PM_{10} 特点与差异进行研究,旨在筛选出消减能力较强的群落结构,为信阳大气污染治理以及道路绿地设计提供一定的科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

信阳地理坐标介于 113°45′~115°38′E、30°23′~32°27′N 之间,地跨淮河,位于中国亚热带和暖温带的地理分界线(秦岭–淮河)上,属亚热带向暖温带过渡区,具有典型的大陆性季风气候。年均气温 15.1~15.3℃,年均降水量 900~1400 mm,年平均日照时数,北部、中部 2100~2200 h,山区 1900~2000 h,年均相对湿度 77%,常年主导风向为东北风,无霜期长,平均 220~230 d。

1.2 研究方法

按照乔、乔–草、灌–草、乔–灌、乔–灌–草 5 种道路绿地结构类型,并以无绿化的水泥路面为对照,且基于对绿地生态效益辐射距离^[11]要求的考虑,在信阳城区新五大道、新七大道中为 5 种绿地结构以及对照各选择 3 处监测样地,各样地规格为 10 m (垂直于道路) × 15 m (平行于道路),每个样地的监测点设在样地几何中心,距离主干道 10 m。不同绿地结构中乔木主要有香樟 [*Cinnamomum camphora* (L.) Presl.]、法桐 (*Platanus orientalis* L.); 灌木有迎春花 (*Jasminum nudiflorum*)、夹竹桃 (*Nerium indicum* Mill.)、卫矛 (*Euonymus alatus*)、木槿 (*Hibiscus syriacus* L.)、紫薇 (*Lagerstroemia indica* L.)、榆叶梅 [*Amygdalus triloba* (Lindl.) Ricker]; 草本种类主要有沿阶草 (*Ophiopogon bodinieri* Levl.)、络石 [*Trachelospermum jasminoides* (Lindl.) Lem.]、萱草 [*Heimerocallis fulva* (L.) L.]、三叶草 (*Trifolium repens* L.)、万寿菊 (*Tagetes erecta* L.) 等。各绿地结构详见表 1。

于 2017 年 5—7 月,选着晴朗无风或微风天气,进行 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 浓度监测试验。试验时,定点、同步监测各监测点距离地面 1.5 m 处的 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 浓度。监测时间段为

收稿日期:2018–07–31

基金项目:国家林业公益性行业科研专项(编号:20130430101);河南省科技攻关计划(编号:172102310561);信阳市科技计划(编号:150088)。

作者简介:张建设(1987—),男,河南商城人,硕士,主要从事森林生态系统关键过程长期观测与模拟以及城市森林净化环境空气功能方面的研究。E-mail:605195219@qq.com。

表 1 不同绿地结构的基本情况

绿地结构	乔木			灌木			草本	
	物种	高度(m)	郁闭度	物种	高度(m)	盖度	物种	盖度
乔	香樟	3.8	0.4	—	—	—	—	—
乔-草	香樟	4.2	0.4	—	—	—	沿街草、络石、萱草	0.8
灌-草	—	—	—	迎春花、夹竹桃	1.5	0.5	沿街草、三叶草	0.7
乔-灌	香樟、法桐	3.5	0.5	迎春花、夹竹桃、卫矛	2.0	0.6	—	—
乔-灌-草	香樟、法桐	4.5	0.5	木槿、紫薇、榆叶梅	2.0	0.6	络石、萱草、万寿菊	0.8
对照点	—	—	—	—	—	—	—	—

08:00—17:00,每次连续监测 10 h,每个监测点每月持续监测 3 d。试验仪器采用英国 Turnkey 仪器公司生产、符合粉尘监测国家标准的 Dustmate 粉尘检测仪。

不同绿地结构对 PM_{2.5}、PM₁₀ 的消减能力(消减率)计算公式如下:

$$P = \frac{C_0 - C_m}{C_0} \times 100\%。$$

式中:P 为消减率,%;C₀ 为对照点大气颗粒物质量浓度,μg/m³;C_m 为不同绿地结构大气颗粒物质量浓度,μg/m³。

1.3 数据处理

试验数据采用 SPSS 19.0 进行单因素方差分析,并用最小显著差数法(LSD)检验数据之间的差异性,用 Excel 2003 绘图。

2 结果与分析

2.1 不同绿地结构 PM_{2.5}、PM₁₀ 浓度的日变化

由图 1、图 2 可以看出,各监测点 PM_{2.5}、PM₁₀ 浓度日变化基本一致,呈现出“双峰单谷”型,即早晚高、午间低,表明不同绿地结构不会影响空气 PM_{2.5}、PM₁₀ 浓度的日变化总体趋势。不同时段,大气颗粒物浓度值差异较大。在监测时间段内,08:00 前后,各监测点 PM_{2.5}、PM₁₀ 浓度最高,随后开始下降,13:00 前后,达到最低,之后,又开始上升。一天中,PM_{2.5}、PM₁₀ 浓度变化受人们的生产活动、气温、污染源排放等多个因素影响^[12-16]。08:00 是上班高峰,车流量大,尾气排放多,此时气温也相对低,加之夜晚大气层较稳定,不利于污染物扩散,前夜的空气污染物有所积累,导致此时 PM_{2.5}、PM₁₀ 浓度居

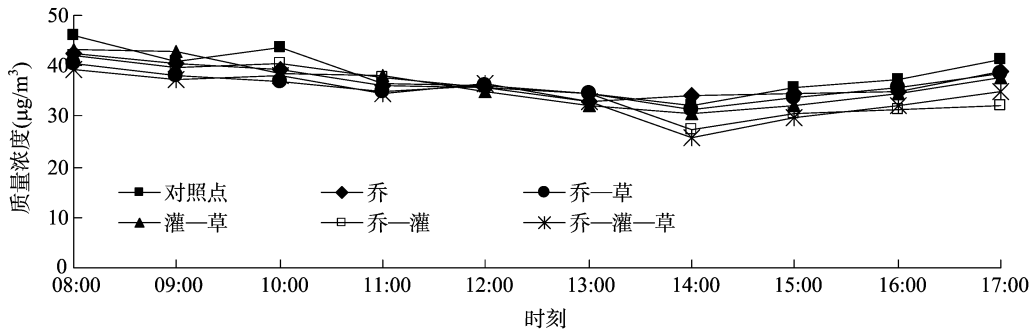


图1 不同绿地结构 PM_{2.5} 浓度日变化特征

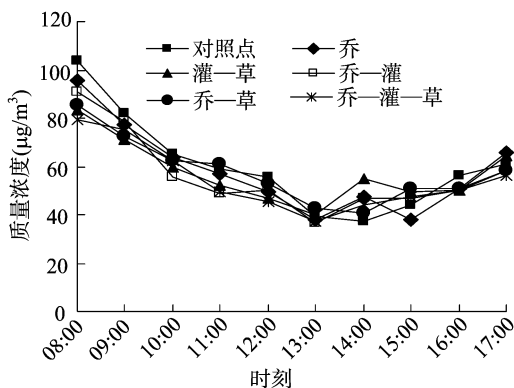


图2 不同绿地结构 PM₁₀ 浓度日变化特征

高。此后,随气温上升、车流量减少,PM_{2.5}、PM₁₀ 浓度下降,到 17:00 后,因下班高峰等原因,其值又开始上升。

2.2 不同绿地结构 PM_{2.5}、PM₁₀ 浓度分析

由表 2 看出,在不同绿地结构以及对照中,PM_{2.5} 日均浓

度由大到小依次为对照点>乔>灌-草>乔-草>乔-灌>乔-灌-草,PM₁₀ 日均浓度由大到小依次为对照点>乔>乔-草>灌-草>乔-灌>乔-灌-草,二者略有不同。不同绿地结构 PM_{2.5}、PM₁₀ 浓度均低于对照,说明无论何种绿地结构都有着降低 PM_{2.5}、PM₁₀ 作用。对对照点和不同绿地结构内 PM_{2.5}、PM₁₀ 日均浓度进行方差分析和多重比较,二者均表现为对照点、乔、乔-草、灌-草的日均浓度显著高于乔-灌、乔-灌-草绿地结构,因为一般乔木的体积、冠幅大,能有效降低风速,阻滞空气中扬尘,同时,乔木叶多,也可有效吸附空气中污染物,而灌木则对空气中降尘有着有效阻滞作用^[17],有乔木、灌木组成的郁闭度大、盖度高以及复层明显的绿地结构能有效降低大气颗粒物质量浓度,改善空气质量。

2.3 不同绿地结构对 PM_{2.5}、PM₁₀ 的消减作用

如表 3 所示,不同绿地结构对 PM_{2.5}、PM₁₀ 消减率均存在显著差异。其中,乔-灌-草对 PM_{2.5} 消减率最高,为 11.15%,显著高于乔-灌、乔-草绿地结构,乔-灌、乔-草

表 2 不同绿地结构 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 日平均浓度

绿地结构	日平均浓度 (μg/m ³)	
	PM _{2.5}	PM ₁₀
对照点	38.04 ± 4.37a	60.37 ± 20.25a
乔	36.95 ± 3.14a	58.31 ± 18.02a
乔 - 草	36.03 ± 2.64a	57.67 ± 13.42a
灌 - 草	36.49 ± 4.45a	57.22 ± 12.92a
乔 - 灌	35.22 ± 4.81b	56.20 ± 16.24b
乔 - 灌 - 草	34.12 ± 4.07b	54.70 ± 13.72b

注:表中数据为平均值 ± 标准差,同列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。表 3 同。

表 3 不同绿地结构对 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 的消减率

绿地结构	消减率 (%)	
	PM _{2.5}	PM ₁₀
乔	3.78 ± 0.007 2c	3.42 ± 0.005 6c
乔 - 草	6.19 ± 0.007 7b	4.47 ± 0.005 8b
灌 - 草	4.97 ± 0.003 3c	5.22 ± 0.004 2b
乔 - 灌	8.30 ± 0.006 2b	6.92 ± 0.004 4b
乔 - 灌 - 草	11.15 ± 0.008 5a	9.39 ± 0.007 6a

对 PM_{2.5} 消减率分别为 8.30%、6.19%,又显著高于灌 - 草、乔 2 种绿地结构。乔 - 灌 - 草对 PM₁₀ 消减率为 9.39%,显著高于乔 - 灌、灌 - 草、乔 - 草 3 种绿草地结构,乔 - 灌、灌 - 草、乔 - 草对 PM₁₀ 消减率分别为 6.92%、5.22%、4.47%,都显著高于乔结构绿地。整体上看,绿地对 PM_{2.5} 消减率高于 PM₁₀,表明大气颗粒物粒径越小,植被对其消减作用越强,本研究结果与孙晓丹等研究结果^[9]一致,与杨貌等研究结果^[10]相出入,也进一步说明了不同区域由于污染源、污染特征、气候条件等不同,绿地对大气颗粒物消减规律不尽相同。

道路绿地对 PM_{2.5}、PM₁₀ 的消减作用,一是通过减小风速而达到减尘作用,二是通过枝叶对粉尘进行吸附、滞留,实现滞尘效应。影响道路绿地对 PM_{2.5}、PM₁₀ 消减作用的因素主要有绿地绿量、植物丰富度、复层结构、叶片特性等因素。不同绿地结构中,乔 - 灌 - 草(香樟 - 法桐 + 木槿 - 紫薇 - 榆叶梅 + 络石 - 萱草 - 万寿菊)植物丰富度最高,绿量最大,又是多复层结构,故而对 PM_{2.5}、PM₁₀ 的消减能力最强。乔 - 灌(香樟 + 法桐 - 迎春花 + 夹竹桃 + 卫矛)植物丰富度、绿量、复层小于乔 - 灌 - 草,但是大于其他绿地结构,对 PM_{2.5}、PM₁₀ 的消减作用次之。乔 - 草(香樟 - 沿阶草 + 络石 + 萱草)、灌 - 草(迎春花 + 夹竹桃 - 沿阶草 + 三叶草)二者植物丰富度、绿量、复层均较低,对 PM_{2.5}、PM₁₀ 的消减作用较小。乔结构绿地仅有香樟组成,植物丰富度、绿量最小,又为单层结构,因而对 PM_{2.5}、PM₁₀ 的消减作用最低。因此,在城市道路绿化中,可优先采用乔 - 灌 - 草结构以提高其对 PM_{2.5}、PM₁₀ 的消减作用,更限度地发挥道路绿地的生态功能。

3 结论

不同绿地结构中,PM_{2.5}、PM₁₀ 浓度变化曲线具有一致性,基本为“早晚高、中午低”的变化规律,受上班高峰等因素影响,08:00 左右二者浓度最高。

不同绿地结构中,PM_{2.5} 浓度由大到小为对照点 > 乔 > 灌 - 草 > 乔 - 草 > 乔 - 灌 > 乔 - 灌 - 草,PM₁₀ 浓度由大到小依次为对照点 > 乔 > 乔 - 草 > 灌 - 草 > 乔 - 灌 > 乔 - 灌 - 草。PM_{2.5}、PM₁₀ 在不同绿地结构中浓度差异显著,均表现为对照点、乔、乔 - 草、灌 - 草显著高于乔 - 灌、乔 - 灌 - 草。

不同绿地结构对 PM_{2.5}、PM₁₀ 消减率差异显著,PM_{2.5} 消减率呈现为乔 - 灌 - 草 > 乔 - 灌、乔 - 草 > 灌 - 草、乔的规律,PM₁₀ 消减率呈现为乔 - 灌 - 草 > 乔 - 灌、灌 - 草、乔 - 草 > 乔的规律。整体上看,绿地对 PM_{2.5} 消减率高于 PM₁₀。

参考文献:

[1] 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.

[2] 王 华,鲁绍伟,李少宁,等. 可吸入颗粒物和细颗粒物基本特征、监测方法及森林调控功能[J]. 应用生态学报,2013,24(3):869-877.

[3] Huang R J, Zhang Y, Bozzetti C, et al. High secondary aerosol contribution to particulate pollution during haze events in China[J]. Nature,2014,514(7521):218-222.

[4] 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.

[5] Feng J L, Hu M, Chan C K, et al. A comparative study of the organic matter in PM_{2.5} from three Chinese megacities in three different climatic zones[J]. Atmospheric Environment,2006,40(21):3983-3994.

[6] Begum B A, Biswas S K, Hopke P K. Temporal variations and spatial distribution of ambient PM_{2.5} and PM₁₀ concentrations in Dhaka, Bangladesh[J]. Science of the Total Environment,2006,358(1/2/3):36-45.

[7] Kaur S, Nieuwenhuijsen M J, Colville R N. Pedestrian exposure to air pollution along a major road in Central London, UK[J]. Atmospheric Environment,2005,39(38):7307-7320.

[8] 韩 阳,李雪梅,朱延姝,等. 环境污染与植物功能[M]. 北京:化学工业出版社,2005:70-72.

[9] 孙晓丹,李海梅,刘 霞,等. 不同绿地结构消减大气颗粒物的能力[J]. 环境化学,2017,36(2):289-295.

[10] 杨 貌,张志强,陈立欣,等. 春季城区道路不同绿地配置模式对大气颗粒物的削减作用[J]. 生态学报,2016,36(7):2076-2083.

[11] 刘立民,刘 明. 绿量——城市绿化评估的新概念[J]. 中国园林,2000,16(5):32-34.

[12] 苟亚清,张清东. 道路景观植物滞尘量研究[J]. 中国城市林业,2008,6(1):59-61.

[13] 郭二果,王 成,鄧光发,等. 城市森林生态保健功能表征因子之间的关系[J]. 生态学杂志,2013,32(11):2893-2903.

[14] 李 军,孙春宝,刘咸德,等. 气象因素对北京市大气颗粒物浓度影响的非参数分析[J]. 环境科学研究,2009,22(6):663-669.

[15] 温梦婷,胡 敏. 北京餐饮源排放细粒子理化特征及其对有机颗粒物的贡献[J]. 环境科学,2007,28(11):2620-2625.

[16] 徐 敬,丁国安,颜 鹏,等. 北京地区 PM_{2.5} 的成分特征及来源分析[J]. 应用气象学报,2007,18(5):645-654.

[17] 廖莉团,苏 欣,李小龙,等. 城市绿化植物滞尘效益及滞尘影响因素研究概述[J]. 森林工程,2014,30(2):21-24,28.