

不同林缘与道路距离对空气 PM₁₀ 浓度的影响

鲁绍伟¹, 柳晓娜², 刘 斌², 李 辉³, 陈 波¹, 李 少 宁¹

(1. 北京市农林科学院 林业果树研究所, 林果业生态环境功能提升协同创新中心, 北京 100093;

2. 河北农业大学 林学院, 河北 保定 071000; 3. 北京市大兴区园林绿化局, 北京 100093)

摘 要:以大气中的 PM₁₀ 为研究对象, 采用便携式手持颗粒物浓度监测仪 Dustmate 对空气 PM₁₀ 质量浓度进行全天连续测定, 研究了距不同林缘和道路距离处的 PM₁₀ 浓度的日变化和月变化规律。结果表明: 不同林缘距离处的 PM₁₀ 浓度日变化规律呈先减小后增大的变化趋势, 6、7、10 月最大值出现在 07:30, 8 月和 9 月最大值出现在 05:30, 各月最小值出现在 13:30 或 15:30, PM₁₀ 浓度月变化规律表现为随林缘距离的增加呈先减小后增加的变化趋势, 其中, 距林缘 30 m 是 PM₁₀ 浓度的重要转折点; 不同道路距离的 PM₁₀ 浓度日变化规律与不同林缘处相同, 但峰值出现的时间不同, 各月最小值均出现在 13:30 或 15:30, 而 6、8、9 月最大值出现在 05:30, 7 月最大值出现在 07:30, 10 月最大值出现在 09:30, PM₁₀ 浓度月变化规律在距道路 0~30 m 时急剧下降, 大于 30 m 时下降的趋势变缓, 距道路 30 m 时 PM₁₀ 浓度削减率最大; 在距道路和林缘 0~30 m 处, 随着月份的增加, PM₁₀ 浓度的削减率均表现为先增加后减小的变化趋势。该研究结果可为北京地区应对空气污染提供数据支持。

关键词:林缘距离; 道路距离; PM₁₀; 北京

中图分类号:X 513 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)22-0176-05

随着城市化的迅猛发展, 颗粒物污染已成为严重的环境问题^[1], 颗粒物主要来自于化石燃烧、机动车等污染源的直接排放和氮氧化物等污染物的间接转化^[2]。它与人体健康存在一定的关系, 在全球 35 个国家和地区进行的研究表明, PM₁₀ 颗粒物(粒径小于 10 μm 的颗粒物)在环境中吸附的有害物质和重金属多, 滞留的时间长, 更易于进入人体, 因而对人体的危害大。目前已知的颗粒物对人体的影响至少包括以下几方面: 心肺功能降低、心血管病的死亡率增加、儿童哮喘病比率增加、患癌症的人数增多等^[3]; 另外, 环境空气中的颗粒物还会引起大气能见度降低^[4-5], 易引发交通事故, 严重时导致空难和海难, 并会损坏建筑物表面, 给人们日常的出行与生活带来很多不便。因此, 加强对大气颗粒物的研究, 对调控空气颗粒物及改善城市生态环境具有重要的

意义。近年来, 国内众多学者对大气颗粒物作了研究, 如陶燕等^[6]采用时间序列半参数广义相加模型分析了可吸入颗粒物与呼吸系统疾病和心脑血管疾病的关系; 哈红萍等^[7]针对西宁市近年大气污染状况, 根据呼吸系统疾病发病门诊量, 分析了西宁市民呼吸系统疾病发病人数与 PM₁₀ 的相关性; 殷永文等^[8]对上海市霾期间 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 的浓度与呼吸科、儿呼吸科门诊人数进行了统计分析并对当日和滞后日的危险度作了评估; 可见, 对可吸入颗粒物的研究越来越受到人们的重视。

森林是改善空气质量的调节器, 是防治污染物的天然能手。植被可通过叶面、枝条表面、皮孔吸收捕获大气中的颗粒物, 降低风速促进颗粒物的沉降, 改变风向阻拦颗粒物进入局部区域, 从而发挥净化大气的功能^[9]。因此, 利用森林复杂的林冠层结构对颗粒物吸收阻滞作用成为治理颗粒物的一项重要措施。大量研究表明, 森林在吸收污染物颗粒物、改善空气质量等方面效果显著^[10], 因此对植被降低颗粒物的研究成为热点。但大部分研究只是针对森林吸收阻滞颗粒物的研究, 而对不同距离林缘和道路的颗粒物变化规律研究较少。该研究选取北京地区南海子森林公园的植被区及其附近的道路为研究对象, 探寻不同林缘和道路距离的 PM₁₀ 浓度日变化和月变化规律, 旨在为改善北京城市环境质量提供合理的科学依据。

第一作者简介:鲁绍伟(1969-), 男, 河北秦皇岛人, 博士, 研究员, 现主要从事水土保持与森林服务功能等研究工作。E-mail: hblsw8@163.com.

基金项目:国家林业局林业公益性行业科研专项资助项目(20130430101); 科技创新服务能力建设-协同创新中心-林果业生态环境功能提升协同创新中心资助项目(2011 协同创新中心)(市级)(PXM2016_014207_000038)。

收稿日期:2016-08-04

1 材料与方法

1.1 研究地概况

大兴南海子森林公园地处北京城南,位于北京大兴东北部,南五环南侧、亦庄新城与大兴新城之间、南苑机场东南,为工业区域城乡结合部,人流、物流、车流交汇。其周围环境(树种繁多、水量充沛、交通便利、游客稀少)有利于开展森林环境空气质量监测。

1.2 研究对象

森林植被区选定为大兴南海子森林公园内国槐林,按照远离林带 1、5、15、30、50 m 逐渐递增的距离测定其 PM_{10} 浓度;道路区选定为公园附近远离植被区影响的公路,按照 1、15、30、60、120 m 逐渐递增的距离测定其 PM_{10} 浓度。

1.3 试验方法

该研究在 2014 年 6—10 月,每月选取 1 d,采用便携式手持颗粒物浓度监测仪 Dustmate 对空气 PM_{10} 质量浓度进行全天连续测定,测定时间间隔为 2 h。日变化数据选取原则为避免特殊天气条件的影响(如大风天气、降雨以及严重雾霾天等)。

1.4 数据分析

采用 Excel 2010 软件对数据进行处理和制图。

2 结果与分析

2.1 不同林缘距离对 PM_{10} 浓度的日变化特征

由图 1 可知,6—10 月,不同林缘距离处 PM_{10} 浓度日变化规律大致相同,基本表现为先减小后增大的变化趋势。7 月和 9 月最小值均出现在 15:30,6、8、10 月最小值出现在 13:30,此时各月不同林缘距离处最小的 PM_{10} 浓度均值为 73.12(林缘处)、59.10(林缘 1 m)、56.98(林缘 5 m)、52.66(林缘 15 m)、51.86(林缘 30 m)、51.88 $\mu g \cdot m^{-3}$ (林缘 50 m);但各月最大值出现的时间不同,6、7、10 月 PM_{10} 浓度最大值出现在 07:30,此时不同林缘距离的 PM_{10} 浓度均值为 404.17(林缘处)、383.73(林缘 1 m)、362.93(林缘 5 m)、333.20(林缘 15 m)、316.60(林缘 30 m)、326.80(林缘 50 m) $\mu g \cdot m^{-3}$;8 月和 9 月 PM_{10} 浓度最大值出现在 05:30,此时不同林缘距离的 PM_{10} 浓度均值为 389.60(林缘处)、418.31(林缘 1 m)、438.50(林缘 5 m)、409.15(林缘 15 m)、278.40(林缘 30 m)、479.25(林缘 50 m) $\mu g \cdot m^{-3}$ 。由此可见,不论 PM_{10} 浓度日变化均值为最大值还是最小值,均表现为距林缘 0~30 m, PM_{10} 浓度在减小,30 m 之外, PM_{10} 浓度在增大,即从日变化来看, PM_{10} 浓度值在距林缘 30 m 处最小,说明林子在一定范围(0~30 m)对 PM_{10} 浓度有吸滞作用,可净化周围的空气质量。

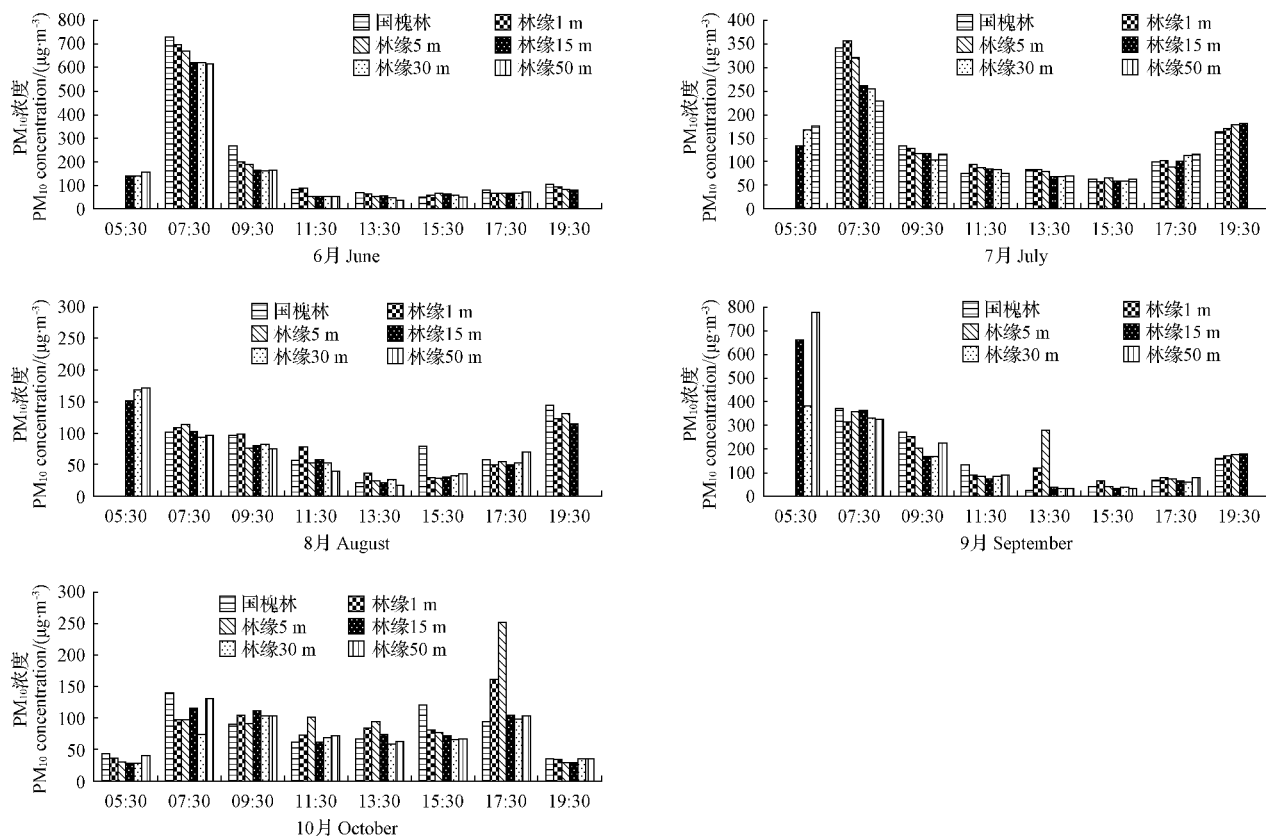


图 1 不同林缘距离 PM_{10} 浓度日变化特征

Fig. 1 Diurnal variation characteristics of PM_{10} concentration in different forest edge distance

2.2 不同林缘距离对 PM₁₀ 浓度的月变化特征

由图 2 可知,利用多项式对不同月份 PM₁₀ 浓度与林缘距离进行拟合,二者之间呈较好的相关性,其 R^2 值分别达到 0.762 4、0.747 5、0.433 3、0.562 5、0.496 9。6—10 月,PM₁₀ 质量浓度随着林缘距离的增加均表现为先降低后上升的趋势,且其上升速率较之前降低速率缓慢。距林缘小于 30 m 时,PM₁₀ 浓度逐渐减小,距林缘大于 30 m 时,PM₁₀ 浓度逐渐增加,即在距林缘 30 m 处,PM₁₀ 浓度达到最低值,这与不同林缘处的 PM₁₀ 日变化规律一致。

在距林缘 0~30 m 处,不同月份的 PM₁₀ 浓度削减率不同,6—10 月削减率依次为 17.76%、12.01%、13.68%、21.38%、19.70%,即随着月份的增加,PM₁₀ 浓度削减率呈现先减小后增加再减小的变化趋势,导致其不同的原因可能与气候的变化及周围所处的环境状况有关。

2.3 不同道路距离处 PM₁₀ 浓度日变化特征

由图 3 可知,道路不同距离处 PM₁₀ 日变化规律与林缘处大致相同,基本也呈现出先减小后增大的变化趋势,6、8、9 月日变化最大值出现在 05:30,此时不同道路距离处的 PM₁₀ 浓度均值为 569.83(1 m)、341.46(15 m)、339.15(30 m)、386.98(60 m)、386.24(120 m) $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$,表现为距道路 30 m 处 PM₁₀ 浓度值最小;7 月和 10 月日变化最大值各出现在 07:30 和 09:30,此时不同道路距离处的 PM₁₀ 浓度均值为 605.23(1 m)、329.46(15 m)、320.14(30 m)、234.12(60 m)、125.41(120 m) $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$,

表现为距道路 120 m 处 PM₁₀ 浓度值最小;各月日变化最小值出现在 13:30 或 15:30,此时不同道路距离处 PM₁₀ 浓度均值为 156.73(1 m)、80.57(15 m)、82.11(30 m)、68.25(60 m)、58.83(120 m) $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$,变化趋势表现为距道路 120 m 处 PM₁₀ 浓度最小。说明在不同的时间点 PM₁₀ 浓度的最小值出现在距道路的不同距离处,这与不同时刻的温湿度及道路上的客流量有关。

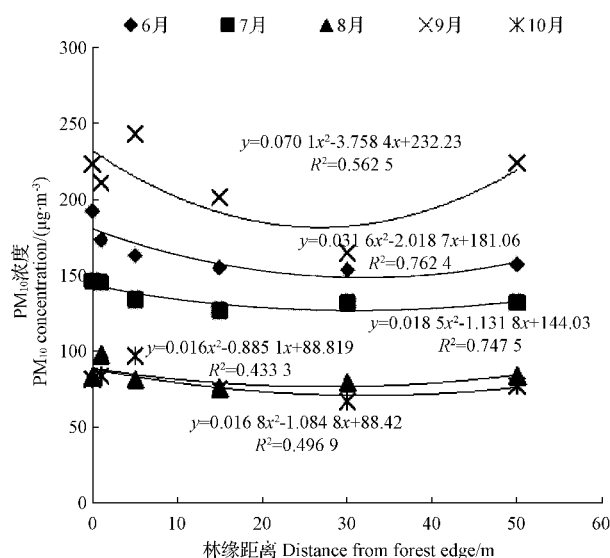


图 2 不同林缘距离 PM₁₀ 浓度月变化特征
Fig. 2 Monthly variation characteristics of PM₁₀ concentration in different forest edge distance

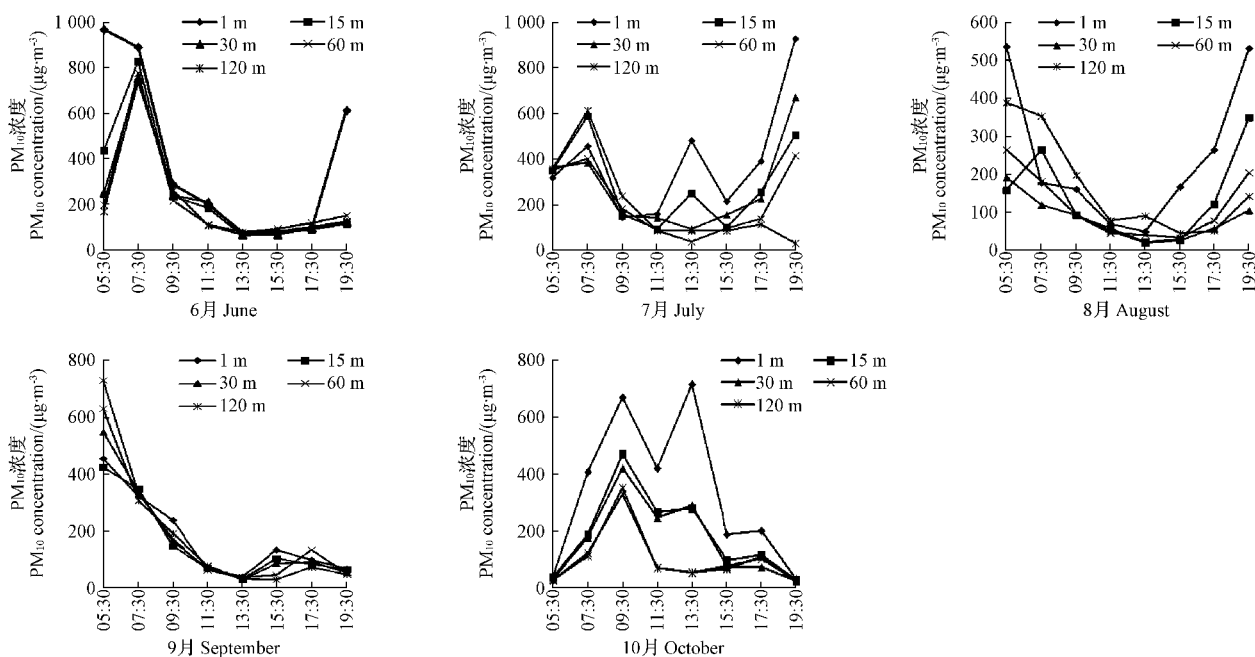


图 3 不同道路距离处 PM₁₀ 浓度日变化特征

Fig. 3 Diurnal variation characteristics of PM₁₀ concentration at different road distances

2.4 不同道路距离处 PM₁₀ 浓度月变化特征

由图 4 可知,利用对数对不同月份 PM₁₀ 浓度与林缘距离进行拟合,二者之间呈较好的负相关性,即随着远离道路距离的增加,PM₁₀ 质量浓度呈逐渐下降的趋势,最后趋于稳定状态。6—10 月中,从远离道路 0~30 m 处,PM₁₀ 浓度急剧下降,在远离道路大于 30 m 时,PM₁₀ 浓度下降缓慢,至最后趋于稳定状态。

6—10 月,在远离道路 0~30 m 处,PM₁₀ 浓度削减率依次为 29.21%、43.82%、65.96%、2.61%、49.72%。整体表现为随着月份的增加,PM₁₀ 浓度削减率呈先增加后减小的变化趋势。在 8 月 PM₁₀ 削减率最大,说明该月在远离道路 30 m 内,人为流量对道路的干预较少,机动车尾气的排放量较少。

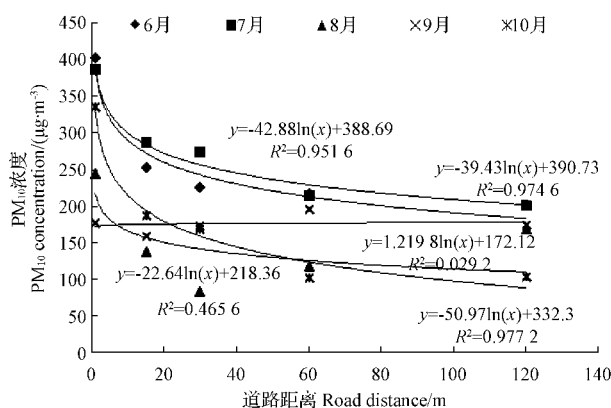


图 4 不同道路距离处 PM₁₀ 浓度月变化特征

Fig. 4 Monthly variation characteristics of PM₁₀ concentration at different road distances

3 讨论

3.1 不同林缘处 PM₁₀ 浓度变化特征

城市森林之所以被称为“天然的空气过滤器”,主要源于其能够净化空气中的各类污染物。植物叶片的表面特性和本身的湿润性能够附着、粘附大量空气颗粒物^[11-12],并且植物随着季节的生长,不断扩大叶面积或者不断萌生新叶,这为滞留空气颗粒物提供了有力的空间。植物还可通过气孔和皮孔与外界进行气体交换,这个过程中可将大气污染物吸收入体内,从而达到净化污染物的作用^[13]。

该研究显示 6—10 月距林缘 0 m 处 PM₁₀ 浓度值最大,因为在林缘处的植被吸附周围的污染物,拉动外围环境中的颗粒物聚集在一起。林缘处湿度大,颗粒物随着水汽的凝结而聚集,造成林缘处颗粒物浓度较大。在远离林缘的 30 m 范围内,PM₁₀ 浓度逐渐减小,在 30 m 处 PM₁₀ 浓度值最低,大于 30 m 时,PM₁₀ 浓度值反而增加,说明远离林缘 30 m 的距离是南海子森林公园植被可以吸附大气颗粒物的有效宽度。而奥林匹克森林公园

的防护林带阻滞吸附颗粒物的有效宽度为 18~23 m^[14],出现差异的原因是不同地点的气候条件和植被种类的不同。

6—10 月,不同林缘距离处 PM₁₀ 浓度日变化规律表现为先减小后增大的变化趋势。不同林缘处 PM₁₀ 浓度最小值出现在 13:30 或 15:30,因为中午温度高,空气对流加强,空气湍流运动有利于颗粒物向外围扩散,致使局部地区颗粒物浓度下降,而最大值出现在 05:30 或 07:30,是由于早上温度低,相对湿度大,再加上风速小,水汽在空气中易凝结,这种气象状态不利于空气颗粒物的扩散和输送,使其聚集增多。在距林缘 0~30 m 处,随着月份的增加,不同林缘处 PM₁₀ 浓度的削减率呈先增加后降低的变化趋势,其中 6—8 月削减率较小,是因为在 6—8 月,林子内植被生长进入旺盛期,叶片不断生长,总叶面积显著增加^[15],能有效的滞留大气中的颗粒物,使林缘附近的颗粒物浓度较大,因而 PM₁₀ 浓度削减率较低。

3.2 不同道路距离处 PM₁₀ 浓度变化特征

道路在 6—10 月 PM₁₀ 浓度随林缘距离的增加不断减少,最后趋于稳定,这与不同林缘距离的 PM₁₀ 浓度变化规律不同,其中在距道路 30 m 处 PM₁₀ 削减率最大。说明空气可以净化道路周围 30 m 范围内的污染物。从 6—10 月,随着远离道路距离的增加,PM₁₀ 质量浓度月变化呈逐渐下降的趋势,最后趋于稳定状态。樊守彬等^[16]研究也表明,外环路、主干道、次干道、支路和胡同的 PM₁₀ 排放强度平均值分别为 178、169、130、100、11 kg·km⁻¹·d⁻¹,这均表明随着远离道路距离的增加,PM₁₀ 排放强度在减小。

道路不同距离处 PM₁₀ 浓度日变化规律与林缘处大致相同,同样也呈先减小后增大的变化趋势,最大值出现在 05:30—09:30,一方面是因为早上容易发生逆温现象,不利于颗粒物向环境中扩散,使颗粒物积累在原处,另一方面是由于 08:00 左右正是交通高峰期,汽车尾气是颗粒物的主要来源,造成空气污染物排放量增加^[17];最小值出现在 13:30 或 15:30,是由于中午阳光照射,地表温度升高,逆温现象消失,颗粒物扩散速度加快,并且此时交通流量减少,汽车尾气排放量降低,导致颗粒物浓度降低。说明空气有一定的自净能力。

4 结论

不同林缘距离和不同道路距离处的 PM₁₀ 浓度日变化规律基本一致,从早到晚均呈先减小后增大的变化趋势,最小值出现在 13:30 或 15:30,最大值出现在 05:30—09:30;PM₁₀ 浓度月变化规律随林缘距离的增加表现为先减小后增加的变化趋势,距林缘 30 m 时 PM₁₀ 浓度最小;随道路距离的增加表现为减小的变化趋势,

距道路 0~30 m 时 PM_{10} 浓度的削减率最大;在不同林缘和道路距离处, PM_{10} 浓度削减率均随月份的增加表现为先增加后减小的变化趋势。因此,在北京市南海子森林公园的林缘 30 m 处和道路 30 m 处的空气质量较好,此外,增加森林公园的植被覆盖面积有助于增加植被滞留大气颗粒物的范围,有利于构建生态和谐城市。

参考文献

- [1] XU X D, TANG X. Introduction of Urbanization Environment Meteorology[M]. Beijing: Weather Press, 2002: 144.
- [2] BECKETT K P, FREER-SMITH P, TAYLOR G. Effective tree species for local air quality management[J]. J Arboric, 2000(26): 12-19.
- [3] 朱广一. 大气可吸入颗粒物研究进展[J]. 环境保护科学, 2002, 28(113): 3-5.
- [4] 王淑英, 张小玲, 徐晓峰. 北京地区大气能见度变化规律及影响因子统计分析[J]. 气象科技, 2003, 31(2): 109-114.
- [5] 宋宇, 唐孝炎, 方晨, 等. 北京市能见度下降与颗粒物污染的关系[J]. 环境科学学报, 2003, 23(4): 468-471.
- [6] 陶燕, 刘亚梦, 米生权, 等. 大气细颗粒物的污染特征及对人体健康的影响[J]. 环境科学学报, 2014, 34(3): 592-597.
- [7] 哈红萍, 杨林. 浅析可吸入颗粒物(PM_{10})对西宁市民呼吸系统疾病的影响[J]. 青海环境, 2009, 19(3): 147-148.
- [8] 殷永文, 程金平, 段玉森, 等. 上海市霾期间 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 污染与呼吸科、儿呼吸科门诊人数的相关分析[J]. 环境科学, 2011, 32(7): 1894-

1898.

- [9] 么旭阳, 胡耀升, 刘艳红, 等. 北京市 8 种常见绿化树种滞尘效应[J]. 西北林学院学报, 2014, 29(3): 92-95.
- [10] 宇万太, 马强, 赵鑫, 等. 不同土地利用类型下土壤活性有机碳库的变化[J]. 生态学杂志, 2007, 26(12): 2013-2016.
- [11] 栗志峰, 刘艳, 彭倩芳. 不同绿地类型在城市中的滞尘作用研究[J]. 干旱环境监测, 2002, 6(3): 162-163.
- [12] FREER-SMITH P H, BECKETT K P, TAYLOR G. Deposition velocities to sorbusaria, acer campestre, Populus deltoides \times Trichocarpa 'Beaupre', Pinus nigra and \times Cupressus cyprissley landii for coarse, fine and ultra-fine particles in the urban environment[J]. Environmental Pollution, 2005, 133(1): 157-167.
- [13] 黄会一, 张友标, 张春兴. 木本植物对大气气态污染物吸收净化作用的研究[J]. 生态学报, 1981, 1(4): 335-343.
- [14] 刘萌萌. 林带对阻滞吸附等颗粒物的研究影响[D]. 北京: 北京林业大学, 2014.
- [15] 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.
- [16] 樊守彬, 田刚, 秦建平, 等. 道路降尘与扬尘 PM_{10} 排放的关系研究[J]. 环境科学与技术, 2012, 1(35): 159-163.
- [17] CHENG Y H, LI Y S. Influences of traffic emissions and meteorological conditions on ambient PM_{10} and $PM_{2.5}$ levels at a highway toll station[J]. Aerosol and Air Quality Research, 2010(10): 456-462.

Influence of Different Forest Edge and Road Distance on PM_{10} Concentration

LU Shaowei¹, LIU Xiaona², LIU Bin², LI Hui³, CHEN Bo¹, LI Shaoning¹

(1. Forestry and Pomology Institute, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences/Collaborative Innovation Center for Eco-environmental Improvement With Forestry and Fruit Trees, Beijing 100093; 2. College of Forestry, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000; 3. Landscaping Bureau of Beijing Daxing District, Beijing 100093)

Abstract: PM_{10} in the atmosphere was taken as test object, and the mass concentration of the air PM_{10} was measured continuously by using the portable hand-held particulate matter concentration monitor Dustmate, diurnal variation and monthly variation of the PM_{10} concentrations from in different forest margins and road distance were researched. The results showed that diurnal variation of PM_{10} concentration presented that first decreased and then increased in different forest edge distance. In June, July and October the maximum value appeared at 07:30. In August and September the maximum value appeared at 05:30. In different month, the minimum value appeared at 13:30 or 15:30. The monthly variation showed that first decreased and then increase. With the increase of the distance from the forest edge, 30 m away from the forest edge was an important turning point in the change of PM_{10} concentration. The diurnal variation of PM_{10} concentration in different road was the same as that of different forest margins, but the time of peak value was different. The minimum value appeared at 13:30 or 15:30. In June, August, September, maximum value appears at 05:30. In July, the maximum value appeared at 07:30. In October, the maximum value appeared at 09:30. Monthly variation showed that the sharp decline in the distance from the road 0—30 m and the trend was slower in away from 30 m. Reduction rate of PM_{10} concentration was maximum in distance from the road 30 m. With the month increased, reduction rate of PM_{10} concentration showed first increased and then decreased at a distance of road and forest edge 0—30 m. The results of this study could provide data support for the air pollution in Beijing area.

Keywords: distance from forest edge; road distance; PM_{10} ; Beijing