

刘宇,董蓉,王晓立,等. 不同群落结构绿地空气负离子浓度与颗粒物的关系[J]. 江苏农业科学,2015,43(11):465-467.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.145

不同群落结构绿地空气负离子浓度与颗粒物的关系

刘宇¹,董蓉¹,王晓立^{1,2},韩浩章^{1,3},张丽华¹,张池¹

(1. 宿迁学院二系,江苏宿迁 223800;2. 南京林业大学生物与环境学院,江苏南京 210037;3. 南京农业大学园艺学院,江苏南京 210095)

摘要:通过对不同群落结构绿地内空气负离子浓度、PM_{2.5}、PM₁₀以及温湿度进行监测与分析,发现不同群落结构绿地空气负离子浓度日变化均明显,均值按大小排序为黄山栎树-紫薇+金钟花-狗牙根群落、日本晚樱+紫叶李-狗牙根群、垂柳-狗牙根群落、雪松群落、紫叶小檗+火棘-高羊茅群落、高羊茅群落、对照;各绿地内 PM_{2.5}浓度与空气 PM₁₀浓度日变化规律基本相似,空气负离子浓度与两者都呈显著负相关,其中与层次单一的植物群落显著性更明显,且与 PM_{2.5}浓度的相关性略大于 PM₁₀浓度。

关键词:群落结构;空气负离子;PM_{2.5};PM₁₀

中图分类号: S181 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)11-0465-03

空气负离子能抑制多种病菌和提高人体免疫力,已成为衡量城市空气质量的重要参数之一^[1-3],城市绿地中的植物能通过尖端放电以及光合作用产生高浓度负离子,从而改善城市环境,提高人体舒适度^[4-5]。目前,国内外关于空气负离子的研究颇多,主要集中在空气质量评价^[6-8]、时空分布^[9-10]、不同绿地类型负离子浓度差异^[11-13]等方面,但关于绿地内负离子浓度与空气颗粒物关系的研究报道较少。为此,本调查从不同群落结构绿地出发,研究空气负离子浓度与可吸入颗粒物(PM₁₀)、细颗粒物(PM_{2.5})的关系,为合理建设城市绿地、引导城市居民休憩提供科学参考。

1 调查与研究方法

1.1 研究区概况

本研究地点位于宿迁市宿迁学院老东门游园、教工餐厅

收稿日期:2015-05-09

基金项目:国家星火计划(编号:2013GA690424);江苏省宿迁市科技项目(编号:z201204)。

作者简介:刘宇(1981—),男,安徽安庆人,硕士,讲师,主要研究方向为城市园林生态。E-mail:718111060@qq.com。

前游园以及1号教学楼前绿地,研究地点相邻。根据样地地形条件和植物分布,将样地大小设置为10 m×10 m~20 m×20 m,选择了雪松[*Cedrus deodara* (Roxb.) G. Don]-狗牙根[*Cynodon dactylon* (Linn.) Pers.]群落、垂柳(*Salix babylonica*)-狗牙根群落、黄山栎树(*Koelreuteria integrifolia*)-紫薇(*Lagerstroemia indica* L.)+金钟花(*Forsythia viridissima* Lindl.)-狗牙根群落、日本晚樱(*Prunus serrulata* var. *lannesiana*)+紫叶李(*Prunus Cerasifera* Ehrh. f. *atropurpurea* (Jacq.) Rehd.)-狗牙根群落、紫叶小檗(*Berberis thunbergii* var. *atropurpurea* Chenault)-火棘[*Pyracantha fortuneana* (Maxim.) Li]+高羊茅(*Festuca elata* Keng ex E. Alexeev)群落、高羊茅群落,以及没有绿化的水泥铺装广场作为对照(表1)。

1.2 研究方法

为消除天气变化可能带来的误差,选择天气晴朗的2014年9月7—13日连续7 d,在常规游憩活动的时间内(7:00—21:00),每隔2 h在7个典型群落中心测定空气负离子浓度、PM_{2.5}浓度、PM₁₀浓度、空气温度、空气湿度。采样高度为1.5 m,每个样地每时间点重复测量3次,取平均值为该群落实测值。采用美国的AIC-1000检测仪检测空气负离子浓度,使用OSEN-1A型粉尘检测仪监测PM_{2.5}浓度和PM₁₀浓

[21]于瑞莲,胡恭任,赵金秀,等. 泉州湾河口湿地秋茄红树林中重金属的分布、迁移和储量[J]. 环境化学,2013,32(1):125-131.

[22]郑文教,王文卿,林鹏. 九龙江口桐花树红树林对重金属的吸收与累积[J]. 应用与环境生物学报,1996,2(3):207-213.

[23]陈振楼,许世远,柳林,等. 上海滨海潮滩沉积物重金属元素的空间分布与累积[J]. 地理学报,2000,55(6):641-651.

[24]Tam N F, Wong Y S. Retention and distribution of heavy metals in mangrove soils receiving wastewater[J]. Environmental Pollution, 1996,94(3):283-291.

[25]Singh N, Turner A. Trace metals in antifouling paint particles and their heterogeneous contamination of coastal sediments[J]. Marine Pollution Bulletin,2009,58(4):559-564.

[26]朱颖,吴纯德,叶健,等. 淇澳岛红树林生态系统中重金属含量相关性[J]. 环境科学与技术,2009,32(11):95-98.

[27]钟晓兰,周生路,李江涛,等. 土壤有效态Cd、Cu、Pb的分布特征及影响因素研究[J]. 地理科学,2010,30(2):254-260.

[28]钟晓兰,周生路,李江涛,等. 长江三角洲地区土壤重金属生物有效性的研究——以江苏昆山市为例[J]. 土壤学报,2008,45(2):240-248.

[29]潘根兴,高建芹,刘世梁,等. 活化率指示苏南土壤环境中重金属污染冲击初探[J]. 南京农业大学学报,1999,22(2):49-52.

[30]Krishnamurti G S, Cieslinski G, Huang P M, et al. Kinetics of cadmium release from soils as influenced by organic acids: implication in cadmium availability[J]. Journal of Environmental Quality, 1997, 26(1):271-277.

[31]卢豪良,严重玲. 秋茄(*Kandelia candel* L.)根系分泌低分子量有机酸及其对重金属生物有效性的影响[J]. 生态学报,2007, 27(10):4173-4181.

表 1 不同群落结构样地基本概况

样地编号	群落名称	植被类型	群落结构	郁闭度(%)	平均胸径(cm)	平均树高(m)
Y1	雪松群落	常绿针叶林	乔	0.70	25	17
Y2	垂柳-狗牙根群落	落叶阔叶林	乔+草	0.60	28	22
Y3	黄山栎树-紫薇+金钟花-狗牙根群落	落叶阔叶林	乔+灌+草	0.90	15	14
Y4	日本晚樱+紫叶李-狗牙根群落	落叶阔叶林	乔+草	0.95	10	7
Y5	紫叶小檗+火棘-高羊茅群落	灌草	灌+草	0.15		0.5
Y6	高羊茅群落	草坪	草			
Y7	对照	水泥铺装				

度,采用 DJL-18 温湿光参数记录仪测定温度、湿度,并用 SPSS 14.0 数据统计软件和 Excel 软件进行统计分析和制表。

2 结果与分析

2.1 不同群落结构绿地空气负离子浓度日变化特征

由表 2 可见,不同群落结构绿地及对照内空气负离子浓度日变化均明显,最高点和最低点出现时间多不一致。总体上,09:00—13:00 期间的空气负离子浓度较低,07:00 左右和 21:00 左右浓度较高,高羊茅群落的最低点出现在 15:00 左右,雪松群落和日本晚樱+紫叶李-狗牙根群落最高点分别出现在 15:00 和 17:00 左右。一天中,对照内空气负离子浓度变化幅度最小,仅为 88 个/cm³,日变化幅度为 39.64%,而黄山栎树-紫薇+金钟花-狗牙根群落日变幅最大,达到 305 个/cm³,日增幅为 93.85%,其中日本晚樱+紫叶李-狗牙根群落日变幅也相对较大,为 281 个/cm³。吴楚才等研究表明,绿地内空气负离子浓度与郁闭度呈一定的正相关,而与群落内树种的胸径和高度无关^[14],黄山栎树-紫薇+金钟花-狗牙根群落和日本晚樱+紫叶李-狗牙根群落植物种植密集且郁闭度大,对群落内空气负离子浓度水平的提高和空气质量的改善具有一定的作用。

表 2 不同群落结构绿地空气负离子浓度日变化

时刻	负离子浓度(个/cm ³)						
	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
07:00	299	387	630	464	303	233	225
09:00	256	283	427	363	253	179	226
11:00	336	353	397	427	343	194	241
13:00	349	323	325	319	324	211	239
15:00	401	331	443	357	259	177	234
17:00	348	396	494	600	278	184	292
19:00	387	395	465	512	429	352	222
21:00	351	436	491	496	403	374	310

2.2 不同群落结构绿地空气负离子浓度方差分析与多重比较

对不同群落结构绿地及对照内空气负离子浓度进行方差分析与多重比较,结果(表 3)表明,负离子浓度均值按大小排序是黄山栎树-紫薇+金钟花-狗牙根群落>日本晚樱+紫叶李-狗牙根群>垂柳-狗牙根群落>雪松群落>紫叶小檗+火棘-高羊茅群落>高羊茅群落>对照点。黄山栎树-紫薇+金钟花-狗牙根群落、日本晚樱+紫叶李-狗牙根群、垂柳-狗牙根群落、雪松群落、紫叶小檗+火棘-高羊茅群落空气负离子浓度均显著高于高羊茅群落和对照($P<0.05$);黄山栎树-紫薇+金钟花-狗牙根群落负离子浓度极显著高于垂柳-狗牙根群落、雪松群落、紫叶小檗+火棘-高羊茅群

落、高羊茅群落、对照点($P<0.01$);对于同样是乔草结构的日本晚樱+紫叶李-狗牙根群落显著高于垂柳-狗牙根群落($P<0.05$)。这可能是垂柳-狗牙根群落中垂柳的分支点较高,通风效果较好,且这种疏林草地类型较能吸引游人进入林内活动与休憩,而日本晚樱+紫叶李-狗牙根群落观赏性强,植物种植密集使空气负离子相对损耗较小。

表 3 不同群落结构绿地空气负离子浓度方差分析与多重比较

群落编号	负离子浓度(个/cm ³)		显著性水平	
	均值	标准差	0.05	0.01
Y1	459.00	60.72	a	A
Y2	442.25	77.68	a	AB
Y3	363.00	54.56	b	B
Y4	340.88	46.57	b	BC
Y5	324.00	69.14	b	BC
Y6	248.63	40.00	c	C
Y7	238.00	77.85	c	C

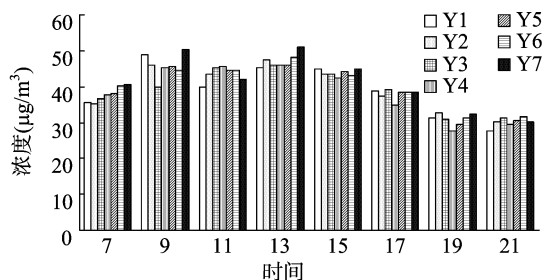
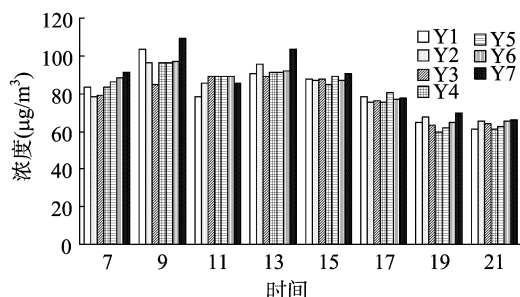
注:同列相同字母表示经 LSD 检验差异不显著。

2.3 不同群落结构绿地空气 PM_{2.5} 浓度与 PM₁₀ 浓度日变化规律

不同群落结构绿地及对照内空气 PM_{2.5} 浓度与空气 PM₁₀ 浓度日变化规律基本相似(图 1、图 2),整体上白天要高于晚上,空气 PM_{2.5} 浓度在不同时间点的平均浓度范围在 27.8~51.08 μg/m³,最低值是晚上 21:00 左右出现在雪松群落,最高值是无绿化的对照在中午 13:00 左右测得。空气 PM₁₀ 浓度在不同时间点的平均浓度范围在 59.6~109.36 μg/m³,最低值和最高值分别出现在 19:00 的日本晚樱+紫叶李-狗牙根群和 9:00 的对照内。对不同群落结构绿地和对照内空气 PM_{2.5} 浓度与 PM₁₀ 浓度进行方差分析,结果表明,PM_{2.5} 浓度日均值按从小到大的顺序是日本晚樱+紫叶李-狗牙根群落<雪松群落<黄山栎树-紫薇+金钟花-狗牙根群落<垂柳-狗牙根群落<紫叶小檗+火棘-高羊茅群落<高羊茅群落<对照点。PM₁₀ 浓度排序基本一致,只有黄山栎树-紫薇+金钟花-狗牙根群落出现变化,为不同群落结构绿地中的最小值。不同群落结构绿地的滞尘能力受植物形体大小和枝叶自身特性的影响^[15],普遍认为群落结构丰富,群落内植物叶表面比较粗糙,多绒毛的植物滞尘能力强,而表面光滑的滞尘能力较弱^[16-17],黄山栎树-紫薇+金钟花-狗牙根群落属于乔灌草群落的立体结构,滞尘效果较好,松科植物可以分泌黏性物质吸附细颗粒物,而日本晚樱+紫叶李-狗牙根群落植物密集、郁闭度大、湿度高、降尘明显。

2.4 空气负离子与颗粒物的相关性系数

在不同群落结构的绿地内,局部小气候和环境因子等对负离子浓度水平有重要的影响,基于监测得到的数据,对不同

图1 不同群落结构绿地空气 PM_{2.5} 浓度日变化规律图2 不同群落结构绿地空气 PM₁₀ 浓度日变化规律

群落结构绿地的温度、湿度、PM_{2.5} 浓度、PM₁₀ 浓度分别与空气负离子浓度进行相关性分析,发现空气负离子浓度与温度呈负相关,与湿度呈正相关,而与 PM_{2.5} 浓度、PM₁₀ 浓度都呈显著负相关,其中与垂柳-狗牙根群落、紫叶小檗+火棘-高羊茅群落以及高羊茅群落呈极显著负相关(表3)。

表3 不同群落结构绿地环境因子相关性

群落结构	温度 (℃)	相对湿度 (%)	PM _{2.5} (μg/m ³)	PM ₁₀ (μg/m ³)
Y1	-0.756 *	0.508	-0.814 *	-0.656 *
Y2	-0.571	0.587	-0.954 **	-0.952 **
Y3	-0.893 *	0.862 *	-0.728 *	-0.641 *
Y4	-0.599	0.571	-0.721 *	-0.699 *
Y5	-0.571	0.580	-0.856 **	-0.844 **
Y6	-0.810 *	0.773 *	-0.874 **	-0.854 **
Y7	-0.318	0.301	-0.602 *	-0.773 *

注: * 为差异显著水平, ** 为差异极显著水平。

3 结论与讨论

本研究表明,不同群落结构绿地及对照内空气负离子浓度日变化均明显,但最高值和最低值出现时间多不一致。负离子浓度均值按大小排序是黄山栎树-紫薇+金钟花-狗牙根群落>日本晚樱+紫叶李-狗牙根群落>垂柳-狗牙根群落>雪松群落>紫叶小檗+火棘-高羊茅群落>高羊茅群落>对照点。对不同群落结构绿地,较高的植物覆盖率能明显降温增湿,而层次丰富的植物叶片在冠层形成的叶幕能削弱光照强度,降低气温,同时受蒸腾拉力作用增加的水分子和光合作用产生的氧气优先形成负离子,因此具乔、灌、草结构的复层结构比结构单一的植物群落对提高环境中的空气负离子浓度发挥更大的作用,这与前人研究结论^[12,18-19]一致。

不同群落结构绿地及对照内空气 PM_{2.5} 浓度与空气 PM₁₀ 浓度日变化规律基本相似,空气负离子浓度与两者都呈显著

负相关,其中与层次比较简单的植物群落显著性更明显,且 PM_{2.5} 浓度的相关性略大于 PM₁₀ 浓度。通常可吸入颗粒物 (PM₁₀) 主要靠重力或者惯性作用沉降,而细颗粒物 (PM_{2.5}) 常通过布朗运动向外扩散^[5],因而受气流环境因素影响要大于可吸入颗粒物。而多层的群落结构相对于层次单一或种植稀疏的植物群落,空气中的颗粒物向外扩散能力要弱。

空气负离子与颗粒物之间及受其他因素影响颇多,不仅需要从群落结构、温湿度等角度分析,还需考虑光照、风速、植物种类等多种因素,关于其他气候因子对两者的影响以及植物种植密度和种类搭配等与负离子和颗粒物的关系还需进一步研究。

参考文献:

- [1] Wu C C, Lee G W. Oxidation of volatile organic compounds by negative air ions[J]. Atmospheric Environment, 2004, 38 (37): 6287 - 6295.
- [2] Korublu I H. The clinical effect of aero-ionization[J]. Medical Biometeorology, 1990, 33 (2): 25 - 29.
- [3] 黄建武, 陶家元. 空气负离子资源开发与生态旅游[J]. 华中师范大学学报: 自然科学版, 2002, 36 (2): 257 - 260.
- [4] 王 薇, 余 庄. 中国城市环境中空气负离子研究进展[J]. 生态环境学报, 2013, 22 (4): 705 - 711.
- [5] 潘剑彬, 董 丽, 廖圣晓, 等. 北京奥林匹克森林公园空气负离子浓度及其影响因素[J]. 北京林业大学学报, 2011, 33 (2): 59 - 64.
- [6] 王铁浩, 刘访兵, 周小舟, 等. 重庆地区主要森林类型的空气负离子水平及其评价[J]. 东北林业大学学报, 2014, 42 (6): 38 - 42.
- [7] 高炎冰, 王大庆, 张黎黎, 等. 绥芬河国家森林公园生态因子效应分析[J]. 东北林业大学学报, 2007, 35 (11): 39 - 43.
- [8] 石 强, 舒惠芳, 钟林生, 等. 森林游憩区空气负离子评价研究[J]. 林业科学, 2004, 40 (1): 36 - 40.
- [9] 王 琨, 孙丽欣, 李 超, 等. 城市空气负离子浓度时空分布及其影响因素综述[J]. 应用生态学报, 2013, 24 (6): 761 - 1768.
- [10] 吴际友, 程政红, 龙应忠, 等. 园林树种林分中空气负离子水平的变化[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2003, 27 (4): 78 - 80.
- [11] 穆 丹, 梁英辉. 佳木斯绿地空气负离子浓度及其与气象因子的关系[J]. 应用生态学报, 2009, 20 (8): 2038 - 2041.
- [12] 吴志萍, 王 成, 许积年, 等. 六种城市绿地内夏季空气负离子与颗粒物[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2007, 47 (12): 2153 - 2157.
- [13] 周 斌, 余树全, 张 超, 等. 不同树种林分对空气负离子浓度的影响[J]. 浙江农林大学学报, 2011, 28 (2): 200 - 206.
- [14] 吴楚材, 钟林生, 刘晓明. 马尾松纯林林分因子对空气负离子浓度影响的研究[J]. 中南林学院学报, 1998, 18 (1): 70 - 73.
- [15] 俞学如. 南京市主要绿化树种叶面滞尘特征及其与叶面结构的关系[D]. 南京: 南京林业大学, 2008.
- [16] 柴一新, 祝 宁, 韩焕金. 城市绿化树种的滞尘效应——以哈尔滨市为例[J]. 应用生态学报, 2002, 13 (9): 1121 - 1126.
- [17] 李海梅, 刘 霞. 青岛市城阳区主要园林树种叶片表皮形态与滞尘量的关系[J]. 生态学杂志, 2008, 27 (10): 1659 - 1662.
- [18] 刘 新, 吴林豪, 张 浩, 等. 城市绿地植物群落空气负离子浓度及影响要素研究[J]. 复旦学报: 自然科学版, 2011, 50 (2): 206 - 212.
- [19] 穆 丹, 梁英辉. 城市不同绿地结构对空气负离子水平的影响[J]. 生态学杂志, 2009, 28 (5): 988 - 991.