湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划

项　 目　 申　 报　 表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目名称: 长沙市道路绿化带滞留PM2.5的能力研究 | | | | | | |
| 学校名称 | 中南林业科技大学 | | | | | |
| 学生姓名 | 学 号 | 专 业 | | 性 别 | 入 学 年 份 | |
| 陈雅真 | 20150261 | 生态学 | | 女 | 2015 | |
| 包金凤 | 20150257 | 生态学 | | 女 | 2015 | |
| 李 岚 | 20150267 | 生态学 | | 女 | 2015 | |
| 曾勇文 | 20150258 | 生态学 | | 男 | 2015 | |
| 吴承晓 | 20150307 | 生态学 | | 男 | 2015 | |
| 指导教师 | 梁小翠 | | 职称 | 讲师 | | |
| 项目所属  一级学科 | 生物学 | | 项目科类(理科/文科) | | | 理科 |
| 学生曾经参与科研的情况  2016年，陈雅真参与了国家自然科学基金项目，与研究生一起测定了长沙市常见绿化树种根系分泌物对多环芳烃的影响；2016-2017年，进行了普通生态学、森林生态学实验实习，掌握了样地调查和植物叶面积测定方法；2017年，项目组成员进行了树木学实习，对城市绿化植物进行了认知。 | | | | | | |
| 指导教师承担科研课题情况  1. 湖南省林业科技计划项目，XLK201642，城市森林对PM2.5的消减技术研究，2016/06- 2018/12，5万元，在研，主持。  2. 湖南省教育厅项目，15C1431，模拟氮沉降对长沙市森林土壤呼吸及其组分的影响机制，2015/09-2017/08，0.8万元，在研，主持。  3. 国家林业局项目，2013-R09，城市森林生态效益评估及数字化管理策略研究，2013/09-2017/08，5万元，在研，主持。  4. 湖南省普通高等学校教学改革研究项目，湘教通〔2016〕400号，以社会需求为导向的生态学专业人才培养模式改革与实践，2016/06-2018/12，1万元，在研，主持。  5. 中南林业科技大学青年科学研究基金重点项目，QJ2010008A，PAHs在樟树人工林干湿沉降中的归趋行为研究，2010/12-2012/12，1.5万元，已结题，主持。  6. 国家林业局推广项目，[2011]22号，薜荔新品系繁育与栽培技术示范推广，2011/05-2013/12，35万元，已结题，第二主持。 | | | | | | |
| 项目研究和实验的目的、内容和要解决的主要问题   1. **研究目的**   随着城市大规模开发建设，环境中的粉尘污染日益严重。在各种粉尘污染颗粒物中，PM2.5因能够进入人体肺部导致呼吸道疾病而被认为具有极强的危害性[1-2]。而植物对粉尘有明显的阻挡、过滤和吸附作用，能够减少空气中粉尘颗粒物的污染。  目前的研究多集中于各种植物个体叶片滞留粉尘的能力[3-6]，对植物群落综合滞尘效应，特别是城市道路绿化带对PM2.5细颗粒物的滞尘效应研究甚少。道路空气污染十分严重，绿化带是道路绿地的重要组成部分。本项目拟通过研究长沙市（大气中首要污染物是PM2.5）道路绿化带对PM2.5的滞尘效应，比较道路绿化带不同配置结构对PM2.5的消减率以及植物叶片滞留PM2.5的能力及其影响因素，旨在为城市道路绿化、城市生态规划提供科学依据，以改善城市环境，维持和保护城市生物多样性，提高城市综合竞争力，促进城市走可持续发展道路。   1. **研究内容**   **1. 道路绿化带典型配置结构滞留PM2.5能力研究**  为了标准化试验数据的有效可比性，综合考虑其环境质量因素，实地调查长沙市道路绿化带结构配置模式以及主要代表性植物，选取道路绿化带宽约3m，植被生长状况良好，且车行道为沥青路面的典型城市交通主干道，对不同植物群落结构配置模式（乔木型、灌木型、灌草型、乔灌型、乔草型、乔灌草型等）的道路绿化带，设置3m×10m的样方，每种结构配置模式3个重复**。**  如图1所示，以车行道边缘为对照点，3m宽绿带的另一平行边为试验点，每个样方内间隔5m平行设置3组测量点，用Dustmate粉尘（可吸入颗粒物）检测仪测定各点距离地面0.5m、1.5m处空气中PM2.5的浓度，同时测定气象条件（风速、风向、空气温度、湿度）。试验测定期间应天气晴朗，无大风、降雨等异常天气情况，尽量保持在一致的外界环境条件下对各样方进行测定。  C:\Users\Administrator\AppData\Roaming\Tencent\Users\897079418\QQ\WinTemp\RichOle\C19{GOW9EQ3~3ELYTP}G49F.png  图1 道路绿化带不同结构和配置模式样方测量点示意图  **2. 道路绿化带代表性植物滞留PM2.5能力研究**  选择长沙市道路绿化带代表性植物，乔木、灌木、草本植物各选择6-10种。采样时每种植物选取3株生长状况良好的林龄相近的个体植株。每次采集期间选择晴朗无风天，且采样前后十天没有降雨。采集样品原则为分别在东、南、西、北4 个方向采集叶片，根据叶片大小每个植株采集100~200 g 不等叶片，采摘的叶片要求成熟、完整、无病虫害和断残。把采摘下来的叶片立即封存于自封袋中，及时带到实验室进行测量。测定植物叶面积、叶对PM2.5的滞留量、叶片形态结构等。   1. **要解决的主要问题** 2. 道路绿化带典型结构配置模式样地的选取以及代表性植物的选取是影响本课题预期结果的关键。 3. 道路绿化带调控PM2.5的影响因素众多，因此选择外界环境一致的条件成为本课题研究的难点。 4. 比较道路绿化带不同配置结构对PM2.5的消减率以及植物叶片滞留PM2.5的能力及其影响因素是本课题最关键的也是要解决的主要问题。 | | | | | | |
| 国内外研究现状和发展动态  现阶段，国内外学者对于 PM2.5的研究主要集中在 ①对 PM2.5 本身的研究，包括分布特征研究、组成研究、来源研究等；②对 PM2.5危害的研究；③对PM2.5的监测研究；④ 植被对PM2.5的作用研究。前3类研究较为深入，最后一类则处于起步阶段。  **植物对PM2.5等颗粒物的作用：**植物对PM2.5等颗粒物的作用主要通过减尘、滞尘、吸尘、降尘、阻尘作用实现。乔木去除气体污染物和颗粒污染物以及截留气溶胶性质污染物的能力高于矮小的植物。北方地区滞尘能力最强的常绿乔木树种中，滞尘能力大小依次为云杉(*Picea asperata*) ＞杜松(*Juniperus rigida*) ＞圆柏（*Sabina chinensis*）＞油松(*Pinus tabuliformis*)；滞尘能力最强的落叶乔木类主要有槐树( *Sophora japonica*) 、元宝枫( *Acer truncatum*) 、银杏( *Ginkgo biloba*) 、绒毛白蜡*(Fraxinus velutina*) 、构树(*Broussonetia papyrifera* ) 、毛泡桐( *Paulownia tomentosa*) 等；滞尘量大小依次为悬铃木(*Platanus acerifolia*) ＞紫叶李(*Prunus cerasifera*) ＞ 紫薇(*Lagerstroemia indica*) ＞ 连翘( *Forsythia suspensa* ) ＞ 火棘( *Pyracantha fortuneana*)。北京西山白皮松和油松有大量凹陷和突起，相对高差较大，粗糙度较大，吸滞PM2.5能力强；柳树和五角枫叶片有褶皱，粗糙度相对较高，分布有大量的突起和凹陷，吸滞PM2.5能力居中；银杏和山杨因其叶表面平滑、气孔多为长圆形，粗糙度较小，吸滞PM2.5能力较弱[15]。王兵等研究发现对PM2.5附着能力最强的是雪松、铺地柏、龙柏和油松[7]。  **行道树对PM2.5等颗粒物的作用：**近年来，国内外有关行道树对空气中各种降尘的滞留、吸附、过滤等作用的研究逐渐兴起[8-11]。Powe N.A和Willis K.G[12]于2004年提出植物滞留颗粒物是一个相对复杂的过程，其影响因素也较多，主要是叶面积指数LAI、行道树空间结构、表面主要形态、太阳辐射、叶面湿度以及空气湿度等。Manning W.J.[13]也强调树木比其他灌木、草本植物更高效的吸附和捕获空气中的颗粒物。Beckett K. P.和Freer-Smith P.H.[14]通过实验表明，叶面积特性和微观粗糙度的变化对颗粒物沉降模式影响较大，粘性叶面可促使空气中粉尘和粗颗粒物的滞留，而粗糙叶面更有利于细颗粒物的滞留。国内城市各类绿地、公共区域以及城市街道的粉尘污染较为严重，研究发现城市行道树截留颗粒物的能力和叶面积呈正相关关系，灌木和草地截留颗粒物能力小于乔木。从城市绿地群落的垂直结构来看，乔灌草型绿地具有相对较好的滞尘能力，是目前阻滞大气颗粒物较为理想的绿地类型；但同时也有研究发现灌草型滞尘高于乔灌草型，群落并不是结构越复杂滞尘效果越好，因此关于植物群落结构对PM2.5的影响仍有分歧，尚无定论。  **植物调控PM2.5等颗粒物的影响因素：**植物特性（如叶表面微形态结构）、群落结构、气象条件（风向、风速、温度、相对湿度、大气压）等都会影响植物对PM2.5的消减效应[21, 25, 29]。叶片表面微形态结构越密集、深浅差别越大，越有利于PM2.5滞留，这些微形态结构的滞尘能力由高到低依次是绒毛、沟槽、叶脉+小室、小室、条状突起[16-20]。叶面沟槽深且间距大、润湿性好、气孔密度(＞189 N/mm2 ) ( 以单位面积气孔数计) 较大有利于滞尘，气孔密度(＞217 N/mm2 ) 更大的叶片有利于滞留PM2.5~10。有绒毛树叶的PM2.5滞留能力更强。欧洲黑松(*Pinus nigra*) 和金柏(*Cupressocyparis leylandii*) 叶子结构更细微复杂，因此它们截获颗粒物的效率更高。这说明合理的树种选择能够提高植物群落净化空气的效能。PM2.5、PM1、TSP、PM10与风向、风速、温度、相对湿度、大气压5个气象参数均具有显著线性相关性（置信度水平99%），相关系数PM2.5 > PM1 > TSP > PM10，即细颗粒物与气象因素之间的相关系数大于粗颗粒物。  综上所述，PM2.5是当前我国大部分城市面临的首要大气环境问题。虽然已开展了大量的相关研究，取得了一定的成果，但仍存在一些问题：  （1）研究机理尚不明确：对植物叶片滞尘的研究主要侧重于植物滞尘能力和大气污染物质的危害，对植物群落结构与其减尘、滞尘、阻尘等功能的作用机理等还未开展深入研究，且受众多因素影响，并没有全面的数据资料可以参考。在目前的研究中，对道路绿化带滞留PM2.5的能力研究仅仅是刚刚起步。  （2）研究区域的局限性：我国对PM2.5等颗粒物的监测多是区域性监测，数据零散且间断、系统性较差，观测的结果有限，不能全面地反映我国颗粒物污染的整体状况，难以深入分析和比较。而且，不同区域气候地带特征、空气污染状况等不同，区域代表性植物也存在差异。目前我国的研究区域主要集中在北京[7-8, 11, 19-20, 22-24, 28]、上海[27]、广州[17]、杭州[26, 30]等地，长沙尚未见到类似研究，而长沙大气首要污染物就是PM2.5，因此在长沙开展道路绿化带滞留PM2.5的能力研究能够在区域上补充完善现有的研究结果。  （3）研究结果尚无定论。乔灌草型绿地具有相对较好的滞尘能力，是目前阻滞大气颗粒物较为理想的绿地类型；但同时也有研究发现乔灌草型不是最佳的滞尘结构，因此关于植物群落结构对PM2.5的影响仍有分歧，尚无定论，有待深入研究。  在城市绿化建设过程中，充分了解和利用植物的滞尘能力，能有效地改善城市生态环境，而道路绿化是城市绿地的重要组成部分。道路绿化以“线”的形式搭建起整个城市绿化系统的框架，将公园绿地、城市森林等“面”及居住区绿地、广场绿地等“点”连接成一个网状的城市绿色系统。这一点、线、面相结合的合理布局对改善城市生态环境具有重要意义。  **参考文献：**   1. Schwartz J, Dockery D W, Neas L M. Is daily mortality associated specifically with fine particles?[J]. *Air Waste Manage* *Assoc*, 1996, 46: 927-939． 2. Arden Pope III C, Richard T B, Michael J T, *et al.* Lung cancer, cardiopulmonary mortality，and long-term exposure to fine particulate air pollution[J]. *The American Medical Association*, 2002, 287(9): 1132-1141． 3. 康博文，刘建军，王得祥，等. 陕西20种主要绿化树种滞尘能力的研究[J].陕西林业科技，2003(4)：54-56. 4. 苏俊霞，靳绍军，闫金广，等. 山西师范大学校园主要绿化植物滞尘能力的研究[J].山西师范大学学报：自然科学版，2002，20(2)：86-88. 5. 杨瑞卿，肖扬. 徐州市主要园林植物滞尘能力的初步研究[J].安徽农业科学，2008，36(20)：8576-8578．   [6] 王蓉丽，方英姿，马玲. 金华市主要城市园林植物综合滞尘能力的研究[J].浙江农业科学，2009, (3)：574-576．  [7] 王兵, 张维康, 牛香, 等. 北京10个常绿树种颗粒物吸附能力研究[J]. 环境科学, 2015, 36(2):408-414.  [8] 杨佳，王会霞，谢滨泽，等．北京9个树种叶片滞尘量及叶面微形态解释［J］． 环境科学研究，2015，28( 3) : 384-392．  [9] 王蓉丽，刘惠，马玲. 园林植被滞尘效应研究进展[[J]. 安徽农学报, 2007, 13 (10): 84-85.  [10] 邵建明, 刘斌, 鲁绍伟, 等. 城市森林植被对空气PM2.5质量浓度的影响[J]. 北方园艺, 2016, (13):182-186.  [11] 刘文平, 宇振荣. 北京海淀区绿色空间PM2.5滞尘服务模拟[J]. 应用生态学报, 2016, 27(8):1-10.  [12] PoweN.A.,Willis K.G Mortality and morbidity benefits of air pollution absorption attributed to woodland in Britain [J]. Journal of Environmental Management, 2004, 70: 119-123.  [13] Manning W.J. Effect of limestone dust on leaf condition, foliar disease incidence and leaf surface microflora of native plants [J]. Environmental Pollution, 1971,(2):69-76.  [14] Beekett K.R., Freer-smith RH., Taylor G. The capture of particulate pollution by trees at five contrasting urban sites [J].Arbori cultural Journa1, 2000, 24:209-230.  [15] 陈波, 刘海龙, 赵东波, 等. 北京西山绿化树种秋季滞纳PM2.5能力及其与叶表面AFM特征的关系[J]. 应用生态学报, 2016, 27(3): 777-784.  [16] 李新宇，赵松婷，郭佳，等. 基于扫描电镜定量评价植物滞留大气颗粒物能力[J]. 西北林学院学报，2016，31(1)：286-291.  [17] 刘璐，管东生，陈永勤．广州市常见行道树种叶片表面形态与滞尘能力[J]. 生态学报, 2013, 33(8):2604-2614.  [18] 房瑶瑶, 王兵, 牛香. 叶片表面粗糙度对颗粒物滞纳能力及洗脱特征的影响[J]. 水土保持学报, 2015, 29(4):110-115.  [19] 王蕾, 高尚玉, 刘连友, 等. 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):4597-4601.  [20] 杨佳, 王会霞, 谢滨泽, 等．北京9个树种叶片滞尘量及叶面微形态解释［J］． 环境科学研究，2015，28( 3) : 384-392．  [21] 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.  [22] 张维康, 王兵, 牛香. 北京市常见树种叶片吸滞颗粒物能力时间动态研究[J]. 环境科学学报, 2016, 1:1-12.  [23] 赵云阁, 鲁绍伟, 李利学, 等. 北京秋季不同树种吸附PM2.5研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2016, 36(10):27-33.  [24] 赵松婷，李新宇，李延明. 北京市常用园林植物滞留PM2.5能力的研究[J]. 西北林学院学报，2016，31(2)：280-287.  [25] 郭伟，申屠雅瑾，郑述强，等.城市绿地滞尘作用机理和规律的研究进展[J].生态环境学报，2010，19(6)：1465-1470.  [26] 江胜利.杭州地区常见园林绿化植物滞尘能力研究[D].临安：浙江农林大学，2012.  [27] 王兵主编，高翔伟，戴咏梅，韩玉洁，刘祖英，牛香，刘春江，殷杉等著. 上海市森林生态连清体系监测布局与网络建设研究[M]. 北京：中国林业出版社，2016.  [28] 王国玉, 白伟岚, 李新宇, 等. 北京地区消减PM2.5等颗粒物污染的绿地设计技术探析[J].中国园林，2014，(7)：70-76.  [29] 王磊, 黄利斌, 万欣, 等. 城市森林对大气颗粒物(尤其PM2.5)调控作用研究进展[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2016,40:1-6.  [30] 包贞, 冯银厂, 焦荔, 等. 杭州市大气PM2.5和PM10污染特征及来源解析[J]. 中国环境监测, 2010, 26(2):44-48. | | | | | | |
| 本项目学生有关的研究积累和已取得的成绩  1. 通过树木学、普通生态学、森林生态学实验实习课程，已经具备了植物认知、样地调查以及实验室内样品测定的基本技能，为本项目野外调查、样地选取、植物选择、样品采集和测定奠定了坚实的基础。  2. 通过查阅相关文献，与指导老师交流，具备了清晰的实验思路，制定了详细的实验方案，能够保证项目任务按时完成。 | | | | | | |
| 项目的创新点和特色  1. PM2.5是国内外的热点研究内容之一。虽然世界上已经对PM2.5开展了大量的研究，取得了一定的成果，但研究内容主要局限在对PM2.5分布、组成、来源、危害、监测等方面的研究，关于植被对PM2.5的作用研究刚刚处于起步阶段，且植物对PM2.5的作用及影响因素比较复杂，导致部分机理仍存在诸多不确定性。项目立题依据可靠，研究内容新颖。  2. 本项目从生态学上的不同尺度比较道路绿化带不同配置结构对PM2.5的消减率以及植物叶片滞留PM2.5的能力及其影响因素，为改善城市空气质量，创建生态文明城市提供理论和技术支撑，对城市绿化、城市生态规划等具有理论与指导作用。 | | | | | | |
| 项目的技术路线及预期成果   1. 技术路线   长沙市道路绿化带调查  典型样地选取和测定  植物叶片滞留PM2.5的能力  典型配置结构滞留PM2.5的能力  气 象 条 件  乔木型  灌木型  灌草型  乔灌型  乔草型  乔灌草型  对照点  试验点  PM2.5的消减率  植物叶面积  叶PM2.5的滞留量  植物叶形态结构  长沙市道路绿化带滞留PM2.5的能力研究  2. 预期成果  （1）为长沙市筛选出滞留PM2.5能力较强的道路绿化植物3-5种，绿化带结构配置模式1-2种。  （2）发表论文1篇。 | | | | | | |
| 年度目标和工作内容（分年度写）  1. 2017.04-2017.05  长沙市道路绿化带调查，典型样地的选取与设置。  2. 2017.06-2018.04  在样地测定点进行PM2.5浓度测定，同时测定气象因素（风速、风向、空气温度、湿度）；采集代表性植物叶片，测定植物叶对PM2.5的滞留能力。  3. 2018.05-2019.04  数据分析，撰写论文1篇，提交结题报告，项目验收。 | | | | | | |
| 指导教师意见  PM2.5是当前我国大部分城市面临的首要大气环境问题。随着雾霾现象的加重，如何控制PM2.5以降低空气污染逐渐成为研究热点。本研究项目选题紧密围绕当前热点研究问题，研究内容具有较强的创新性，研究方案具体，技术路线可行，实验设计合理，有利于提高学生的思考能力、动手能力以及科研能力，同意申请该项目。  签字： 日期： | | | | | | |

注：本表栏空不够可另附纸张