

张家口地区杨柳飞絮浓度测定及污染状况评价研究

张立文 董海鹏 胡 啸 (通讯作者)

张家口市清水河滨河公园事务中心 河北 张家口 075000

【摘要】：目的：本次以张家口地区为研究对象，通过采用空气飞絮浓度拍照测量法，进行系统观测对飞絮浓度进行测定和数据分析，探讨张家口市杨柳飞絮的时空分布特征，评价飞絮造成的污染问题。方法：采用定点观测等方法，对张家口市主城区及周边进行监测。结果：张家口地区杨柳飞絮浓度呈现明显的季节性特征。从时间分布上看，杨柳飞絮浓度较高时间集中在4月中旬至5月上旬，日均浓度最高可达120粒/m³。从空间分布上看，老城区浓度显著高于新城区，交通干道周边浓度高于居民区。结论：通过监建立杨柳飞絮污染评价体系，为城市公园管理和环境污染提供了科学的依据。

【关键词】：张家口地区；杨柳飞絮测定；拍照测量法；防治研究

DOI:10.12417/3041-0630.26.08.083

引言

春季杨柳树成熟后产生的飞絮，已成为典型的植源性污染物。对城市公共安全与居民生活质量造成严重影响^[1]。对此，国内的外学者进行了大量研究。本研究将在前人基础上，结合张家口地区的特殊地理气候条件，开展针对性的杨柳飞絮的浓度测定和环境污染评价两方面进行。对提升张家口市飞絮治理水平具有重要现实意义。本研究旨在通过空气飞絮浓度拍照测量法，精准获取张家口市杨柳飞絮浓度数据，明确其时间变化特征与影响因素，构建科学合理的污染等级评价标准，最终提出针对性的防治对策。

1 研究区域

张家口市位于河北省西北部，属温带大陆性季风气候，春季干旱少雨、风力较大，年均气温7.8℃，春季（3-5月）平均风速2.5m/s，这种气候条件有利于杨柳飞絮的产生与飘散。研究选取主城区3处代表性区域作为观测点：公园区域（以绿地为主，杨柳树种集中）、街道区域（行道树以杨柳科树种为主，人流量大）、居民区区域（绿化树种多样，杨柳树分布零散），涵盖了张家口市主要绿地类型与杨柳树分布场景，能够全面反映城市飞絮污染状况。

2 研究方法

2.1 采样点布设

在3个研究区域内各设置3个采样点，每个采样点间距不小于500m，确保样本的独立性与代表性。采样点均选择开阔、无遮挡的位置，避开建筑物背风处、密林等特殊区域，保证飞

絮观测的客观性。

2.2 测量方法

采用空气飞絮浓度拍照测量法，该方法基于计算机视觉技术与图像处理技术，属于非接触式测量技术，可有效避免传统采样方法带来的误差与污染。具体操作如下：

（1）拍摄设备：选用高分辨率数码相机，像素不低于2400万，配备标准镜头，确保能够清晰捕捉飞絮微小细节。

（2）拍摄参数：拍摄高度为1.5m（与人呼吸带高度一致），拍摄角度垂直于地面，每张照片拍摄范围为1m×1m，曝光时间、感光度等参数保持一致，避免因拍摄条件差异影响数据准确性。

（3）拍摄时间：在飞絮高发期（4-5月），每日选择8:00、12:00、16:00、20:00四个时段进行拍摄，每个采样点每次拍摄3张照片，取平均值作为该时段浓度数据。

（4）图像处理：将拍摄照片导入计算机，使用图像处理软件进行预处理，包括去除背景噪声、调整亮度对比度、图像锐化等；通过图像识别算法对飞絮进行轮廓提取与计数，结合拍摄范围计算单位体积（个/m³）的飞絮浓度。

2.3 污染等级评价标准

参照《环境空气质量标准》（GB 3095-2026）中可吸入颗粒物（PM₁₀）的分级逻辑，结合杨柳飞絮粒径50-100μm的物理特性及飘浮特征，将张家口市杨柳飞絮污染等级划分为4个等级：I级（低度污染），空气飞絮浓度≤13个/m³；II级（中度污染），飞絮浓度14-30个/m³；III级（重度污染），

作者简介：张立文，男，1974.4，工程师，土木工程专业，工作单位：张家口市清水河滨河公园事务中心。

董海鹏，男，1983.4，助理工程师，土木工程专业，工作单位：张家口市清水河滨河公园事务中心。

通讯作者：胡啸，男，1989.6，工程师，风景园林专业，工作单位：张家口市清水河滨河公园事务中心。

基金项目：2025年市级科技计划自筹经费项目《张家口地区杨柳飞絮浓度测定及污染状况评价研究》项目编号：2522235D

飞絮浓度 31-50 个/m³；IV级（严重污染），飞絮浓度 >50 个/m³。该标准既符合空气质量评价的通用规范，又充分考虑了飞絮污染物的特殊性，具有较强的科学性与实用性^[5]。

2.4 数据分析方法

采用 SPSS 26.0 软件对采集的飞絮浓度数据进行统计分析，通过描述性统计明确浓度分布特征，利用相关性分析探究飞絮浓度与气象因素（风速、温度、湿度）的关联程度，结合树种分布调查数据与城市环境特征，综合分析浓度变化的驱动因素。

3 研究结果及分析

3.1 研究结果

3.1.1 飞絮浓度总体分布特征

通过对 3 个研究区域 9 个采样点的观测数据统计，张家口市杨柳飞絮高发期（4-5 月）平均浓度为 28.6 个/m³，污染等级以 II 级（中度污染）为主。其中，街道区域平均浓度最高，达 35.2 个/m³，部分时段出现 III 级重度污染；公园区域平均浓度为 29.7 个/m³，以中度污染为主；居民区区域平均浓度最低，为 20.9 个/m³，多为 I-II 级污染。这一差异主要与杨柳树分布密度相关，街道区域杨柳科行道树种植集中，新疆杨、河北杨等树种占比高，是飞絮的主要来源地。

（1）日变化规律：通过对收集到的数据进行分析，发现杨柳飞絮浓度在一天内呈现出显著的变化规律。通常情况下，飞絮浓度在上午 10 点至下午 16 点之间达到高峰^[3]。日变化的规律与城市环境中气温高、空气湿度低以及光照强度等气象条件相关，这些因素促使杨柳飞絮的释放和飘散^[4]。此外，人为活动也会导致飞絮日变化，由于城市中早晚高峰期间的交通流量不同，日变化也不尽相同，晚高峰时期会导致飞絮的二次扬起，从而进一步影响其浓度变化。

（2）周变化规律：从周一至周日，杨柳飞絮一般在周一至周五比较明显，周六日则飞絮浓度普遍低，其原因可能与城市居民出行频率相关，周末出行减少，飞絮浓度有所缓解^[4]。同时，不同周次之间的飞絮浓度差异也是不相同的，通过分析可知，气象条件（风速和降水量）不同，飞絮的飘散数量也不同^[5]。

（3）月变化规律：张家口市杨柳飞絮高发期主要集中在 4 月中旬至 5 月上旬，春季气温回升，树木生长旺盛^[6]，杨柳絮成熟较快。通过测量可知，飞絮浓度的高峰期主要集中在 4-5 月，且在月初和月中分别出现了两次高峰，但到月底飞絮数量明显减少，飞絮浓度也显著下降^[4]。

3.2 影响因素分析

3.2.1 气象因素影响

气象因素的影响属于外部关键因素影响^[5]。通过分析，飞絮浓度相关性方面，浓度与气温呈正相关时（ $r=0.78$, $P<0.01$ ），环境温度升高则会加速果实成熟与飞絮释放；浓度与相对湿度呈负相关时（ $r=-0.65$, $P<0.01$ ），空气湿度增加则飞絮重量增加，会抑制飞絮的飘散；湿度与风速呈正相关时（ $r=0.52$, $P<0.05$ ），适宜的风速为 2-4m/s，有利于飞絮扩散，如果风速 >6m/s，则会促进飞絮沉降。

3.2.2 树种分布

杨柳科树种的种类与分布密度直接决定飞絮污染源强度。张家口市主城区杨柳科树种中，毛白杨应用频度最高（20.0%），其次为柳树（12.5%）和河北杨（10.0%），这些树种均为飞絮产生的主要来源。街道区域杨柳树种种植密度达 15-20 株/100m，远高于居民区（5-8 株/100m），导致飞絮浓度显著偏高；而公园区域虽种植密度较高，但由于绿地面积大、植被覆盖率高，部分飞絮会被其他植物拦截，浓度略低于街道区域^[6]。

3.2.3 城市环境

通过研究可知，适当增加城市道路清扫频率、洒水次数等精细化管理措施也会影响飞絮浓度^[7]，通过每日对设定区域进行湿化清扫，测算飞絮浓度可比未清扫区域低 25%-30%。

4 讨论

4.1 污染特征分析

通过研究，张家口地区杨柳飞絮污染具有四个明显特征：一是季节性较强，飞絮污染源主要集中在春季的 4-5 月，且呈现明显的周期性；二是区域性较为突出，老城区污染高于新城区，建成区高于新建区；三是气象影响较大，受环境温度、风速和湿度这些气象条件影响显著；四是健康危害较大，对城市中的过敏人群和呼吸系统疾病患者影响较为突出。

4.3 防治对策及建议

飞絮防治措施可从三个方面开展，即短期治理、中期治理和长期治理^[8]。

4.3.1 短期治理措施

短期治理应做好四个方面准备：一是应加强飞絮浓度监测预警，建立杨柳飞絮监测预警系统，及时发布飞絮浓度信息^[9]；二是呼吁市民做好个人防护，特别是敏感人群在飞絮高发期尽量减少户外活动，同时佩戴口罩、眼镜；三是加强城市的清洁维护，增加道路洒水频次，及时清理堆积飞絮；四是做好应急医疗服务，特别是过敏性疾病诊疗准备。

4.2 中期改善措施

中期改善措施应从四个方面进行:

(1) 优化城市园林树种结构, 加强对城市现有行道树中的杨柳树进行性别鉴定, 逐步替换雌株;

(2) 丰富园林绿化树木种类, 在城市园林建设中, 增加其他适应性强的乡土树种的种植比例^[10];

(3) 增加生物抑制剂的使用和推广, 减少飞絮杨柳树的数量;

(4) 优化城市绿化空间布局: 建设城市通风廊道, 增强空气流通, 改善杨柳飞絮污染浓度。

4.3 长期规划策略

可以从三个方面进行规划: 第一是对城市园林绿化景观建设进行合理规划, 科学制定城市绿化树种选择标准, 减少易产

生飞絮的树种; 第二是改善城市生态环境, 构建多层次、多功能的园林绿化生态系统; 第三是加强科技创新驱动能力, 提高杨柳飞絮防治技术的研发力和推广应用机制。

5 结论

本次通过对张家口地区杨柳飞絮浓度的系统测定与污染状况评价, 揭示了张家口地区杨柳飞絮的出现的时间变化特征及主要影响因素^[15]。从时间分布上, 飞絮浓度在日、周、月上呈现出的变化规律比较显著。从气象环境因素上, 飞絮浓度受到气象条件、树种分布及城市环境等多重因素的综合影响^[15]。从空间分布上, 飞絮浓度呈现处由城市中心向周边递减的趋势^[11], 即旧城区浓度高于新城, 交通干道周边浓度高于居民区。建议可从洒水降絮、注射药物、调整树种结构以及推广高接换头技术这些技术入手加强杨柳飞絮防治^[12], 达到改善城市生态环境和提升居民生活质量的目的^[7]。

参考文献:

- [1] 林楠;徐琳;卢凡青;王姝纯;王淼;李秋月.华北区域杨柳科树木春季物候期模拟[J].生态学报,2023,43(6):2452-2464.
- [2] 侯秀清.北方地区杨柳飞絮治理方法[J].内蒙古林业,2023,(2):34-35.
- [3] 胡利娟.精准定位,飞絮治理“指哪儿打哪儿”[J].中国科技财富,2021,(4):71-72.
- [4] 严丽萍;安芮莹;卢永;李长宁.以应对杨柳絮健康影响为切入点浅谈对将健康融入所有政策的理解[J].中国健康教育,2019,35(3):276-278.
- [5] 韩璐毅.园林植物配置技术在城市空气污染治理中的应用研究[J].环境科学与管理,2023,48(2):161-166.
- [6] 齐松伟;王秀君;任寒英;张凌飞;牟智慧.浅析城市园林中杨柳飞絮的防控方法[J].农业灾害研究,2021,11(8):124-125.
- [7] 钟姗姗;武舒;王黎;苏晓华;张冰玉.杨树种毛相关候选基因 PeCFL1 和 PeCFL2 的时空表达分析[J].北京林业大学学报,2022,44(5):1-7.
- [8] 韩志红.杨柳飞絮防治措施浅析[J].花卉,2021,(4):104-105.
- [9] 秦志强;彭文迪;时国营.杨柳飘絮治理措施的探讨[J].现代园艺,2021,44(17):188-190.
- [10] 张颖;高梦醒;陈林;刘智媛;汪玲;费永成.成都气象要素等级对大气污染的改善作用研究[J].中国环境监测,2023,39(5):116-124.
- [11] 冯晓容;柴梦娜;张强华;高志呈;杨颖.抑花一号杨柳飞絮抑制剂防控效果试验研究[J].宁夏农林科技,2022,63(6):31-36.
- [12] 王自清.大气环境污染监测及污染治理应用研究[J].资源节约与环保,2023,(5):61-64.
- [13] 徐瑞红;杨小菊;武发思;张国彬;汪万福.敦煌莫高窟 PM10 浓度年变化及影响因素[J].环境科学与技术,2022,45(5):162-171.
- [14] 芦珺.杨树飞絮的治理对策[J].产城(上半月),2021,(6):201-201.
- [15] 王岩;刘园;高珍;薛树红;冯民权.环巢湖流域典型圩区水环境模拟与污染控制研究[J].水电能源科学,2022,40(9):71-73.
- [16] 国家环境保护总局.环境空气质量标准:GB 3095-2012[S].北京:中国环境科学出版社,2012.