DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.202625335

·论著·

大连市花粉浓度对变应性鼻炎就诊量的滞后效应及影响因素分析

邓桂莉[1,2],姜涛[1],李宪华[1],刘子晔[1],李锐[1],赵迪[1],陈海源[2],孔凡博[2],范玉净[1],鹿伟理[1]

(1. 大连大学附属中山医院 耳鼻咽喉头颈外科,辽宁 大连 116000; 2. 大连医科大学,辽宁 大连 116000)

摘 要: 目的 回顾性分析大连市 2024 年气传花粉的时空分布特征及其与气象因素、大气污染物的相关性,探讨花粉浓度与变应性鼻炎(AR)就诊量的滞后效应,为大连区域性过敏性疾病防治提供科学依据。**方法** 采用重力沉降法收集 2024 年 7 月 9 日—10 月 15 日大连市气传花粉,染色后通过光学显微镜鉴定并计数。同步收集气象数据(温度、湿度等)和大气污染物(SO_2、$PM_{2.5}$ 等)的浓度数据。使用医院信息系统提取同期 AR 的门诊数据,并进行统计分析。**结果** ①共捕获气传花粉 2 896 粒,以蒿属和桑科为主,蒿属花粉浓度变化趋势与总浓度一致。②日平均湿度、2 min 平均风速和 SO_2、NO_2、$PM_{2.5}$ 与花粉浓度显著相关。③花粉浓度呈单峰分布,高峰期为 8 月 27 日—9 月 17 日;同期 AR 就诊人数同步攀升,存在 1~2 d 滞后现象。花粉浓度对 AR 就诊人数影响最大,其中蒿属与桑科花粉呈显著正相关。④花粉浓度对 AR 就诊量的滞后影响在暴露后 0~4 d 最强,在滞后第 1 天时 RR 达到峰值(RR=1.58)。**结论** 大连地区夏秋季花粉浓度与 AR 发病存在显著关联,且存在滞后效应,受到多种环境因素的共同调控。花粉浓度监测和播报可为过敏性疾病防治提供预警,并为卫生行政部门制定防控策略提供依据。

关 键 词:变应性鼻炎;气传花粉;气象因子;空气污染物;分布滞后非线性模型;大连市

中图分类号:R765.21

Analysis of the lag effect and influencing factors of pollen concentration on allergic rhinitis outpatient visits in Dalian City

DENG Guili[1,2], JIANG Tao[1], LI Xianhua[1], LIU Ziye[1], LI Rui[1], ZHAO Di[1], CHEN Haiyuan[2], KONG Fanbo[2], FAN Yujing[1], LU Weili[1]

(1. *Department of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery, Affiliated Zhongshan Hospital of Dalian University, Dalian* 116000, *China*; 2. *Dalian Medical University, Dalian* 116000, *China*)

Abstract: Objective To provide scientific evidence for regional prevention and control of allergic diseases in Dalian via a retrospective study on the spatiotemporal distribution characteristics of airborne pollen and their associations with meteorological factors and air pollutants in Dalian City during 2024, and the lag effect between pollen concentration and outpatient visits for allergic rhinitis (AR). **Methods** Airborne pollen samples were collected from July 9 to October 15, 2024, using a gravimetric sedimentation method, and then identified and counted under an optical microscope after staining. Meteorological data (temperature, humidity, etc.) and concentrations of air pollutants (SO_2, $PM_{2.5}$, etc.) were simultaneously collected. Outpatient data for AR during the same period were extracted from hospital information systems and subjected to statistical analysis. **Results** ① A total of 2 896 airborne pollen grains were captured, primarily from Artemisia and Moraceae families. The concentration trend of Artemisia pollen was consistent with that of total pollen. ② Daily average humidity, 2-minute average wind speed, and concentrations of SO_2, NO_2, and $PM_{2.5}$ showed significant correlations with pollen concentration. ③ Pollen concentration exhibited a unimodal distribution, peaking between August 27 and September 17. AR outpatient visits increased synchronously during this period, showing a 1~2 day lag. Pollen concentration had the strongest influence on AR visit numbers, with significant positive correlations observed for both Artemisia and Moraceae pollens. ④ The lagged impact of pollen concentration on AR visits was strongest within 0~4 days

第一作者简介:邓桂莉,女,在读硕士研究生。
通信作者简介:鹿伟理,男,副主任医师。

after exposure, reaching its peak relative risk (RR=1.58) at a 1-day lag. **Conclusions** There is a significant association between summer and autumn pollen concentrations and AR incidence in Dalian, with a clear lag effect modulated by multiple environmental factors. Monitoring and reporting pollen levels can serve as an early warning system for allergic diseases and support public health authorities in formulating effective prevention and control strategies.

Keywords: Allergic rhinitis; Aeroallergen; Meteorological factor; Air pollutant; Distributed lag nonlinear model; Dalian city

变应性鼻炎(allergic rhinitis,AR)是由吸入性变应原(如气传花粉等)接触鼻黏膜后诱导免疫球蛋白 E(immunoglobulin E,IgE)介导的Ⅰ型变态反应性疾病,其典型临床特征包括阵发性喷嚏、鼻痒、鼻塞及清水样涕,常伴发过敏性结膜炎表现[1]。流行病学调查显示,AR 在全球范围内呈现显著上升趋势,患病率已达 10%~40%[2-3],不仅严重影响患者生活质量,还造成沉重的社会经济负担。在众多环境致敏原中,气传花粉是诱发 AR 的主要室外变应原[4-5]。当特应性体质患者接触花粉变应原后,出现 AR、过敏性结膜炎、哮喘等临床表现,统称为花粉症[6-7]。近年研究表明,全球气候变化通过多重机制影响过敏性疾病进程[8]。特别值得注意的是,工业化进程加速与机动车保有量激增导致环境污染物浓度升高,进而使花粉症的患病率明显增加[9]。现有研究证实,花粉症发病率的增长难以仅用遗传因素来解释。花粉的致敏性具有明显地域性与季节性特征,且受到气候因子(温度、湿度等)、大气污染物(NO_2、$PM_{2.5}$ 等)的影响,提示环境因素在疾病发生中发挥关键作用[10-14]。尽管目前对气传花粉的传播规律已有较深入的认识,但关于中国大连市(典型滨海城市)环境因素与花粉致敏性疾病的交互机制仍缺乏系统研究。基于此,本研究拟系统解析大连市优势花粉种属的时空分布特征,构建花粉浓度-气象因素-大气污染物的多变量关联模型,重点评估环境因素对 AR 就诊量的协同效应与滞后效应。以期为海滨城市花粉症的精准防控提供重要循证依据,并为建立基于多阶段环境暴露风险评估的过敏性疾病早期预警模型提供理论支撑。

1　资料与方法

1.1　花粉监测

花粉监测仪采用北京市耳鼻咽喉科研究所提供的 TR-1 型便携式户外花粉采集装置(重力沉降法)[15]。采集器放置在大连大学附属中山医院门诊楼顶平台(东经 121°39′12″,北纬 38°55′08″,距地面高度约 16 m),符合美国过敏哮喘及免疫学学会(American Academy of Allergy Asthma and Immunology,AAAAI)标准:周边半径 200 m 内无高层建筑遮挡,年平均风速>2 m/s。监测周期为 2024 年 7 月 9 日至 10 月 15 日,放置均匀涂抹凡士林黏附剂的载玻片,并在次日上午 8 点将前日载玻片取下,保证其连续 24 h 暴露在空气中,由专人进行此项工作,保证所有载玻片暴露时间点均遵循统一时间表。将载玻片取下后使用复红染色(染色液由北京同仁医院提供)并加盖盖玻片(采用 24 mm×50 mm 规格的盖玻片),在显微镜(Olympus BX-S1)200×(20×物镜,10×目镜)下对整张盖玻片下的花粉进行人工计数和分类。花粉浓度=显微镜下花粉粒数÷盖玻片面积×1 000,单位记为:粒/1 000 mm^2。花粉浓度按数量分级:花粉数量(粒/1 000 mm^2)≤50,很低;51~100,较低;101~300,偏高;301~500,较高;501~800,很高;≥801,极高[15]。

1.2　环境数据收集

中国气象局国家气象信息中心发布了 2024 年逐日观测数据,包括日平均温度、日平均湿度、2 min 平均风速、日风级、日总降水量等气象信息及 $PM_{2.5}$、PM_{10}、SO_2、NO_2、CO、O_3 等大气污染物浓度数据。所有环境数据均通过质量控制流程,剔除缺失值及异常值。

1.3　门诊就诊数据

通过大连大学附属中山医院信息系统提取,统计诊断为变应性鼻炎患者的就诊信息,包括姓名、性别、年龄等资料。诊断是依据患者的症状和体征,包括反复打喷嚏、流清涕、鼻痒和鼻塞的鼻部症状,同时结合患者血清特异性 IgE 检测和(或)皮肤点刺试验的数据。排除标准包括患有鼻窦疾病、出血性疾病、使用抗凝剂/阿司匹林、患有哮喘以外的肺部疾病。

1.4　统计学分析

应用 SPSS 26.0 和 R 4.3.2 进行统计学分析,检验水准均设为 α=0.05(双侧)。计数资料用频数(n)及百分比(%)表示不同月份花粉数量及种类。采用 Spearman 秩相关分析花粉浓度与气象因素(日最低温度、日最高温度、日平均温度、日平均湿度、

2 min 平均风速、日风级、日总降水量）及大气污染物（$PM_{2.5}$、PM_{10}、SO_2、NO_2、CO、O_3）。针对 AR 就诊量的多因素分析，采用分层建模策略：①广义相加模型：基于 R 4.3.2 软件 mgcv 包构建，模型采用准泊松分布处理过度离散。采用薄板样条控制长期趋势（时间变量）和气象混杂因素（如温度、湿度）。通过似然比检验保留 $P<0.05$ 的显著变量。②分布滞后非线性模型：应用 R 4.3.2 软件 dlnm 包构建交叉基矩阵，同步评估暴露-反应关系及滞后效应。暴露-反应关系采用限制性 3 次样条函数（3 个节点）拟合非线性关联，滞后维度采用自然 3 次样条函数（滞后天数=7）刻画风险时变特征。模型中以花粉浓度 10 粒/1 000 mm^2 为参考值，计算相对危险度（*RR*）及其 95%置信区间（*CI*）。

2　结果

2.1　大连市气传花粉播散规律及主要致敏花粉

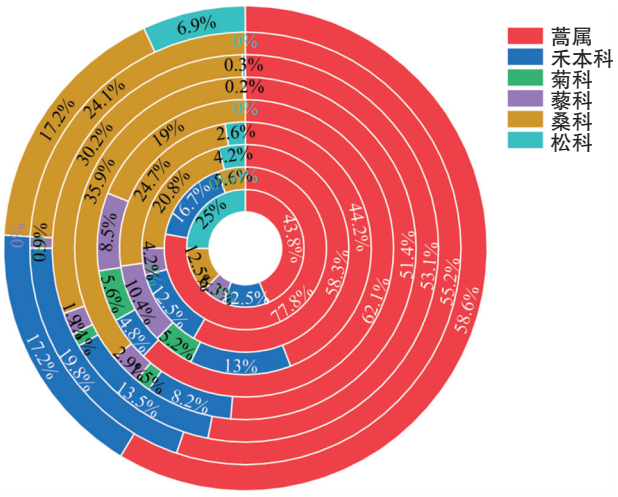
在为期 99 d 的监测中共捕获气传花粉 2 896 粒，鉴定为蒿属（1 566 粒）、桑科（832 粒）、禾本科（306 粒）及菊科（非蒿属）、藜科、松科共 6 类。全监测期花粉高峰集中于 9 月（2 072 粒），其中 9 月上旬达峰值；8 月下旬至 9 月中旬为关键风险期，此阶段花粉总量占全期 80%，蒿属与桑科花粉占比超 84%。9 月上旬（394 粒）桑科花粉量较 8 月下旬（94 粒）增长 319.15%。见表 1、图 1。

2.2　花粉与环境因素的关系

在气传花粉监测中，我们初步摸清了大连市 2024 年气传花粉浓度与环境因子的关联特征。花粉浓度与多项环境指标呈显著相关性（$P<0.05$）。其中，日平均湿度（$r=-0.316\,6$，$P=0.001$）、2 min 平均风速（$r=0.326\,9$，$P=0.001$）和日风级（$r=0.328\,2$，$P=0.001$）与花粉浓度呈显著相关性。此外，空气污染物中 $PM_{2.5}$（$r=-0.216\,4$，$P=0.031$）与花粉浓度呈负相关，而 SO_2（$r=0.396\,7$，$P<0.000\,1$）和 NO_2（$r=0.290\,2$，$P=0.004$）与花粉浓度呈正相关。相比之下，日温度指标及降水量对花粉浓度的影响均无统计学意义（$P>0.05$）。见表 2。

表 1　大连地区 2024 年间花粉的旬分布情况（粒）

科/属	7 月		8 月			9 月			10 月	合计	百分比（%）
	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬		
蒿属	14	28	28	68	308	564	394	128	34	1 566	54.07
禾本科	4	6	6	20	24	90	100	46	10	306	10.57
菊科	0	0	0	8	28	16	8	0	0	60	2.07
藜科	2	0	2	16	42	32	14	2	0	110	3.80
桑科	4	2	10	38	94	394	224	56	10	832	28.73
松科	8	0	2	4	0	2	2	0	4	22	0.76
合计	32	36	48	154	496	1 098	742	232	58	2 896	100.00



注：由内向外依次为 7 月中旬至 10 月上旬。

图 1　大连地区 2024 年间花粉的旬分布情况

表 2　大连地区 2024 年花粉浓度与环境指标相关性分析

环境指标	花粉浓度	
	r	*P*
日最低温度	0.143 1	0.158
日最高温度	0.020 2	0.843
日平均温度	−0.077 3	0.447
日平均湿度	−0.316 6	0.001
2 min 平均风速	0.326 9	0.001
日风级	0.328 2	0.001
日总降水量	−0.066 6	0.513
$PM_{2.5}$/24 h	−0.216 4	0.031
PM_{10}/24 h	−0.064 6	0.526
SO_2/24 h	0.396 7	<0.000 1
NO_2/24 h	0.290 2	0.004
CO/24 h	0.184 5	0.068
O_3/24 h	0.017 9	0.860

2.3　AR 就诊人数与花粉浓度相关性分析

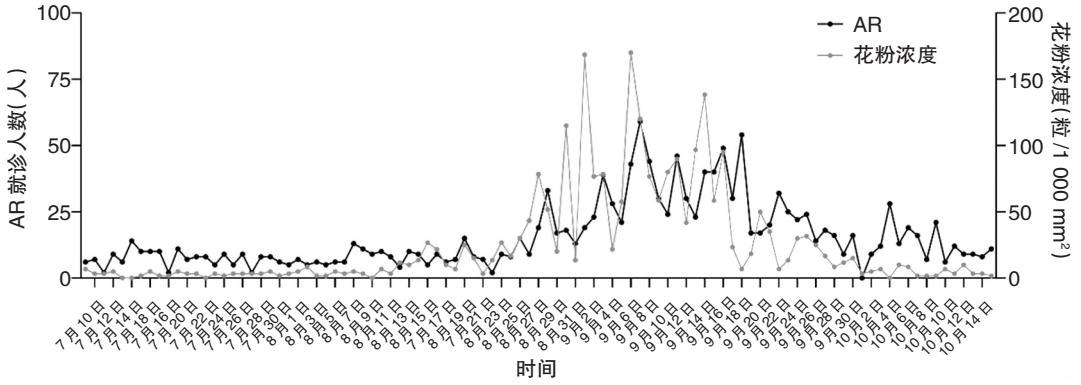
2024 年同期大连地区 AR 就诊人数与花粉浓度变化趋势如图 2 所示,7 月下旬至 9 月上旬花粉浓度较高时,AR 就诊人数同步攀升。广义相加模型分析显示,多数环境因素对响应变量的非线性影响具有显著性,模型整体拟合度为 $R^2=67.1\%$。花粉总量对响应变量的影响最强($F=57.749$),其次是最高温度、$PM_{2.5}$ 和平均湿度。CO、$PM_{2.5}$、PM_{10}、SO_2、O_3均表现出显著影响,见表 3。

由于花粉浓度对 AR 就诊人数影响最为显著,本研究进一步采用多元线性回归分析各类花粉的影响,其中蒿属花粉($\beta=0.184$,$P=0.000\ 4$)和桑科花粉($\beta=0.275$,$P=0.005\ 7$)与 AR 就诊人数呈显著正相关,而菊科(非蒿属)花粉($\beta=-0.912$,$P=0.007\ 1$)和藜科花粉($\beta=-0.868$,$P=0.039\ 6$)则呈现负相关。见图 3。

2.4　分布滞后模型

2.4.1　分布滞后非线性模型　AR 就诊风险随花粉浓度升高而增加。本研究以 10 粒/1 000 mm^2 的花粉浓度作为基线($RR=1.000$)。当花粉浓度升至 50 粒/1 000 mm^2 时,就诊风险增至基线值的 3.9 倍($RR=3.899$,95% CI:1.950~7.798);当浓度进一步升高至 120 粒/1 000 mm^2 时,风险增至基线值的 7.6 倍($RR=7.602$,95% CI:5.234~11.041)。如图 4 所示:低浓度段[(0~50)粒/1 000 mm^2]RR 随浓度快速上升,平台期[(50~100)粒/1 000 mm^2]RR 上升速度减缓,高浓度段(>100 粒/1 000 mm^2)RR 再次显著升高,提示存在“阈值效应”。

2.4.2　滞后效应的整体趋势　图 5、6 显示,花粉暴露存在显著滞后效应:暴露后第 1 天(lag1),就诊风险即达到峰值($RR=1.58$,95% CI:1.06~2.35)。暴露后第 2~4 d(lag2-4),风险逐日衰减,至 lag4 时 RR 降至 1.14(95% CI:0.82~1.60)。在滞后后期(lag6-7),RR 逐渐降低并接近或低于 1(lag6 $RR=0.98$,lag7 $RR=0.89$),图 5、6 中相应区域呈现蓝色($RR<1$)。



注:AR(变应性鼻炎)。下同。

图 2　大连市 AR 就诊总例数与花粉浓度时间分布图

表 3　花粉浓度及空气污染物对 AR 就诊人数的广义相加模型分析结果

变量	F	P
花粉浓度	57.749	<0.001
最高温度	18.960	<0.001
$PM_{2.5}$/24 h	18.569	<0.001
平均湿度	13.072	<0.001
CO/24 h	17.014	<0.001
O_3/24 h	9.293	0.001
日风级	5.348	0.009
SO_2/24 h	2.376	0.026
PM_{10}/24 h	3.314	0.037
不显著变量(如总降水量)	1.580	0.076

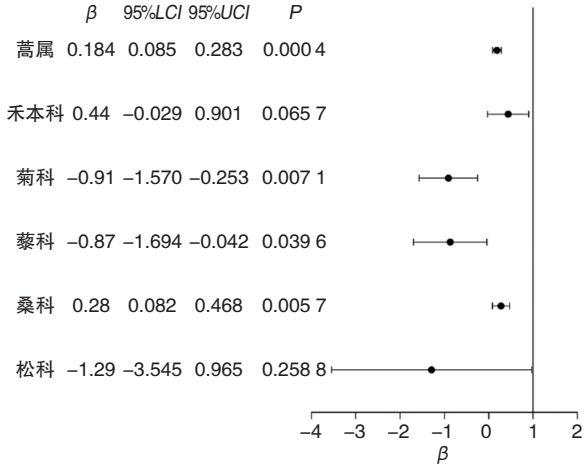
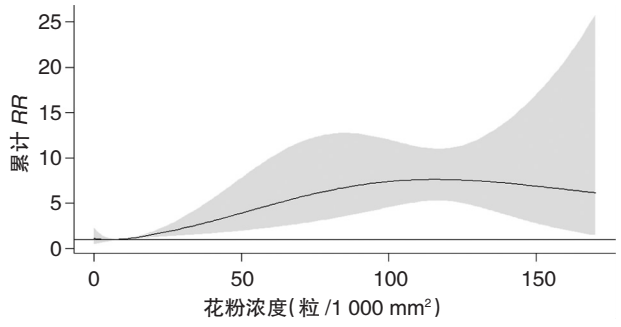
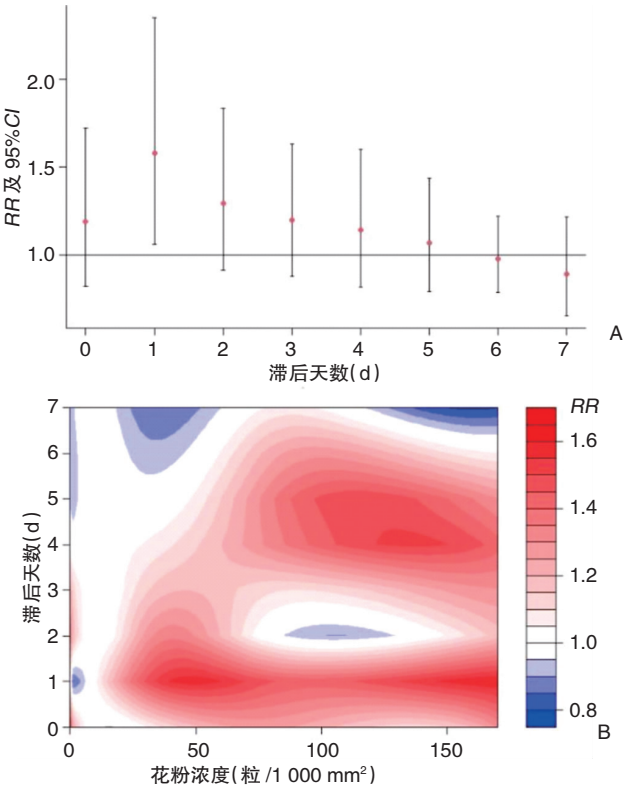


图 3　各类花粉浓度对 AR 就诊人数的多因素线性回归分析结果



注:阴影区域表示 95%*CI*。

图 4　花粉浓度与 AR 门诊就诊 *RR* 的关系



注:颜色代表 *RR*,红色表示风险增加,蓝色表示风险降低。

图 5　花粉浓度与 AR 风险的滞后效应关系　A:花粉浓度与 AR 风险的滞后累积效应;B:花粉浓度与 AR 风险的滞后-暴露响应曲线

3　讨论

3.1　区域性花粉分布特征

由于我国地域辽阔,不同地区受地理位置、气候条件及人文环境等因素的综合影响,植被分布呈现显著的区域性特征,这直接导致了致敏花粉的种类和浓度存在明显的空间异质性。本研究团队自2022年起在北京同仁医院的技术支持下,率先在

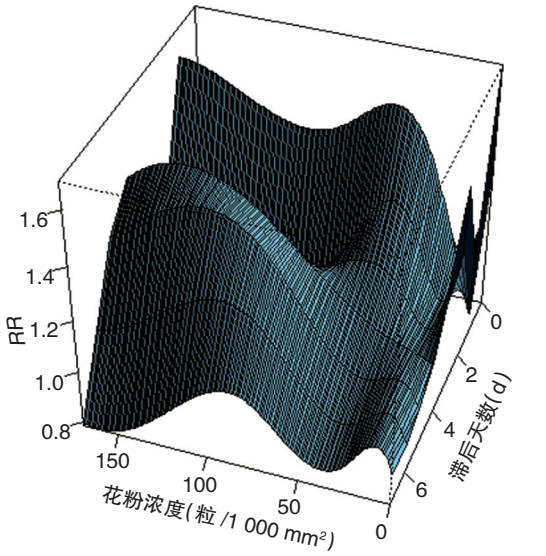


图 6　花粉浓度与 AR 风险的三维滞后-暴露-响应曲面

大连地区建立了系统性花粉监测网络。本研究结果显示,2024 年大连地区秋季花粉高峰期集中在 8 月下旬至 9 月中旬,其中 9 月上旬达到峰值浓度。在此期间,蒿属花粉(占比约 54.2%)和桑科花粉(占比约 30.5%)构成主要过敏原,二者累计占比超过 84%。这一分布模式与我国气传花粉典型双峰分布特征高度一致(春季以树木花粉为主,秋季以杂草花粉为优势种)[16],特别是印证了中国北方地区秋季花粉以蒿属植物占绝对优势的普遍规律[17]。从植物区系角度分析,大连隶属于泛北极植物区中国-日本植物亚区的华北植物地区。艾蒿及豚草属于菊科植物,大连地区日照充足,春季昼夜温差大,夏季日照时间长,环境适合艾蒿生长[18]。基于这些研究证据,建议相关单位优化城市绿化植物配置,对蒿属植物进行管理;建议易感人群在花粉高峰期针对优势花粉种类采取相应的防护措施;同时建议开发基于本地花粉谱的特异性免疫治疗方案。

3.2　气象因子对花粉浓度的影响及其区域性特征

大量研究表明,气候变化会通过调控植物物候特征(如花期起始时间、持续时长等),显著影响气传花粉的四大特征参数(数量规模、分布密度、传播范围及过敏强度)[19-20]。本研究发现,大连地区夏秋季花粉浓度与日平均湿度呈负相关,与 2 min 平均风速、日风级呈正相关,说明风速增大可能促进花粉扩散,而湿度升高可能抑制花粉传播。日温度指标及降水量与花粉浓度未呈现统计学相关,这一发现与其他地区的研究结果存在明显差异。邓卓怡等[21]对内蒙古呼和浩特市的研究表明,该市花粉数

量与日平均温度、降雨量及日平均湿度呈正相关,而与日平均风速呈负相关。管林等[22]在廊坊市的研究则发现,花粉浓度随温度和风速的升高呈现先升后降的趋势。针对特定花粉的研究,陈海燕等[23]的全国性分析显示,蒿属花粉与年降水量呈显著正相关($P<0.01$),但与年均温无显著相关性。本研究结果与上述研究存在差异的原因可能在于:大连地区属于暖温带半湿润大陆性季风气候,同时受海洋调节影响,具有显著的海洋性气候特征:气温年较差小,且温度较为温和,湿度较大(平均湿度达 60%~70%),多海雾(年均雾日 45 d)。这些独特的气候特征可能导致花粉浓度与气象因子的关系表现出区域性差异。同时我们也需要长期的监测数据及建立多个监测点位,进一步验证我们的数据。

3.3 大气污染物与花粉的协同增效作用

在全球气候变化背景下,大气污染物(CO_2、O_3、NO_2 等)通过双重机制影响花粉特性:一方面,温室效应和 NO_2 沉降的"施肥作用"促进植物生长[24];另一方面,污染物通过破坏花粉结构完整性、诱导致敏蛋白化学修饰及增强 NADPH 氧化酶活性等机制,显著提升花粉致敏性[25]。本研究发现大连地区呈现独特的污染-花粉关系模式,SO_2 和 NO_2 与花粉浓度呈显著正相关,而与 $PM_{2.5}$ 呈负相关。这一发现与国内外多项研究结果相互印证。Ouyang 等[11]对北京市监测数据分析证实了 NOx 浓度升高与草花粉总浓度及蒿属花粉的浓度增加显著相关,同样观察到 $PM_{2.5}$ 与蒿属花粉浓度的负相关关系。Lucas 等[26]的对比研究进一步揭示,高污染城市(NO_2 和 SO_2 浓度较高)草花粉致敏蛋白基因表达水平显著高于低污染城市,从分子水平证实了空气污染对花粉致敏性的增强作用。这种"抑制扩散-增强致敏"的双重危害机制提示大连市作为沿海工业城市,需重点管控 SO_2、NO_2 排放,同时鉴于海洋性气候可能改变污染物-花粉相互作用模式,建议通过长期多中心队列研究、气溶胶-花粉复合体单颗粒分析及剂量-效应评估等进一步阐明其特异性机制。

3.4 花粉暴露与 AR 就诊风险的剂量-效应关系及特定花粉研究

研究发现,大连地区变应性鼻炎的流行呈现显著的季节性特征。每年 8 月下旬至 9 月中旬为致敏高峰期,此期间变应性鼻炎就诊人数呈现同步上升趋势,且存在 1~2 d 滞后。广义相加模型分析表明,花粉浓度对就诊风险的影响最为显著。其剂量-效应关系呈现三阶段特征,具体表现为:①低浓度段[(0~50)粒/1 000 mm^2]。*RR* 随浓度快速上升,50 粒/1 000 mm^2 时首次出现斜率变化,建议作为初级预警阈值;②平台期[(50~100)粒/1 000 mm^2]。*RR* 上升速度减缓,可能反映机体代偿机制效应或暴露饱和效应;③高浓度段(>100 粒/1 000 mm^2)。*RR* 二次加速,提示存在"阈值效应",建议将该浓度纳入公共卫生应急指标。此外,最高温度、$PM_{2.5}$ 和平均湿度也与其存在显著相关性,表明空气质量是重要的预测变量。这一发现与国内多项研究结果一致[27-29]。值得注意的是,虽然 $PM_{2.5}$ 与花粉浓度呈负相关,但其与 AR 门诊就诊人数呈显著正相关。研究表明,高浓度 $PM_{2.5}$ 环境暴露会导致人鼻黏膜上皮细胞的紧密连接蛋白表达减少,导致细胞屏障防御功能受损,更易发生 AR[30-31]。针对我们的研究结果,进一步研究各类花粉浓度与 AR 就诊人数之间的关系,显示蒿属花粉和桑科花粉与其呈显著正相关。姜帅等[32]指出,通辽市蒿属花粉不仅在当地花粉构成中占比最高(约 42%),其浓度变化与过敏性疾病就诊高峰也高度吻合。蒿属花粉的特殊性质可能加剧其健康危害。有研究表明,蒿草等植物的花粉不仅可以单独诱发过敏,并且在与发动机尾气等污染物结合后还能导致其致敏性增强;同时它还是空气中内毒素的主要载体,这种内毒素对于诱导过敏性疾病至关重要[33]。因此,建议大连公共卫生部门应重点关注 8~9 月蒿属和桑科花粉高峰期,建立"花粉浓度-气象因子-空气污染物"多参数精准的花粉预警系统;医疗机构应在过敏高发季节做好接诊准备,并加强公众健康宣教;建议易感人群在高花粉浓度时期采取适当的防护措施。

3.5 滞后效应分析与公共卫生防护策略建议

滞后效应分析揭示了花粉暴露与 AR 门诊就诊量之间的时间关联特征。结果表明,花粉暴露后 0~4 d(尤其是第 1 天)对就诊量的影响最为显著,即使在 50 粒/1 000 mm^2 的较低浓度及>100 粒/1 000 mm^2 的高浓度下,lag1 就诊风险即可显著增加约 58%($P<0.05$)。该现象符合Ⅰ型超敏反应的病理生理机制:花粉颗粒被吸入上呼吸道后,通过与鼻黏膜和局部淋巴组织产生的 IgE 抗体结合,激活肥大细胞并引起两个阶段的反应:早期相反应(接触后数分钟发生)和晚期相反应(接触后 6~72 h 发生),促使组胺、白三烯等炎症介质释放,进而产生典型的临床症状[34-35]。实际风险升高($RR>1$)延续至 lag4,建议易感人群持续防护 3~4 d。而在滞后

6~7 d后影响减弱的原因可能与免疫耐受机制激活及防护行为介入有关。公共部门根据每日监测的花粉浓度动态变化提出花粉高峰期的门诊防护策略；实施分级防护策略，重点加强暴露后前4 d的防护。

本研究系统分析了大连市夏秋季气传花粉的浓度特征及种属分布，首次建立了当地花粉浓度与AR就诊人次的定量关系模型，填补了大连地区气传花粉流行病学研究的空白，首次揭示了气象因素、空气污染物及花粉浓度的交互作用机制。基于现有研究成果，下一步将建立连续3~5年的多站点同步监测网络，覆盖不同气候年型；并整合卫星遥感物候数据与地面观测数据，构建跨年度的花粉预测模型；完善“花粉浓度-气象因子-空气污染物-花粉症”多元数据库。本研究不仅为临床医生和患者提供了重要的预警信息，也为卫生行政部门制定过敏性疾病防控策略提供了决策依据。花粉的持续检测及播报以及面向大众的宣传科普，对保障公众健康、减轻医疗负担具有重要的公共卫生意义。

作者贡献声明：鹿伟理负责研究方案构思、课题设计、课题整体指导、稿件修改及学术内容审核；邓桂莉负责数据统计分析、图表绘制及论文初稿撰写；姜涛负责课题整体指导；李宪华负责课题整体指导及学术内容审核；刘子晔负责数据采集；李锐负责数据采集；赵迪负责数据采集；陈海源负责数据采集；孔凡博负责数据采集；范玉净负责数据采集。

利益冲突声明：所有作者均声明无任何利益冲突。

参考文献：

[1] 中华预防医学会过敏病预防与控制专业委员会. 过敏性鼻炎分级预防专家建议[J]. 中华预防医学杂志, 2025, 59(6): 766-779.

[2] Brożek J L, Bousquet J, Agache I, et al. Allergic rhinitis and its impact on asthma (ARIA) guidelines-2016 revision[J]. J Allergy Clin Immunol, 2017, 140(4): 950-958.

[3] Zhang Y, Zhang L. Increasing prevalence of allergic rhinitis in China[J]. Allergy Asthma Immunol Res, 2019, 11(2): 156-169.

[4] 欧阳昱晖, 尹炤寅, 燕云, 等. 基于变应性鼻炎就诊人次的春季和夏秋季花粉分级和预报模型[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2025, 60(3): 313-320.

[5] 欧阳昱晖, 张罗. 花粉过敏的防御和治疗[J]. 中国耳鼻咽喉头颈外科, 2020, 27(4): 177-179.

[6] 汤蕊, 王良录, 尹佳, 等. 花粉症的中国历程[J]. 中国科学：生命科学, 2021, 51(8): 901-907.

[7] Fernández-González M, Álvarez-López S, González-Fernández E, et al. Cross-reactivity between the Betulaceae family and fallout in the real atmospheric aeroallergen load[J]. Sci Total Environ, 2020, 715: 136861.

[8] D'amato G, Holgate S T, Pawankar R, et al. Meteorological conditions, climate change, new emerging factors, and asthma and related allergic disorders. A statement of the world allergy organization[J]. World Allergy Organ J, 2015, 8(1): 25.

[9] Carlsen H K, Haga S L, Olsson D, et al. Birch pollen, air pollution and their interactive effects on airway symptoms and peak expiratory flow in allergic asthma during pollen season—a panel study in northern and southern Sweden[J]. Environ Health, 2022, 21(1): 63.

[10] 张玮, 王甜, 初晓艺, 等. 气候变化对花粉诱发过敏性疾病的研究概述[J]. 现代预防医学, 2023, 50(1): 60-65, 115.

[11] Ouyang Y H, Yin Z Y, Li Y, et al. Associations among air pollutants, grass pollens, and daily number of grass pollen allergen-positive patients: a longitudinal study from 2012 to 2016[J]. Int Forum Allergy Rhinol, 2019, 9(11): 1297-1303.

[12] 张槿, 滕尧树, 李锃亮, 等. 气候变化、大气污染在过敏性气道疾病中的作用及机制[J]. 中华临床免疫和变态反应杂志, 2020, 14(6): 599-604.

[13] Reinmuth-Selzle K, Kampf C J, Lucas K, et al. Air pollution and climate change effects on allergies in the Anthropocene: abundance, interaction, and modification of allergens and adjuvants[J]. Environ Sci Technol, 2017, 51(8): 4119-4141.

[14] 王洪田, 杨钦泰, 叶菁, 等. 变应性鼻炎防治中环境控制和健康教育的中国专家共识(2024, 北京)[J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2024, 30(4): 1-11.

[15] 欧阳昱晖, 宁慧宇, 陈敬国, 等. 气传致敏花粉监测专家共识[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2025, 60(4): 387-393.

[16] 李全生, 江盛学, 李欣泽, 等. 中国气传致敏花粉的季节和地理播散规律[J]. 解放军医学杂志, 2017, 42(11): 951-955.

[17] Zhang J X, Yan Y, Jiang F F, et al. Main airborne pollen species and characteristics of allergic rhinitis patients with pollen-related allergies in 13 northern Chinese cities[J]. J Asthma Allergy, 2024, 17: 757-768.

[18] 鹿伟理, 姜涛, 李宪华. 多重致敏儿童变应性鼻炎患者sIgE特征分析[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2022, 36(3): 260-265, 274.

[19] Singh A B, Mathur C. Climate change and pollen allergy in India and south Asia[J]. Immunol Allergy Clin North Am, 2021, 41(1): 33-52.

[20] D'amato G, Chong-Neto H J, Monge Ortega O P, et al. The effects of climate change on respiratory allergy and asthma induced by pollen and mold allergens[J]. Allergy, 2020, 75(9): 2219-2228.

[21] 邓卓怡, 刘晓佳, 萨日娜, 等. 内蒙古地区中心城市及农村变应性鼻炎流行病学调查[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2021, 56(6): 635-642.

[22] 管林, 高清源, 李红星, 等. 廊坊市城区气传花粉变化特征及其与气象要素的关系[J]. 农技服务, 2021, 38(6): 93-98.
[23] 陈海燕. 中国现代花粉分布格局及其与植被和气候的关系[D]. 金华: 浙江师范大学, 2021.
[24] Schmidt C W. Pollen overload: seasonal allergies in a changing climate[J]. Environ Health Perspect, 2016, 124(4): A70-A75.
[25] 卢琪, 吴越, 张启航, 等. 空气污染对花粉症的影响及其机制研究进展[J]. 环境与职业医学, 2024, 41(1): 103-109.
[26] Lucas J A, Gutierrez-Albanchez E, Alfaya T, et al. Oxidative stress in ryegrass growing under different air pollution levels and its likely effects on pollen allergenicity[J]. Plant Physiol Biochem, 2019, 135: 331-340.
[27] 李清华, 李健, 郭有新, 等. 2020~2022 年承德市气传花粉浓度与常见过敏性疾病的相关性分析[J]. 中国耳鼻咽喉头颈外科, 2024, 31(8): 506-509.
[28] 刘卫卫, 温博深, 苏小明, 等. 沧州市气传花粉检测与过敏性鼻炎就诊情况研究[J]. 中国耳鼻咽喉头颈外科, 2024, 31(10): 652-656.
[29] 郝建利, 于东东, 谢百灵, 等. 太原市夏秋季气传花粉监测及其与变应性鼻炎就诊情况的研究[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2023, 37(6): 452-456.
[30] Xian M, Ma S Y, Wang K J, et al. Particulate matter 2.5 causes deficiency in barrier integrity in human nasal epithelial cells[J]. Allergy Asthma Immunol Res, 2020, 12(1): 56-71.
[31] Yuan J S, Liao Z H, Zhu X H, et al. $PM_{2.5}$ exacerbates nasal epithelial barrier dysfunction in allergic rhinitis by inducing NLRP3-mediated pyroptosis via the AhR/CYP1A1/ROS axis[J]. J Hazard Mater, 2025, 492: 138145.
[32] 姜帅, 邵华, 韩宇, 等. 2023 年通辽市主城区花粉浓度对过敏性疾病患者就诊量的影响研究[J]. 环境卫生学杂志, 2024, 14(11): 883-887.
[33] Oteros J, Bartusel E, Alessandrini F, et al. Artemisia pollen is the main vector for airborne endotoxin[J]. J Allergy Clin Immunol, 2019, 143(1): 369-377.e5.
[34] Irizar H, Chun Y, Hsu H H L, et al. Multi-omic integration reveals alterations in nasal mucosal biology that mediate air pollutant effects on allergic rhinitis[J]. Allergy, 2024, 79(11): 3047-3061.
[35] 孙博, 耿海营, 王泉扬, 等. 乌兰浩特市花粉与过敏性鼻炎就诊情况相关性及滞后分析[J]. 山西大同大学学报(自然科学版), 2025, 41(3): 90-95.

(收稿日期:2025-08-16;网络首发日期:2026-01-15)

本文引用格式:邓桂莉,姜涛,李宪华,等. 大连市花粉浓度对变应性鼻炎就诊量的滞后效应及影响因素分析[J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2026,32(4):48-55. DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.202625335

Cite this article as: DENG Guili, JIANG Tao, LI Xianhua, et al. Analysis of the lag effect and influencing factors of pollen concentration on allergic rhinitis outpatient visits in Dalian City[J]. Chin J Otorhinolaryngol Skull Base Surg, 2026,32(4):48-55. DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.202625335