

·调查研究·

基于微博数据的 2011—2021 年北京市花粉过敏暴发起止日期提取及变化分析

杨欣怡^{1,2}, 朱文泉^{1,2}, 赵涔良^{1,2}

1.遥感科学国家重点实验室,北京 100875;2.北京师范大学地理科学学部 北京市陆表遥感数据产品工程技术研究中心

摘要: **目的** 采用新型的互联网自媒体数据分析花粉过敏暴发的起止日期及变化规律。**方法** 用 Python 程序爬取 2011—2021 年北京地区 13 404 条花粉过敏微博记录,人工筛选出 1 803 条有效记录进行分析;采用 logistic 曲线拟合的二阶导数极大值点方法,提取北京地区花粉过敏暴发的起止日期及持续时间,并分析其在 2011—2021 年的变化趋势。**结果** 北京地区的花粉过敏存在春季(3—4 月)和夏秋季(8—9 月)两个高峰期,春季花粉过敏暴发的起始日期为每年的 3 月 14—28 日,结束日期为每年的 4 月 12—25 日;夏秋季花粉过敏暴发的起始日期为每年的 6 月 30 日至 8 月 29 日,结束日期为每年的 8 月 7 日至 9 月 30 日;北京春季和夏秋季花粉过敏暴发的起止日期及持续时间在 2011—2021 年无明显变化趋势。北京地区春季花粉过敏的峰值出现时间早于总花粉浓度峰值出现的时间,而夏秋季花粉过敏和总花粉浓度的峰值出现时间同步,且北京地区花粉的致敏效应在春季远高于夏秋季。**结论** 本研究例证了利用自媒体数据分析花粉过敏暴发起止日期的可行性,且为北京地区花粉过敏患者提供了花粉过敏防护的参考日期,同时还提示在预测和预报花粉过敏暴发期时不仅要测量花粉总浓度,还应特别关注致敏花粉的浓度以及从医学上分析人体免疫强度的季节差异对花粉过敏症的影响。

关键词: 花粉浓度;花粉过敏;微博数据;logistic 曲线拟合;植物物候

中图分类号: R122.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-5914(2024)02-0123-05

Extraction and change analysis of the start and end date of pollen allergy outbreak in Beijing from 2011 to 2021 based on microblog data

YANG Xin-yi*, ZHU Wen-quan, ZHAO Cen-liang

*State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

Corresponding author: ZHU Wen-quan, E-mail: zhuwq75@bnu.edu.cn

Abstract: **Objective** To analyzing the start and end date of pollen allergy outbreak as well as their change pattern can help patients' self-protection and medical research by using the new Internet media data. **Methods** We crawled 13,404 pollen allergy microblog records in Beijing from 2011 to 2021 and manually screened out 1,803 valid microblog records for analysis. By finding the local maximum point on the second derivative of the fitted curve with Logistic function, we extracted the start and end date and the duration of pollen allergy outbreak in Beijing, and analyzed the change trends of these three indicators from 2011 to 2021. **Results** There are two peak seasons for pollen allergy in Beijing: spring (March to April) and summer-autumn (August to September). The start date of the spring pollen allergy outbreak is from March 14 to March 28 and the end date is from April 12 to April 25. The start date of the summer-autumn pollen allergy outbreak is from June 30 to August 29 and the end date is from August 7 to September 30. There is no significant change in the start and end date and the duration of pollen allergy outbreak in spring and summer-autumn in Beijing from 2011 to 2021. In Beijing, the peak of pollen allergy occurred earlier than the peak of total pollen concentration in spring, while the peak of pollen allergy and total pollen concentration occurred at the same time in summer-autumn, and the sensitizing effect of pollen was much larger in spring than that in summer-autumn. **Conclusion** This study exemplifies the feasibility of using internet media data to analyze the start and end date of pollen allergy outbreak, and provides reference dates for its sufferers to protect themselves in Beijing. The results also enlighten us that when predicting and forecasting pollen allergy outbreak periods, we should not only measure the total pollen concentration, but also pay special attention to allergenic pollen concentration and medical analysis of the impact of seasonal differences in human immune strength on pollen allergy.

Keywords: Pollen concentration; Pollen allergy; Microblog data; Logistic curve fitting; Plant phenology

花粉过敏症是指特异性体质的患者吸入或接触花粉过敏原后,出现免疫球蛋白 E (Immunoglobulin E,

DOI:10.16241/j.cnki.1001-5914.2024.02.007

基金项目: 北京师范大学地理科学学部本研一体学生培养项目

作者简介: 杨欣怡(2000-),女,硕士研究生,从事遥感植被物候研究。

通信作者: 朱文泉, E-mail: zhuwq75@bnu.edu.cn

IgE)介导的过敏性鼻炎、过敏性结膜炎、哮喘、荨麻疹、过敏性皮炎等症状的疾病^[1]。世界上有超过 15% 的人口患有花粉过敏症,在城市地区花粉过敏症患者的比例更高^[2-3];在我国,花粉过敏引发疾病的概率为 0.5%~1.0%,在人口较为密集的高发区可达到约 5%^[4]。近年

来,花粉过敏症的发病率持续升高^[5]。空气中的气传花粉是导致花粉过敏症这一季节性常见疾病的重要诱因^[6],对于花粉过敏的患者来说,在花粉过敏期做好防护是减轻花粉过敏症状最直接的手段,因此有效地分析花粉过敏暴发的起止日期及其变化情况可以为花粉过敏患者进行自我防护提供参考日期。花粉浓度与花粉过敏患者的症状密切相关^[7],所以目前对于花粉过敏暴发期的分析主要是通过对空气中花粉浓度的监测来实现。花粉监测仪是监测空气中花粉浓度的主要手段^[8],但花粉监测仪所覆盖的空间范围有限,仅能反映站点尺度上的花粉浓度数据,更重要的是,虽然花粉过敏症与空气中的花粉浓度高度相关,但花粉浓度并不能完全反映花粉过敏症症状出现的情况。互联网高速发展下的自媒体数据为花粉过敏相关信息的获取提供了一条新的渠道。截至 2020 年底,新浪微博月活跃用户达 5.11 亿人次,广大的微博用户群体创造了全网共享且实时更新的大数据,这些微博大数据已在植物观赏旅游活动时间监测^[9]、食源性疾病预防与风险评估^[9]、疾病舆情分析^[10-11]等方面发挥了重要作用。而患有花粉过敏症的某些微博用户会自发记录和分享花粉过敏症状的出现情况,因此通过获取微博用户发表自己花粉过敏症状发作的微博记录,可以获得从患者视角出发的更加直观的花粉过敏症的有关信息。

北京地区是花粉过敏症的高发地区^[12],该地区具有种类多样的花粉致敏植物^[13]。据统计,北京有 1/3~1/4 的呼吸道过敏患者对花粉过敏,且该地区 100 例花粉过敏临床资料显示其花粉过敏人群年龄主要集中在 21~40 岁^[14]。为了使北京地区花粉过敏症患者在花粉浓度较高的天气及时采取防护措施,我国科研人员根据北京地区的花粉浓度观测数据,建立了与气象数据相结合的北京地区花粉浓度预测的数学模型,开展了短期花粉浓度的预报工作,其预报值与实际观测值具有很强的一致性^[15]。从 2016 年开始,北京市各区的花粉浓度通过微博、微信和媒体进行每日播报和近期预报^[16]。根据北京地区花粉浓度监测的相关研究显示,北京地区花粉浓度呈现两个高峰期,分别在春季(3—4 月)和夏秋季(8—9 月),其中春季花粉类型主要以木本植物为主,夏秋季则以草本植物为主^[17];同时,花粉过敏症也具有明显的季节性,主要在春季和秋季发病^[18]。有关北京地区花粉过敏症与花粉浓度之间的关系主要是建立在花粉浓度监测数据上的,该数据来源单一,可进行比较的文献较少。因此,笔者以北京为研究地区,基于 2011—2021 年的微博记录数据,从方法角度检验采用微博数据分析花粉过敏暴发起止日期的可行性及存在的问题,探讨北京地区花粉过敏症与花粉浓度之间的关系,以及该地区花粉过敏暴

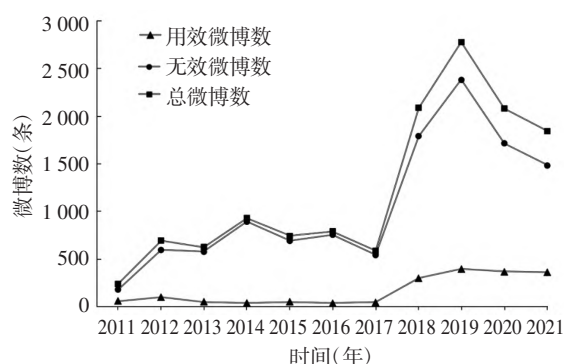
发的起止日期及变化。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 北京地区处在华北平原西北端,地势西北高、东南低,三面环山,城区为平原,属暖温带半湿润季风气候,年平均气温约为 12℃^[19],年平均降水量约为 621 mm^[20],植被类型多样。王赞红等^[21]对北京地区的花粉类型调查表明,其主要花粉类型为毛茛科、苋科、松科、柏科、榆科、桦木属、蒿属、藜属、柳属、葎草属、杨柳属、悬铃木属等,其中高致敏性植物有油松、栓皮栎、洋白蜡、毛白杨、臭椿、白桦、白榆、圆柏等植物。不同季节的致敏花粉种类不同,春季致敏花粉以榆科、柏科、松科、杨柳科等木本植物为主;秋季花粉以桑科、菊科、藜科、禾本科等草本植物为主^[22]。

1.2 资料来源

1.2.1 微博数据 通过自写的 Python 程序从新浪微博网页端 (<https://weibo.com/>) 爬取北京地区 2011—2021 年有“花粉过敏”关键词的微博,共检索到 13 404 条发表地点在北京的微博,这些微博记录的大部分仅能将其发表地点精确至北京市,只有少部分可精确至区县。采用人工判读的方式对爬取到的微博正文进行有效信息判读。在检索到的 13 404 条微博中,有效微博即微博发表地点为北京且在微博发表时间出现花粉过敏症状的微博,共 1 803 条;无效微博即微博发表地点为北京且在微博发表时间未出现花粉过敏症状的微博(如广告),共 11 601 条。2011—2017 年有效微博数基本保持不变(36~99 条);自 2018 年起,有效微博数明显增加(299~395 条)。见图 1。



注:2018 年微博数据急剧增加是因为该年的微博移动端开始广泛普及,移动端活跃用户占总活跃用户的 93%^[23]。

图 1 北京地区含有“花粉过敏”关键词的微博数据情况

1.2.2 总花粉浓度数据 通过数字化卡萌等^[24]整理的 2015—2019 年北京市气象局与北京同仁医院共同发布的北京地表大气中每日平均总花粉浓度数据的折线图,得到北京地区 2015—2019 年 4 月初至 9 月底(年日序为 90~270 d)的总花粉浓度数据,该数据的计量单位为粒/(10³·mm²)。

1.3 研究方法 根据获取到的有效微博统计 2011—2021 年每 5 d 的有效微博数,并以年日序(DOY, day of year)的方式记录微博日期。对统计的每 5 d 有效微博数据采用 logistic 曲线进行拟合。logistic 曲线的特点是开始增长缓慢,而后在某一范围内迅速增长,达到某一限度后增长又变缓慢,曲线略呈拉长的“S”型^[29],该曲线的变化特征符合植被生长发育的规律,故被广泛应用于植被物候研究中^[26-28]。而花粉过敏症状的出现与花粉浓度极为相关,故花粉过敏症状出现时间的变化曲线理论上也与植被的生长规律相似,因此本研究采用 Matlab 软件的 logistic 曲线来拟合获取到的花粉过敏有效微博数。

李秋元等^[29]根据 logistic 曲线两个曲率最大的点,将 logistic 曲线分为三个阶段,并分别称为快速生长阶段、前期生长阶段和后期生长阶段,借鉴此思路,求得所拟合曲线的二阶导数,找到二阶导数所对应的极大值点,即花粉过敏有效微博数开始大量增加和大量减少所对应的突变日期(封三图 2)。在实际拟合时,根据每 5 d 有效微博数的峰值将每个波峰分为左右两个部分分别进行拟合,将所得拟合曲线的二阶导数的极大值点分别记录为花粉过敏暴发的开始日期和结束日期,拟合函数表达式如下:

$$Y(t) = \frac{k}{1 + e^{-a(t-b)}} + c \quad (1)$$

式中: $Y(t)$ 为 5 d 内累计的有效微博数; t 为微博发布日期的年日序; b 为 5 d 有效微博数峰值所对应的年日序; a 、 k 、 c 为需要拟合的参数。

按照拟合方差最小的原则拟合出每年花粉过敏有效微博数的最优拟合曲线,再将最优拟合曲线二阶导数的极大值点作为该年花粉过敏暴发的开始日期或结束日期。

2 结果

2.1 北京总花粉浓度及花粉过敏的季节变化特征 2011—2021 年北京地区的总花粉浓度年时序曲线呈现双波峰特征,见图 3。第 1 个波峰主要集中在 4 月(春季),第 2 个波峰在 8—9 月(夏秋季),其峰值分别为 413.6 粒/($10^3 \cdot \text{mm}^2$)和 279.7 粒/($10^3 \cdot \text{mm}^2$),春季总花粉浓度峰值比夏秋季高 47.9%。

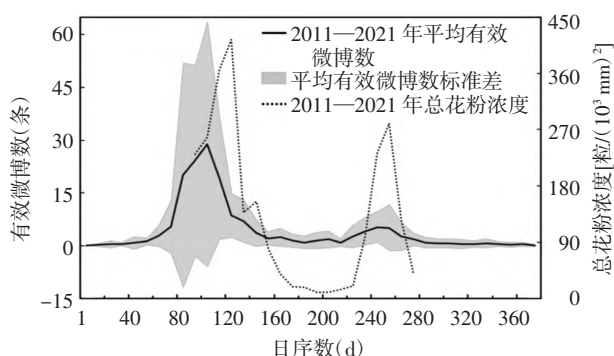


图 3 北京总花粉浓度和花粉过敏的季节变化特征

2011—2021 年北京地区平均有效微博数的年时序曲线也呈现双波峰特征,见图 3。第 1 个波峰在 3—4 月(春季),第 2 个在 8—9 月(夏秋季)。春季花粉过敏有效微博数的峰值为(24 ± 27)条,秋季花粉过敏有效微博数的峰值为(5 ± 4)条,春季花粉过敏有效微博数峰值比夏秋季高 380.0%。

从北京总花粉浓度峰值和花粉过敏峰值出现的时间来看,二者在春季的峰值时间明显不同步,但夏秋季基本同步,见图 3。北京春季总花粉浓度的峰值出现在 4 月上旬,而花粉过敏有效微博数的峰值出现在 3 月上旬,明显早于总花粉浓度的峰值出现时间。由于花粉过敏有效微博数在 2018 年出现很大波动,因此将总花粉浓度和花粉过敏数据均分为相应的 2015—2017 年和 2018—2019 年进行对比,这两段年份同样反映出总花粉浓度峰值和花粉过敏峰值出现时间在春季不同步以及在夏秋季同步这一现象,见图 4。

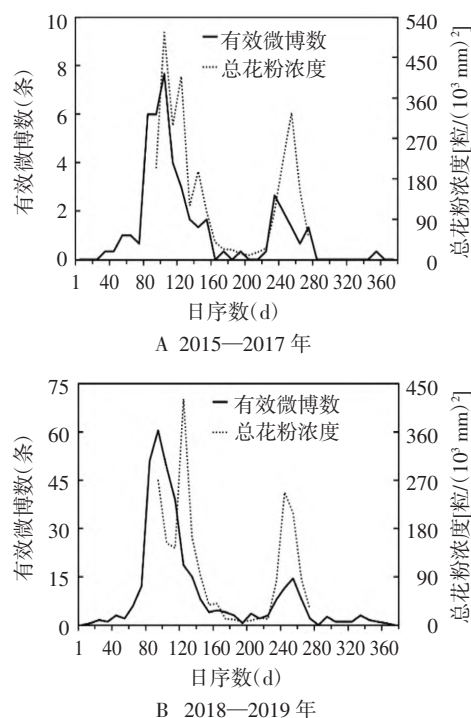
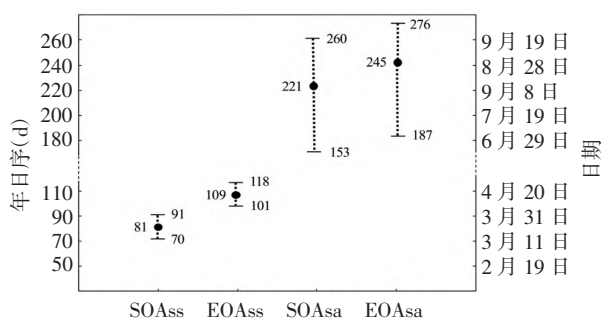


图 4 不同年份间总花粉浓度和花粉过敏有效微博数的季节变化特征

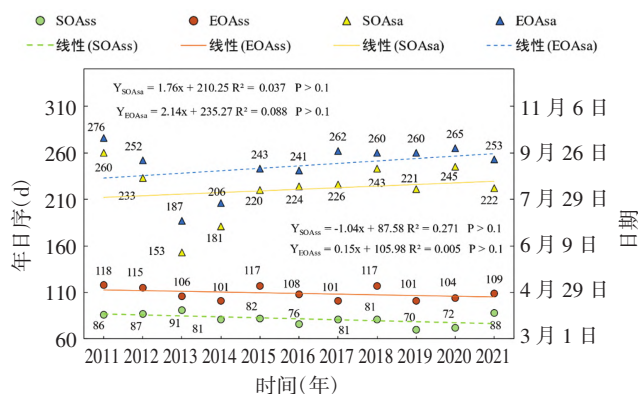
2.2 北京花粉过敏暴发的起止日期及年际变化趋势 由图 5 可见,北京春季花粉过敏暴发的起始日期为每年的第(81 ± 7)天,即每年的 3 月 14—28 日;花粉过敏暴发的结束日期为每年的第(109 ± 7)天,即每年的 4 月 12—25 日;花粉过敏暴发的持续时间为(27 ± 7)d。夏秋季花粉过敏暴发的起始日期为每年的第(221 ± 30)天,即每年的 6 月 30 日至 8 月 29 日;花粉过敏暴发的结束日期为每年的第(246 ± 27)天,即每年的 8 月 7 日至 9 月 30 日;花粉过敏暴发的持续时间为(25 ± 8)d。春季和夏秋季花粉过敏暴发的起止日期及持续

时间在 2011—2021 年无明显变化趋势,见图 6。



注:SOAss 为春季花粉过敏起始日期;EOAss 为春季花粉过敏结束日期;SOAsa 为夏秋季花粉过敏起始时间;EOAsa 为夏秋季花粉过敏结束日期。

图 5 北京花粉过敏暴发的起止日期



注:SOAss 为春季花粉过敏起始日期;EOAss 为春季花粉过敏结束日期;SOAsa 为夏秋季花粉过敏起始时间;EOAsa 为夏秋季花粉过敏结束日期。

图 6 2011—2021 年北京花粉过敏暴发的起止日期及年际变化趋势

3 讨论

3.1 采用微博数据分析花粉过敏暴发起止日期的可行性及存在的问题 本研究基于微博数据分析发现,北京地区花粉过敏高峰期出现在 3—4 月和 8—9 月;而北京地区花粉过敏就诊高峰期也出现在 3—4 月和 8—9 月^[17],说明基于微博数据来分析花粉过敏暴发的起止日期具有可行性。

但是,花粉过敏的有效微博数据并不能完全反映北京地区花粉过敏人群的绝对数量和人群特征(如性别、年龄、职业等)。这是因为发表花粉过敏微博的患者仅是花粉过敏患者的子集,且微博数据中缺乏有关个人身份的相关信息。在以后的研究中,可以通过北京地区微博用户占北京地区总人口的比例计算出北京地区花粉过敏患者发病后发表微博的概率,以此来获得北京地区花粉过敏患者发病的绝对情况;同时,在未来微博的用户身份认证系统逐渐完善后,还可以获得花粉过敏患者人群的性别、年龄和职业等特征,以更好地分析花粉过敏患者的情况。

3.2 北京总花粉浓度和花粉过敏的关系及启示 花

粉过敏是由花粉引起,因此通常的理解是花粉过敏峰值期应该与花粉浓度峰值期同步或在其之后,但本研究发现,北京地区春季花粉过敏有效微博数的波峰出现时间反而早于总花粉浓度峰值出现的时间。这可能有两方面原因。一是总花粉中仅有部分花粉有致敏效应。北京地区春季的总花粉浓度峰值虽然出现在 4 月上旬,但具有致敏效应的花粉却在 3 月上旬可能已经出现。如王晓艳等^[30]发现北京地区春季致敏率较高的圆柏花粉的致敏最高峰期出现在 3 月;此外,北京协和医院对其门诊患者进行研究得到的吸入过敏原致敏谱也显示圆柏的致敏阳性率是春季花粉中最高的^[31],故花粉过敏暴发的峰值应与圆柏等致敏花粉的浓度高峰期相对应。二是人体免疫功能在春季的不同时期可能不同。维生素 D 可以对机体的获得性免疫进行调节,但维生素 D 随阳光刺激变化而季节性产生^[32],冬季阳光照射少,维生素 D 产生不足,可能导致机体免疫调节紊乱,从而导致刚入春时花粉过敏患者接触到致敏花粉后很快发病,而到了仲春可能对致敏花粉的易感性有所降低。

北京夏秋季总花粉浓度和花粉过敏峰值出现的时间虽然同步,但致敏效应与春季相比却存在较大差异。尽管春季总花粉浓度峰值只比夏秋季高 47.9%,但微博数据所反映的春季花粉过敏峰值人数却比夏秋季高 380.0%。其原因可能是夏秋季的总花粉浓度虽然较高但致敏花粉浓度却可能相对偏低,也可能是人体免疫调节在夏秋季好于春季。医学研究表明,花粉过敏是免疫系统对致敏花粉过度反应产生大量抗体而导致的疾病^[33]。苏薇等^[34]研究发现,人体血清中的免疫球蛋白含量为春季>冬季>夏季>秋季,且秋季含量明显低于春、夏、冬季。免疫球蛋白是人体受抗原刺激而产生的抗体,在春季含量高而秋季含量低,使人体在春季时免疫反应增强,秋季时免疫反应减弱。

北京春季花粉过敏暴发高峰期与总花粉浓度高峰期不一致的情况至少带来两点启示。一是花粉过敏虽然是由花粉引起,但其发病情况与总花粉浓度并不完全同步,故需从花粉浓度和花粉过敏发病情况两个视角来研究花粉过敏症的发病条件以及如何避免症状发作。二是花粉过敏与致敏花粉浓度更为相关,故在监测花粉浓度时需特别关注致敏花粉的浓度,在进行花粉预报时播报致敏花粉的浓度情况可为花粉过敏患者提供更为精准的预报服务。

3.3 北京花粉过敏的季节变化特征及年际变化趋势 北京地区的花粉过敏存在春季(3—4 月)和夏秋季(8—9 月)两个高峰期,这与花粉过敏医院的就诊资料一致^[17],也与对北京地区 15 岁以上居民花粉过敏症的电话调查结果相符^[35]。然而,本研究还发现,春季花粉过敏峰值人数比夏秋季高 380.0%。王涛等^[35]对北京地

区 4 132 户家庭的 10 966 例 15 岁以上居民进行电话调查的结果也显示,北京市花粉过敏症的发病最高峰期为春季,其发病率远高于夏秋季;但王晓艳等^[17]发现花粉相关疾病的就诊最高峰期为秋季,这可能是由于其所选取的就诊信息仅为 2015 年信息、难以反映长时间尺度上的花粉过敏症发病情况。

春季和夏秋季花粉过敏暴发的起止日期及持续时间在 2011—2021 年无明显变化趋势,这可能是由两方面原因引起。一方面,本研究所选取的微博数据仅为 2011—2021 年共 11 年的数据,可能无法反映花粉过敏暴发起止日期及持续时间的长期变化趋势;另一方面,北京地区气传花粉含量受风速、气温等气象要素的影响较大^[36],但 2011—2020 年北京地区春季和夏秋季的平均风速和平均气温无明显变化趋势^[37-38],故北京地区花粉过敏暴发的起止日期及持续时间也无明显变化趋势。

综上所述,利用自媒体数据分析花粉过敏暴发起止日期具有可行性,北京地区的花粉过敏存在春季(3—4 月)和夏秋季(8—9 月)两个高峰期,春季花粉过敏暴发的起始日期为每年的 3 月 14—28 日,结束日期为每年的 4 月 12—25 日;夏秋季花粉过敏暴发的起始日期为每年的 6 月 30 日至 8 月 29 日,结束日期为每年的 8 月 7 日至 9 月 30 日。本研究结果还提示,在预测和预报花粉过敏暴发期时不仅要测量花粉总浓度,还应特别关注致敏花粉的浓度以及从医学上分析人体免疫强度的季节差异对花粉过敏症的影响。

利益冲突 本研究无实际或潜在利益冲突

参考文献

- [1] 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.
- [2] D'Amato G,Spiekma F,Liccardi G,et al. Pollen-related allergy in Europe[J]. Allergy,1998,53:567-578.
- [3] Ipsen H,Formagren H,Løwenstein H,et al. Immunochemical and biological characterization of mugwort (*Artemisia vulgaris*) pollen extract[J]. Allergy,1985,40:289-294.
- [4] 王宪曾.花粉·环境·人类[M].北京:地质出版社,1992:37-45.
- [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] 冯明礼,贾元宏,李英春,等.气传致敏花粉与哮喘病发病关系及花粉变应原免疫治疗效果的研究[J].现代康复,1999,3(12):20-26.
- [7] Qasem JA,Nasrallah H,Bader NA,et al. Meteorological factors, aeroallergens and asthma-related visits in Kuwait:a 12-month retrospective study[J]. Ann Saudi Med,2008,28:435-441.
- [8] 刘俊,王胜宏,金朦朦,等.基于微博大数据的 2010—2018 年中国桃花观赏日期时空格局研究[J].地理科学,2019,39(9):1446-1454.
- [9] 郭旦怀,崔文娟,郭云昌,等.基于大数据的食源性事件探测与风险评估[J].系统工程理论与实践,2015,35(10):2523-2530.
- [10] 王卷乐,张敏,韩雪华,等. COVID-19 疫情防控中的中国公众舆

- 情时空演变特征[J].地理学报,2020,75(11):2490-2504.
- [11] 曾子明,孙晶晶.基于用户注意力的突发公共卫生事件舆情情感演化研究——以新冠肺炎疫情为例[J].情报科学,2021,39(9):11-17.
- [12] 魏庆宇.花粉症的诊断和治疗[J].中国临床医生,2003(9):6-8.
- [13] 孟龄,王效科,欧阳志云,等.北京城区气传花粉季节分布特征[J].生态学报,2013,33(8):2381-2387.
- [14] 施锐.花粉过敏症[M].北京:中国科学技术出版社,2009:32-48.
- [15] 何海娟,张德山,乔秉善.北京城区空气中花粉含量与气象要素的关系初探[J].中华微生物学和免疫学杂志,2001(2):36-38.
- [16] Ouyang Y,Li J,Zhang D,et al. A model to predict the incidence of allergic rhinitis based on meteorological factors [J]. Sci Report, 2017,7:10006.
- [17] 王晓艳,田宗梅,宁慧宇,等.北京城区气传花粉分布与过敏性疾病就诊关系分析[J].临床耳鼻咽喉头颈外科杂志,2017,31(10):757-761.
- [18] 魏庆宇.花粉症的诊治及预防[J].中国实用内科杂志,2012,32(2):89-91.
- [19] 李春玲,王冠.1975—2019 年北京市海淀区气温变化特征分析[J].现代农业科技,2021(1):199-201.
- [20] 任大朋,杨金鹏,张建涛.北京市降水量变化趋势分析[J].水利水电技术,2021,52(1):155-158.
- [21] 王赞红,许清海.现代尘暴和非尘暴天气大气花粉特征及其环境意义——以北京地区为例[J].地理研究,2006,43(2):262-267.
- [22] 欧阳昱晖,李颖,安羽三,等.中国北方夏秋季致敏花粉种属和浓度分析[J].中国耳鼻咽喉头颈外科,2020,27(4):184-187.
- [23] 微博数据中心.微博 2020 用户发展报告[EB/OL].[2021-03-12]. <https://weibo.com/ttarticle/p/show/>
- [24] 卞萌,郭树毅,王威,等.融合植被遥感数据的北京市次日花粉浓度预测[J].地球信息科学学报,2021,23(9):1705-1713.
- [25] 刘亚南,肖飞,杜耘. Logistic 函数方法拟合多时序 NDVI 数据的改进研究[J].遥感技术与应用,2015,30(4):737-743.
- [26] 李明,吴正方,杜海波,等.基于遥感方法的长白山地区植被物候期变化趋势研究[J].地理科学,2011,31(10):1242-1248.
- [27] 卓莉,张子彦,雷小雨,等.基于蒙特卡洛生存分析探究东北森林物候的影响因素[J].地理学报,2019,4(3):490-503.
- [28] 刘瑞清,李加林,孙超,等.基于 Sentinel-2 遥感时间序列植被物候特征的盐城滨海湿地植被分类[J].地理学报,2021,76(7):1680-1692.
- [29] 李秋元,孟德顺. Logistic 曲线的性质及其在植物生长分析中的应用[J].西北林学院学报,1993(3):81-86.
- [30] 王晓艳,宁慧宇,初少敏,等.北京地区树木花粉变应原致敏特点分析[J].临床耳鼻咽喉头颈外科杂志,2017,31(23):1819-1823.
- [31] 马婷婷,王洪田,陈艳蕾,等.北京地区门诊患者常见吸入过敏原致敏谱[J].中华临床免疫和变态反应杂志,2021,15(2):136-143.
- [32] 郑碧霞,陈云志.从维生素 D 的季节变化及免疫调节功能探讨“冬不藏精,春必病温”[J].时珍国医国药,2013,24(9):2219-2220.
- [33] 施锐. IgE 与花粉过敏症(综述)[J].国外医学:免疫学分册,1979(5):251-256.
- [34] 苏薇,马淑然,袁卫玲,等.肺应秋四时人体免疫功能变化规律临床研究[J].辽宁中医杂志,2010,37(3):554-556.
- [35] 王涛,李素君,赵亮,等.北京市 15 岁以上居民花粉症的电话调查[J].环境与健康杂志,2008,25(5):403-404.
- [36] 孟龄,王效科,欧阳志云,等.北京城区气传花粉季节特征及与气象条件关系[J].环境科学,2016,37(2):452-458.
- [37] 司鹏,郭军,赵煜飞,等.北京 1841 年以来均一化最高和最低气温日值序列的构建[J].气象学报,2022,80(1):136-152.
- [38] Zhang J,Yao Y,Xiao C,et al. The pollution characterization of black carbon aerosols in the southwest suburb of Beijing from 2013 to 2019 [J]. Atmos Pollution Res, 2023, 14: 101669.

收稿日期:2022-04-20 责任编辑:黄丽媛

王甜,等. 大气 PM_{2.5} 诱导小鼠单核巨噬细胞自噬及其作用机制

(正文见第 111 页)

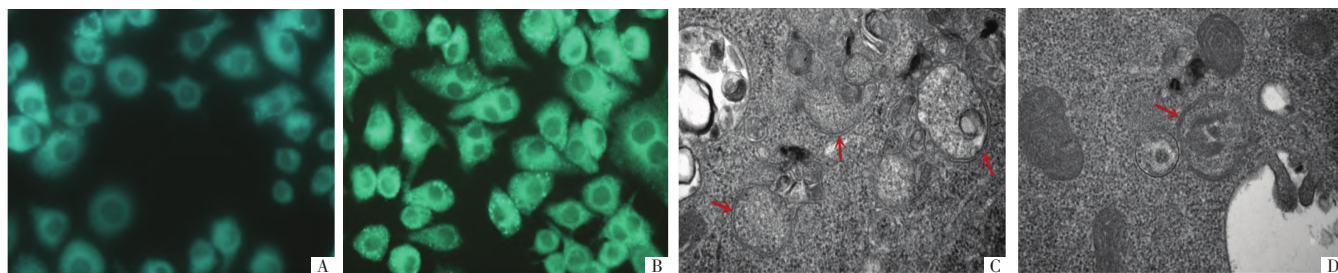


图 2A(对照组)、B(50 µg/ml 染毒组)、C[50 µg/ml 染毒组(50 000×)]、D[50 µg/ml 染毒组(50 000×)]分别为大气 PM_{2.5} 对 RAW264.7 细胞自噬的影响

杨欣怡,等. 基于微博数据的 2011—2021 年北京市花粉过敏暴发起止日期提取及变化分析

(正文见第 123 页)

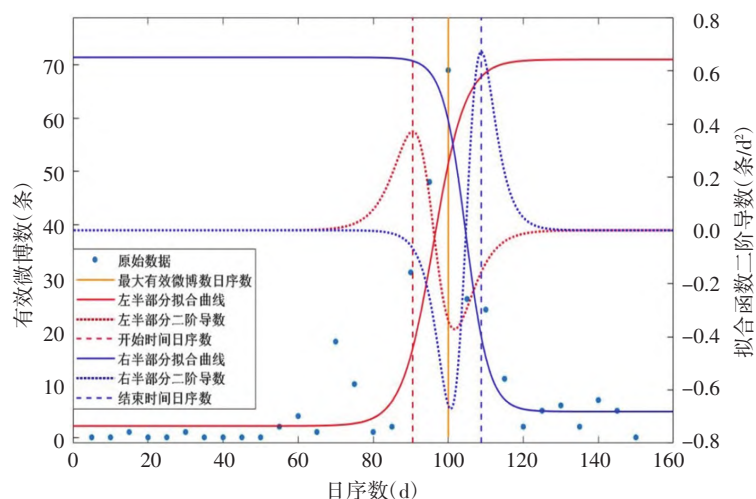


图 2 基于有效微博数据提取花粉过敏暴发的起止日期示意图

李阳,等. 成都市温湿指数对心血管疾病死亡的影响

(正文见第 133 页)

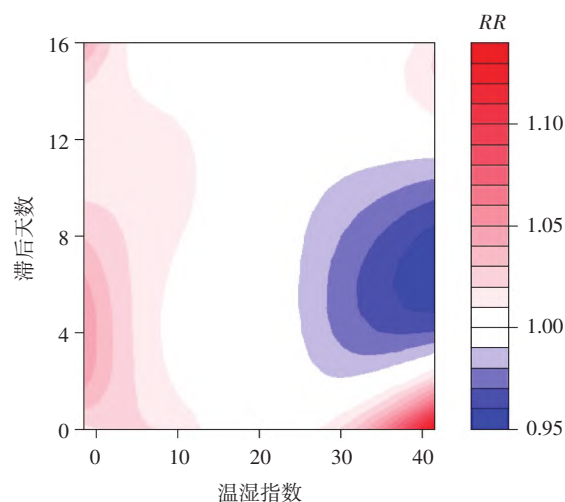


图 2 不同滞后天数的温湿指数与心血管疾病死亡 RR 值关系的等高线图