

气传花粉研究现况

闫海粟, 张 华*

新疆医科大学第一附属医院耳鼻喉科, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2024年2月27日; 录用日期: 2024年3月22日; 发布日期: 2024年3月29日

摘要

空气中大量飘散的致敏花粉被认为是引起变应性鼻炎(allergic rhinitis, AR)的主要环境因素, 严重影响人类健康。因此, 世界各地相继开展气传花粉研究, 建立了较为完善的花粉监测网络, 并积极探索花粉采集、鉴别、预防的新方法。指出花粉受气象条件、环境污染、病毒等因素影响, 并可出现雷暴哮喘。本综述为我国促进并完善气传花粉研究提供参考, 便于针对AR做好较早的预防及治疗工作。

关键词

气传花粉, 变应性鼻炎, 花粉监测, 影响因素, 雷暴哮喘

Current Status of Research on Airborne Pollen

Haisu Yan, Hua Zhang*

Department of Otorhinolaryngology, The First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

Received: Feb. 27th, 2024; accepted: Mar. 22nd, 2024; published: Mar. 29th, 2024

Abstract

The large amount of airborne allergenic pollen is considered the main environmental factor causing allergic rhinitis (AR), which seriously affects human health. Therefore, research on airborne pollen has been carried out around the world, establishing a relatively complete pollen monitoring network, and actively exploring new methods for pollen collection, identification, and prevention. It is pointed out that pollen is affected by meteorological conditions, environmental pollution, viruses, and other factors, and can also cause thunderstorm asthma. This review provides a reference for promoting and improving research on airborne pollen in China, facilitating early prevention and treatment of AR.

*通讯作者。

Keywords

Airborne Pollen, Allergic Rhinitis, Pollen Monitoring, Influence Factor, Thunderstorm Asthma

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

变应性鼻炎(allergic rhinitis, AR)，是指特应性个体接触变应原后，主要由免疫球蛋白 E (IgE)介导，多种免疫活性细胞和细胞因子等参与的，以发作性喷嚏、流涕和鼻塞为主要症状的鼻黏膜慢性炎性疾病。21世纪以来，随着科技进步、人们生活方式的改变、各地区绿化密度及植被的增多以及生态环境问题日益严峻，AR 患病率呈增长趋势。AR 因其症状负荷及对患者生活质量的影响，逐渐成为一个困扰数亿人的公共健康问题。我国最新的研究表明，AR 成人的患病率为 19%，儿童为 22% [1]。气传花粉则被认为是引起季节性 AR 和哮喘的主要空气致敏变应原，由花粉导致的 AR 又称为花粉症[2]，且国内外研究均表明，花粉浓度与患者症状严重程度及就诊次数间存在高度相关性[3] [4]。据世界过敏组织(WAO) 2016 年的估计，在过去的 15 年里，大洋洲的花粉症患病率为世界上最高，约 39.8% 的当地居民对花粉过敏。与大洋洲形成对比的是，北欧和东欧的人受花粉过敏的影响最小(约 12.3%)。除了花粉过敏的区域流行外，大约 22.1% 的世界人口受到花粉症的影响，每年增加约 0.3% [5]。此外，持续性 AR 会增加哮喘的风险，已经证明在支气管分泌物和肺实质中可以发现花粉颗粒，而且哮喘患病率随着 AR 患病时间的延长而增加(13%)，“联合呼吸道疾病”的概念已经成为 AR 和哮喘的综合观点[5]。针对这一情况，目前世界各地气传致敏花粉的研究日趋完善，大部分国家已建立花粉浓度监测网络，为实现患者回避气传花粉变应原，提供全年的致敏花粉参考信息。

2. 气传花粉的监测

气传花粉监测的主要目的是为健康服务，尤其是为 AR 及哮喘患者的健康服务，实现对气传花粉变应原的回避。世界各地的气传致敏花粉因为其地理位置和生态环境的不同，其种类和含量也有区别。北美地区的气传花粉以豚草为主；欧洲的气传花粉以禾本科植物为主；非洲、大洋洲及日本等地区，则是以木本植物为主[3]。而我国地域辽阔，气候多样，植物种类繁多，气传花粉的播散呈现春秋两季的双峰特点，春季以乔木为主，包括松科、柏科、杨属及桑科等，秋季则以致敏性强的草本植物为主，包括蒿属、草属、豚草属及藜科等[6]。比利时、荷兰、卢森堡超过 30 年的花粉监测，发现乔木植物花粉浓度呈增加趋势，而草本植物花粉浓度呈下降趋势[7]。Toro 等指出，智利从 1993~1996 年到 2009~2013 年，空气传播的花粉总量增加了两倍[8]。相反，Songnuan 等指出，曼谷 2012~2013 年的花粉数量与 1980 年的研究相比，明显减少[9]。可见，空气传播的花粉分布因种类、区域和时期而异，在同一区域内持续监测和观察花粉对于克服区域限制和收集可靠数据非常重要。

目前采集花粉的主要方法包括重力沉降法和容量法。我国大部分地区目前受经济条件等客观因素限制，多采用重力沉降法。在欧美等发达国家，凭借长时间的数据积累和先进的技术辅助，已经将容量法定为常规方法。

Penel 等提出：尽管容量法花粉采集器非常适合于估计空气中的花粉平均浓度，但可能不能提供个人

接触花粉的准确指数，并用头发采集花粉样本作为对比，结果是，在一个接触花粉多样性很高的地理区域，来自静态采集器的花粉计数不能提供对花粉暴露多样性的有效估计，而头发样本中的花粉计数目前暂不能被推荐作为评估个人接触的合适技术，因为其精确度和重复性尚未确定[10]。这也突出了静态花粉采集器的局限性，从而强调了设计新的设备来评估个人花粉暴露的必要性。Plaza 等尝试使用新型自动生物气溶胶分析仪，即 BAA500 花粉监测器(POMO)进行花粉监测。生物气溶胶监测技术，其优势是：在线、自动、稳定、实时测量，以及对大多数花粉类型的高识别能力，显著减少了人工工作量。但是目前也存在可靠性问题，主要是花粉季节的信息差在 17~19 天之间，与传统 Hirst 采集器相比，POMO 监测花粉季节开始较晚，达到高峰较晚，但也结束较晚[11]。尽管新型自动生物气溶胶分析仪还很年轻，但这种新颖的自动花粉监测已经展现出巨大潜力。基于较早开始的气传花粉研究，也随着图像识别方法的发展，欧美等国认为可以使用卷积神经网络(Convolutional Neural Networks, CNN)模型对花粉进行鉴别，并已达到了很高的准确率，这将大大提高花粉识别工作效率[12] [13]。Katz 等提出使用单一监测点不能反映整个城市的花粉暴露情况，在流行病学研究中可能导致相当大的测量误差，特别是在使用 24 小时为单位的情况下。这些误差可以通过结合植被图、花粉产量估计、物候学模型和大气扩散模型来减少[14]。

3. 影响气传花粉的因素

3.1. 气象因素

气象因素，如温度、湿度、降雨量和风速，对气传花粉的释放、集中、运输和扩散有很大影响[15]。由于这些参数在不同地区和不同年份有所变化，所以气传花粉的浓度和成分会因当地的气候和植物区不同而变化。因此，越来越多的学者在进行气传花粉监测时，已将气象指标做为重要的监测项目之一。

北京昌平地区和广州市区的研究表明，花粉浓度随温度和风速的升高而升高，随湿度和降雨量的增大而下降[16] [17]。此前有报告表明，全球变暖会加速花朵发育，导致花粉季节提前[18]。曼谷 2013 年花粉量虽然较前减少，但花粉峰值提前了一到两个月，这可能与曼谷最高气温上升了约 4℃ 有关，考虑是城市热岛效应和全球变暖共同作用的结果[9]。同样，北美地区从 1990 年到 2018 年，具有代表性的树木、杂草和草的致敏花粉季节普遍提前和延长(+20 d)，花粉浓度增加(+21%)，考虑为气温和降水量的增加所致[19]。降雨量的增加，一方面在短期内可以直接冲刷空气中的花粉，从而降低气传花粉的峰值和年总计数。另一方面，即使是几年到几十年规模的气候变化，也会改变动植物的分布和丰度，降雨量的大幅增加可能有利于干燥和寒冷的地区过敏植物的生长和栖息地的扩大[20]。降水对树、杂草、草的致敏花粉长期影响各不相同，与树生分类群相比，草本植物被证明具有更高的气候敏感性，特别是对水的敏感性[21]。不同种类的花粉与气象参数之间呈现不同的关系，总体而言，在各种环境下，空气中花粉的丰富度和多样性往往与温度和风速呈正相关，与湿度和降雨量呈负相关。

除温度、湿度、降雨量和风速等气象因素外，雷暴天气是当前研究的一个新方向。越来越多的证据表明，雷暴天气会增加花粉的致敏性，以致发生严重的哮喘事件[22]。自 1983 年以来，全球共报告了 26 起雷暴哮喘事件，雷暴期间因哮喘加重而住院的人数大幅增加，且病情严重恶化[23]。目前的假说表明，由于雷暴期间产生的强电场，正离子从地面释放出来，以一种机械效应，将花粉碎裂成更小的致敏颗粒。亚花粉颗粒“吸收”湿度并成为水滴，含有潜在致敏小颗粒的水滴，迅速落到地面并被喷洒到空气中，促成了生物气溶胶的形成。然后，这些微小的颗粒可以很容易地渗透到更深的呼吸道，从而增强支气管高反应性，引发哮喘发作，尤其在雷暴的第一阶段，也就是最初的 20~30 分钟，并且在暴风雨后在大气中将持续数小时[24]。有鉴于此，受花粉过敏影响的患者，不仅是哮喘患者，而且受季节性 AR 影响的无哮喘症状的患者，也应提高警惕在花粉季节时期雷暴天气下外出的危险，因为此类事件可能是导致病情加重的重要原因。

3.2. 环境污染与病毒

人类活动造成的空气污染已经恶化了全球的花粉季节，也是导致花粉浓度增加的重要因素。二氧化氮(NO_2)、臭氧(O_3)和颗粒物(PM10 或 PM2.5)与变态反应性疾病的加重有关。美国胸科学会研讨会最近的一份报告支持了这一结果，该报告显示，空气污染与变态反应性疾病的发病增加有关[24]。在这种情况下，一些污染物，如 PM2.5 和 O_3 ，会增加花粉数量，导致环境中致敏蛋白浓度更高[16]。此外，PM2.5 可导致外周组织更脆弱，这些蛋白质可被呼吸道粘膜中的抗原提呈细胞摄取和处理，启动 I 型超敏反应，其主要目标是 IgE 从肥大细胞释放的介质(组胺)，增加粘液分泌、血管通透性和支气管痉挛[25]。在城市地区更普遍的 NO_2 ，与空气传播的过敏原合作，通过降低活力，改变花粉表面的物理化学特征，并通过作为佐剂的促炎作用增加其致敏潜力，改变花粉的生物功能，因此对个体的特应性致敏和症状的发展造成更大的风险[26]。而且，来源于花粉的蛋白酶可通过破坏呼吸道上皮细胞的细胞间连接和锚定而不可逆地损害呼吸道上皮屏障[27]。

此外，Ravindra 等指出：气传花粉可能作为新冠病毒的有效载体，影响其传播、扩散和增殖，这可能是新冠肺炎迅速传播的原因之一[28]。Damialis 等报道，新冠肺炎的感染率与空气中花粉浓度呈显著正相关，未来具有类似潜力的冠状病毒和大流行病毒可能会因为空气中花粉丰度的增加而加剧，因为接触花粉会削弱人体抗病毒免疫反应[29]。

4. 预防

众所周知，特异性免疫疗法是迄今为止唯一能改变 AR 自然病程的方法，但最大问题在于安全性和治疗周期时长，许多患者或望而却步、或半途而废。因此，人们还是对使用非药物措施以预防或缓解过敏症状更感兴趣。避免接触过敏原成为更经济安全的预防措施。随着当今社会越来越注重生态保护，尤其我国实施了天然植被恢复和建设，城市绿地面积不断扩大。但是如果选择的是致敏率强的绿化植物进行广泛栽培，就有可能导致花粉症患者数量激增。一般来说，控制城市致敏花粉植物，优先选择由昆虫授粉的物种，而不是风媒授粉的物种，以实现物种的多样性[30]，可以从源头上避免气传致敏花粉的产生。除了中央供暖、通风和空调(HVAC)系统外，还可以使用高效的空气过滤器(HEPA)在室内来过滤 0.3 微米大小的颗粒，以帮助减少过敏触发因素[31]。伴随着花粉季节爆发的新冠肺炎向我们表明，在花粉季节期间戴口罩、减少户外活动、回家及时做好清洁工作有助于减少接触花粉的机会，从而缓解症状[32]。日本设计了一种静电屏障形成窗，它利用静电吸引作用，防止空气中的花粉颗粒进入房屋。该装置结构简单，易于施工，最重要的是它能以较低的能耗长时间连续运行，可以使一个家庭在开窗通风持续接触花粉的情况下保持健康[33]。

5. 研究方向与展望

气传花粉的传播、致病机制不单单是受某个或某几个因素影响，而是多因素共同作用的结果，气候变化、环境污染、新物种迁入等因素交叉反应可能会改变花粉的基本性质，提高其致敏性，在未来对人类健康制造更大的危害。提高气传花粉监测准确性及花粉鉴别效率，评估个人接触花粉的准确指数，提供实时花粉数据，开发早期预警系统，可为患者在高花粉日之前促进预防。同时，基于现有的变应性疾病研究资料，进一步探索非药物预防及治疗措施，和改进特异性免疫疗法，为变应性疾病的预防和治疗提供有力的保障。在我国进一步完善气传花粉监测，有助于可视化了解不同花粉分类群在特定地点的分布、时间和浓度，并可以帮助过敏患者和临床医生确定潜在的触发因素，指导诊断测试，为患者提供个性化的诊疗服务，有助于做好预防及治疗工作，缓解 AR 及哮喘患者的相应症状，使我国变应性疾病的预防和诊疗迈上更高的台阶。

参考文献

- [1] Pang, K., Li, G., Li, M., et al. (2022) Prevalence and Risk Factors for Allergic Rhinitis in China: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, **2022**, Article ID: 7165627. <https://doi.org/10.1155/2022/7165627>
- [2] 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.
- [3] 谢立锋, 朱丽, 张丰珍, 等. 风媒花木本植物盛花期与变应性鼻炎就诊率的关系分析[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2016, 30(15): 1206-1209.
- [4] Katsimbris, P., Deftereou, T., Trypsianis, G., et al. (2023) The Clinical Significance of Pollen and Fungi Concentrations for Allergic Rhinitis: A Three-Year Study. *Cureus*, **15**, e40397. <https://doi.org/10.7759/cureus.40397>
- [5] Bousquet, J., Khaltaev, N., Cruz, A.A., et al. (2008) Allergic Rhinitis and Its Impact on Asthma (ARIA 2008). *Allergy*, **68**, 8-160. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2007.01620.x>
- [6] 魏欣. 变应性鼻炎的发病机制[J]. 海南医学, 2011, 22(10): 8-12.
- [7] De Weger, L.A., Bruffaerts, N., Koenders, M.M.J.F., et al. (2021) Long-Term Pollen Monitoring in the Benelux: Evaluation of Allergenic Pollen Levels and Temporal Variations of Pollen Seasons. *Frontiers in Allergy*, **2**, Article 676176. <https://doi.org/10.3389/falgy.2021.676176>
- [8] Toro, A.R., Córdova, J.A., Canales, M., et al. (2015) Trends and Threshold Exceedances Analysis of Airborne Pollen Concentrations in Metropolitan Santiago Chile. *PLOS ONE*, **10**, e0123077. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123077>
- [9] Songnuan, W., Bunnag, C., Soontrapana, K., et al. (2015) Airborne Pollen Survey in Bangkok, Thailand: A 35-Year Update. *Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology*, **33**, 253-262.
- [10] Penel, V., Calleja, M., Pichot, C., et al. (2017) Static and Elevated Pollen Traps Do Not Provide an Accurate Assessment of Personal Pollen Exposure. *European Annals of Allergy and Clinical Immunology*, **49**, 59-65.
- [11] Plaza, M. P., Kolek, F., Leier-Wirtz, V., et al. (2022) Detecting Airborne Pollen Using an Automatic, Real-Time Monitoring System: Evidence from Two Sites. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **19**, Article 2471. <https://doi.org/10.3390/ijerph19042471>
- [12] Polling, M., Li, C., Cao, L., et al. (2021) Neural Networks for Increased Accuracy of Allergenic Pollen Monitoring. *Scientific Reports*, **11**, Article No. 11357. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-90433-x>
- [13] Kubera, E., Kubik-Komar, A., Piotrowska-Weryszko, K., et al. (2021) Deep Learning Methods for Improving Pollen Monitoring. *Sensors*, **21**, Article 3526. <https://doi.org/10.3390/s21103526>
- [14] Katz, D.S.W. and Batterman, S.A. (2020) Urban-Scale Variation in Pollen Concentrations: A Single Station Is Insufficient to Characterize Daily Exposure. *Aerobiologia*, **36**, 417-431. <https://doi.org/10.1007/s10453-020-09641-z>
- [15] D'Amato, G., Chong-Neto, H.J., Monge Ortega, O.P., et al. (2020) The Effects of Climate Change on Respiratory Allergy and Asthma Induced by Pollen and Mold Allergens. *Allergy*, **75**, 2219-2228. <https://doi.org/10.1111/all.14476>
- [16] Rahman, A., Khan, M.H.R., Luo, C., et al. (2021) Variations in Airborne Pollen and Spores in Urban Guangzhou and Their Relationships with Meteorological Variables. *Helijon*, **7**, e08379. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08379>
- [17] 程波, 张建丽, 焦子奇. 2011-2020 年昌平城区气传花粉特征及其与气象条件的关系[J]. 智慧农业导刊, 2021, 1(20): 16-18.
- [18] Shea, K.M., Truckner, R.T., Weber, R.W., et al. (2008) Climate Change and Allergic Disease. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, **122**, 443-455. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2008.06.032>
- [19] Anderegg, W.R.L., Abatzoglou, J.T., Anderegg, L.D.L., et al. (2021) Anthropogenic Climate Change Is Worsening North American Pollen Seasons. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **118**, e2013284118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2013284118>
- [20] Blois, J.L., Zarnetske, P.L., Fitzpatrick, M.C., et al. (2013) Climate Change and the Past, Present, and Future of Biotic Interactions. *Science*, **341**, 499-504. <https://doi.org/10.1126/science.1237184>
- [21] Schramm, P.J., Brown, C.L., Saha, S., et al. (2021) A Systematic Review of the Effects of Temperature and Precipitation on Pollen Concentrations and Season Timing, and Implications for Human Health. *International Journal of Biometeorology*, **65**, 1615-1628. <https://doi.org/10.1007/s00484-021-02128-7>
- [22] Price, D., Hughes, K.M., Thien, F., et al. (2021) Epidemic Thunderstorm Asthma: Lessons Learned from the Storm down-under. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, **9**, 1510-1515. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2020.10.022>
- [23] D'Amato, G., Annesi-Maesano, I., Cecchi, L., et al. (2019) Latest News on Relationship between Thunderstorms and Respiratory Allergy, Severe Asthma, and Deaths for Asthma. *Allergy*, **74**, 9-11. <https://doi.org/10.1111/all.13616>

- [24] Thurston, G.D., Balmes, J.R., Garcia, E., et al. (2020) Outdoor Air Pollution and New-Onset Airway Disease. An Official American Thoracic Society Workshop Report. *Annals of the American Thoracic Society*, **17**, 387-398. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.202001-046ST>
- [25] Ortega-Rosas, C.I., Meza-Figueroa, D., Vidal-Solano, J.R., et al. (2021) Association of Airborne Particulate Matter with Pollen, Fungal Spores, and Allergic Symptoms in an Arid Urbanized Area. *Environmental Geochemistry and Health*, **43**, 1761-1782. <https://doi.org/10.1007/s10653-020-00752-7>
- [26] Zhao, F., Durner, J., Winkler, J.B., et al. (2017) Pollen of Common Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.): Illumina-Based *de novo* Sequencing and Differential Transcript Expression upon Elevated NO₂/O₃. *Environmental Pollution*, **224**, 503-514. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.02.032>
- [27] Van Cleemput, J., Poelaert, K.C.K., Laval, K., et al. (2019) Pollens Destroy Respiratory Epithelial Cell Anchors and Drive Alphaherpesvirus Infection. *Scientific Reports*, **9**, Article No. 4787. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41305-y>
- [28] Ravindra, K., Goyal, A. and Mor, S. (2021) Does Airborne Pollen Influence COVID-19 Outbreak? *Sustainable Cities and Society*, **70**, Article ID: 102887. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102887>
- [29] Damialis, A., Gilles, S., Sofiev, M., et al. (2021) Higher Airborne Pollen Concentrations Correlated with Increased SARS-CoV-2 Infection Rates, as Evidenced From 31 Countries across the Globe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **118**, e2019034118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2019034118>
- [30] Green, B.J., Levetin, E., Horner, W.E., et al. (2018) Landscape Plant Selection Criteria for the Allergic Patient. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, **6**, 1869-1876. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2018.05.020>
- [31] Naclerio, R., Ansotegui, I.J., Bousquet, J., et al. (2020) International Expert Consensus on the Management of Allergic Rhinitis (AR) Aggravated by Air Pollutants: Impact of Air Pollution on Patients with AR: Current Knowledge and Future Strategies. *World Allergy Organization Journal*, **13**, Article ID: 100106. <https://doi.org/10.1016/j.waojou.2020.100106>
- [32] Sözener, Z.Ç., Öztürk, B.Ö., Aydin, Ö., et al. (2021) Coincidence of Pollen Season and Coronavirus Disease 2019 Pandemic: Less Time Outdoors-Lesser Allergy Symptoms in 2020. *Asia Pacific Allergy*, **11**, e16. <https://doi.org/10.5415/apallergy.2021.11.e16>
- [33] Takikawa, Y., Matsuda, Y., Nonomura, T., et al. (2017) An Electrostatic-Barrier-Forming Window That Captures Airborne Pollen Grains to Prevent Pollinosis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **14**, Article 82. <https://doi.org/10.3390/ijerph14010082>