

DOI: 10.5846/stxb202105301420

张曼琳, 潘妮, 赵娟娟, 李明娟, 江南. 城市花粉致敏植物种类构成、分布与潜在危害评估——以深圳市为例. 生态学报, 2021, 41(22): 8746–8757.
Zhang M L, Pan N, Zhao J J, Li M J, Jiang N. Analysis on the composition, distribution and potential hazard of allergenic pollen plants in urban areas: A case study of Shenzhen. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(22): 8746–8757.

城市花粉致敏植物种类构成、分布与潜在危害评估 ——以深圳市为例

张曼琳¹, 潘妮¹, 赵娟娟^{1,*}, 李明娟¹, 江南^{1,2}

¹ 西南大学园艺园林学院, 重庆 400100

² 中国科学院生态环境研究中心 城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085

摘要: 气传致敏花粉会引发过敏症, 且可通过每年在花粉季的反复接触逐渐加重, 危害人体健康, 严重时甚至危害生命。花粉致敏植物在城市中被广泛引种栽培, 导致城市花粉症患者数量激增。以深圳市为案例, 基于建成区 600 个样地的实地调查数据, 分析花粉致敏植物的种类构成与时空分布, 通过构建花粉浓度及花粉致敏危害潜力计算公式, 评估花粉致敏危害潜力及其分布特点。结果显示: ①调查记录到深圳市建成区花粉致敏植物 46 科 92 属 186 种, 其中外来种占 43.37%, 其中美洲、亚洲和大洋洲来源占国外外来种的 81.00%。花粉致敏植物种数以公园绿地最多, 达 126 种。植物花粉致敏等级以 I 级为主, 达 154 种。②花粉致敏植物的盛花期春夏季, 占全年累计开花种数的 65.02%。最高峰出现在 8 月, 开花种数达 92 种。③花粉浓度潜力最高值也出现在 8 月, 占全年总值的 12.13%。豆科和禾本科植物贡献比例较大, 分别占乔木和草本总值的 40.86% 和 64.13%。龙岗区花粉浓度潜力占比较高, 占各季花粉量的 26.06%—29.42%。④冬春两季各样地花粉致敏危害等级均不高, 但夏秋季有些样地达到二级重度危害。罗湖区调查样地全年花粉致敏危害等级均较低, 光明区在春夏秋季致敏危害等级皆较高。高危害等级样地主要出现在附属绿地及公园绿地。⑤花粉致敏植物防控措施情景模拟结果, 去除主要花粉致敏植物种类以降低所有花粉致敏植物的花粉浓度潜力更有效。本研究为城市花粉致敏植物的管理、规划、养护和研究提供参考。

关键词: 花粉致敏植物; 潜在危害; 物种构成; 物种分布; 城市植物

Analysis on the composition, distribution and potential hazard of allergenic pollen plants in urban areas: A case study of Shenzhen

ZHANG Manlin¹, PAN Ni¹, ZHAO Juanjuan^{1,*}, LI Mingjuan¹, JIANG Nan^{1,2}

¹ College of Horticulture and Gardens, Southwest University, Chongqing 400100, China

² State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

Abstract: Airborne allergenic pollen can cause pollinosis and aggravate every year through repeated exposure in the pollen seasons, endangering human health and even life in severe cases. Allergenic pollen plants have been widely introduced and cultivated in cities, leading to a sharp increase in the number of urban pollinosis patients. In this study, based on the investigation data of 600 plots in the built-up area of Shenzhen as a case study, the species composition and the spatiotemporal distribution of allergenic pollen plants were analyzed, and the potential allergenic hazard with its distribution characteristics was evaluated by constructing calculation formulas of pollen concentration and pollen allergenic potential. The results showed that: ① In the built-up area of Shenzhen, a total of 186 species of allergenic pollen plants from 46 families and 92 genera were recorded. Among the allergenic pollen plant species, 43.37% were alien species, with 81.00% of them

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41671515, 41301612); 深圳市人居环境委员会生态文明建设处项目 (SZCG2017151338)

收稿日期: 2021-05-30; **接收日期:** 2021-10-15

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: juanjuan Zhao@swu.edu.cn

originated from America, Asia, and Oceania. The number of allergenic pollen plant species was highest in park green space, up to 126. Allergenic levels were mainly graded I, covering 154 species. ② The peak bloom stages of allergenic pollen plants were spring and summer, with flowering species accounted for 65.02% of the annual total. The peak month appeared in August, concerning 92 flowering species. ③ August had the highest potential value of pollen concentrations, accounting for 12.13% of the annual year total. The contribution of *Leguminosae* and *Poaceae* were relatively high, respectively, accounting for 40.86% and 64.13% of the arbors and the herbs totals. The values in the Longgang District were relatively high in all seasons, reaching 26.06%-29.42% of respectively seasonal total. ④ The allergenic hazard levels in all plots were not high in winter and spring, but some plots reached second-level severe in summer and autumn. The hazard levels of investigated plots in the Luohu District were relatively low throughout the year. In contrast, those of investigated plots in the Guangming District were relatively high in spring, summer, and autumn. The high-hazard-level plots mainly appeared in the subsidiary green space and park green space. ⑤ Results of scenario-simulation for allergenic pollen plants prevention and control measures showed that the effect of removing major allergenic pollen plant species might be better than that of reducing the pollen concentrations of all allergenic pollen plant species. This study provides a reference for the management, planning, and maintenance of urban allergenic pollen plants, and the research and solution of urban pollen allergenic problems.

Key Words: Allergenic pollen plants; potential hazard; species composition; species distribution; urban plants

花粉致敏植物是依靠风媒传粉且花粉壁上的特殊蛋白会引起敏感个体产生超敏反应的植物^[1],易引发花粉过敏症^[2]。致敏花粉引发的过敏症可通过每年在花粉季的反复接触逐渐加重,严重影响城市居民的身心健康,甚至威胁生命。气传致敏花粉作为主要大气污染物环境颗粒物(PM)的生物成分之一,也是花粉过敏症的重要过敏原^[3],被美国 Stanley 等列为重要的空气污染物之一,其危害性还将随着城市化的负面影响进一步加剧^[4]。同时,由于城市绿地植物配置和种植中考虑不足,使大量花粉致敏植物在城市中聚集,对城市居民的健康造成严重威胁。在北京,由于行道树配置大量杨属(*Populus*)和柳属(*Salix*)植物,导致春季花粉浓度急剧上升,花粉症患者比平常增加 50%。在上海地区的 20 种主要行道树中,常见花粉致敏源树种占半数之多,以致春、秋两季呼吸道过敏反应病人剧增^[5]。近年来,花粉症发病率呈现上升趋势,造成了巨大的经济损失。世界卫生组织数据显示,全球约有 30% 的人口对花粉具有一定形式的过敏反应。欧洲的花粉过敏率甚至高达 40%^[6]。美国花粉症的发生率大约 5%,有些地方高达 15%,每年用于保守治疗(Palliative care)过敏症的支出约数十亿美元^[7]。在我国,30% 的变应性鼻炎是由致敏花粉导致的,目前过敏性花粉症患者已超过千万人,发病率 0.5%—1%,高发区可达 5%,并有继续增长的趋势^[8-9]。因此,为了溯清致敏花粉源头,避免城市绿地规划设计中的花粉致敏问题,保护居民身体健康,城市花粉致敏植物的调查刻不容缓。

目前,针对城市气传致敏花粉的调查研究主要通过花粉监测数据分析气传致敏花粉的种类及浓度、时空散布规律和致敏性^[10-13],或结合微观实验研究致敏蛋白^[14-15]及其与其他过敏原之间的交叉反应^[16]。此外,还有一些研究针对气象条件、环境污染等因素分析气传致敏花粉的影响机制,包括极端气候^[17]、气候变化^[18-19]、空气污染^[20]、土壤污染^[21]和 pH 值^[22]等方面,为花粉症防治提供更多数据支持。针对气传致敏花粉预警预报的研究也在不断发展,国内外的花粉浓度预测技术多是基于以往的花粉监测数据及气象数据来开展,多采用线性回归模型分析估算^[23],也有些通过时间序列^[24]、人工神经网络^[25-26]或其他数据驱动模型进行预测^[27]。目前,在花粉致敏植物的研究中,主要是通过花粉监测数据对花粉致敏植物进行分析,而如何通过植物调查数据对城市花粉致敏植物的致敏危害进行预测评估仍需要加强研究和探讨^[28-30]。

深圳市作为我国典型的高度城市化城市,其建成区绿地率达 37.88%,人均公园绿地面积达 14.94m²^[31]。目前,针对深圳市气传花粉致敏植物的研究主要出于医学目的揭示其花粉飘散规律和浓度变化^[32-33],较为缺乏花粉致敏植物调查及危害性预测评估的研究。本研究以具有代表性的深圳市建成区为例,通过现场调查收

集数据,针对以下三个问题进行分析和讨论:(1)花粉致敏植物的种类构成及其时空分布特征;(2)构建评估公式并分析花粉致敏植物的花粉浓度潜力与样地危害等级及其空间分布;(3)筛选花粉致敏高危植物及样地,并进行两种防控措施的情境模拟和成效预测评估。本文的研究方法和主要结果为我国城市花粉致敏植物危害评估和防控措施的研究提供参考,为深圳市建成区花粉致敏植物的管理、规划和养护提供一定的依据。

1 研究区域

深圳市位于广东省南部沿海,地处 113°43′—114°38′E,22°24′—22°52′N 之间,属亚热带海洋性气候,夏季高温多雨,冬季干燥稍冷,地带性植被属于亚热带季风常绿阔叶林。常年均温 23℃,雨季为每年的 4—9 月,年均降雨量 1935.8mm,年平均相对湿度为 74%,年平均风速为 2.6m/s。深圳市 2020 年初常住人口达 1343.88 万人,全市绿化覆盖率达 45%^[34]。

2 研究方法

2.1 调查方法及花粉致敏植物确定方法

2019 年 8 月,采用电脑随机抽样法对深圳市建成区进行植物调查,共涉及 1 公顷样地 600 个。首先,用 100m×100m 等距网格覆盖深圳市的 SPOT 5 遥感图像,再用电脑在单元网格中随机抽样,对单元格内可调查的所有植物进行调查,并分不同绿地斑块记录。其中,草本植物调查采用 1m×1m 的样方,选取样地斑块中物种较为丰富的典型群落进行抽样调查,调查样方量采用物种数累积法确定,当新样方调查到的物种数小于样地斑块中物种数的 10%时,达到足够的取样量,一般为 3—5 个样方。

详细调查方法,参考美国 URORE 模型的调查手册^[35]和 i-Tree-Eco4.16.2017。此次抽样调查的指标包括:①乔木植物的种名、株数、胸径、树高、冠幅。②灌木植物的种名、株数、均高、投影面的长度和宽度。③草本植物的种名、株数、均高、盖度、频数。④样地的地址、中心点的 GPS 坐标、土地利用类型、土地覆盖类型。

主要参考《中国气传致敏花粉调查》^[36]、《中国北方植物花粉调研:花粉形态及花粉过敏疑难病例》^[37]、《中国气传花粉和植物彩色图谱》^[38]和其他文献资料确定花粉致敏植物种类,植物功能性状属性数据主要通过网络版《中国植物志》以及相关期刊文献确定。

2.2 数据分析方法

2.2.1 花粉致敏植物的致敏等级

花粉种类及数量是花粉致敏等级评估中的重要因素,不同种类的致敏性的花粉其抗原强弱不同,以及同一种致敏花粉其花粉浓度不同都会使致敏强度变化^[39]。因此,在划分花粉致敏植物的致敏等级时(表 1),同时考虑了致敏花粉浓度以及花粉致敏性。其中致敏性主要根据叶世泰等人编制的《中国气传和致敏花粉》^[1]书目以及 Pollen library.com 网站确定。花粉浓度主要参考李倩、靳颖和肖小军等人论文中的气传致敏花粉浓度监测数据^[32-33,41-43]。

表 1 花粉致敏植物的致敏等级标准^[40]
Table 1 Standards for the allergenic level of allergenic pollen plants

致敏等级 Sensitization level	致敏性 Sensitization	木本植物花粉/(粒/1000mm ²) Woody pollen	草本植物花粉/(粒/1000mm ²) Herbaceous pollen
I	轻度	≤150	≤150
II	中度	150—600	150—400
III	重度	≥600	≥400

2.2.2 花粉致敏植物种的花粉浓度潜力评估

通过建立花粉浓度潜力评估公式,对各花粉致敏植物种的花粉浓度潜力进行评估。由于是对花粉浓度潜力的预测评估,因此假设树龄达到正常成熟年龄、花粉产量达到正常花粉产量。另外,由于绝大多数花粉飘散

并降落在植株附近一定范围内,远距离飘散的花粉只占少数^[44],因此评估中按调查样地范围进行预测。花粉过敏性疾病一般存在春季和秋季两个高峰期,春季以木本开花植物为主要过敏源,秋季以草本开花植物为主要过敏源^[45]。因此,这里主要对乔灌木花粉浓度潜力进行评估。

乔灌木植物花粉浓度潜力评估计算公式如下:

$$P = C \times G$$

式中, P 为花粉浓度潜力; C 为预测花粉浓度,主要参考其他文献中记录的气传致敏花粉监测浓度数值^[32-33,41-43]; G 为盖度。

2.2.3 样地的花粉致敏植物危害等级评估

综合考虑了样地尺度花粉致敏植物的致敏等级、花粉浓度潜力、地理位置、花期、生活型这些因素,对深圳市花粉致敏植物样地危害等级进行评估。首先,由于木本和草本花粉致敏植物在致敏性和花粉浓度上存在一定差异^[46]。因此,在计算过程中,分别进行评估。

(1) 样地的木本致敏植物危害等级评估

首先,计算样地的木本植物花粉浓度潜力 P_w , 公式如下:

$$P_w = \sum_{i=1}^n P_{t_i} + \sum_{j=1}^n P_{s_j}$$

式中, P_w 是样地内所有木本植物花粉浓度潜力值, i 表示第 i 种乔木, j 表示第 j 种灌木, P_{t_i} 是单种乔木花粉浓度潜力值, P_{s_j} 是单种灌木花粉浓度潜力值。其次,根据木本花粉致敏植物危害等级划分标准(轻度 ≤ 100 粒/1000mm², 101粒/1000mm²<中度 ≤ 400 粒/1000mm², 重度 >400 粒/1000mm²)得到该样地的木本花粉致敏植物危害等级(T_t)。

(2) 样地的草本致敏植物危害等级评估

首先,计算样地的草本植物花粉浓度潜力 P_{ht} , 公式如下:

$$P_{ht} = \sum_{i=1}^n P_{h_i} \times S \times R$$

式中, P_{ht} 是样地内所有草本植物的花粉浓度潜力值, P_{h_i} 为单种草本植物花粉浓度潜力值, S 为样地面积, R 为草本取样面积比例。其次,根据草本致敏植物危害等级花粉标准(轻度 ≤ 50 粒/1000mm², 51粒/1000mm²<中度 ≤ 150 粒/1000mm², 重度 >150 粒/1000mm²)得到该样地草本花粉致敏植物危害等级(T_h)。

(3) 样地的全部花粉致敏植物危害等级评估

将样地木本植物和草本植物综合考虑,制定样地花粉致敏植物危害等级划分标准(表2),确定各样地的花粉致敏植物危害等级。再根据各样地地理信息数据生成样地花粉致敏植物危害等级分布图。

表2 样地花粉致敏植物危害等级划分标准

Table 2 Standards for classification of hazard levels of allergenic pollen plants in plots

样地危害等级 The hazard levels of the plots	木本花粉致敏植物危害等级 The hazard levels of allergenic pollen woody plants	草本花粉致敏植物危害等级 The hazard levels of allergenic pollen herbs
二级重度 Severe II	重度	重度
一级重度 Severe I		草本或木本为重度
二级中度 Moderate II	中度	中度
一级中度 Moderate I		草本或木本为中度
轻度 Mild	轻度	轻度

2.3 花粉致敏植物防控情景模拟分析

基于深圳市花粉致敏植物调查数据结果,针对危害等级较高的样地,设置四种配置模式进行情景模拟预测,根据样地花粉致敏植物危害等级评估公式,运用 Excel 软件计算,根据计算结果判断比较情景设置前后样地危害等级的变化情况。情景①、②、③分别去除高危花粉致敏植物样地中1种、2种、3种花粉浓度潜力最高

的花粉致敏植物,换成非致敏植物,其中去除的花粉浓度潜力最高的花粉致敏植物,是通过前文 2.2.2 节的公式计算结果排序得出。情景④通过栽培管理等措施,把各种花粉致敏植物的花粉浓度潜力降低一半。

3 结果分析

3.1 深圳市建成区花粉致敏植物种类构成与分布

本次深圳市建成区植物调查,共记录花粉致敏植物 46 科 92 属 186 种。乔木、灌木、草本、藤本植物各占 45.16%、15.59%、37.10%和 2.15%。深圳本地种 101 种,占 54.30%;国内外来种 16 种,占 8.60%。国外外来种 69 种,占 37.10%;其中来自美洲、亚洲和大洋洲的花粉致敏植物种较多,分别为 27 种、16 种和 13 种。本次调查中,重要值较高的花粉致敏植物主要有王棕(*Roystonea regia*)、朱缨花(*Calliandra haematocephala*)、沟叶结缕草(*Zoysia matrella*)和白花鬼针草(*Bidens pilosa*),重要值分别为 3.48、4.82、8.05 和 3.32,是主要的优势花粉致敏植物。应用频率较高的花粉致敏植物主要有叶下珠(*Phyllanthus urinaria*)、沟叶结缕草、白花鬼针草和朱槿(*Hibiscus rosa-sinensis*),频率分别为 15.13%、14.15%、11.96%和 5.97%,其花粉致敏等级为 I 级,花粉浓度较低,致敏性不高。外来花粉致敏植物中,王棕占花粉致敏乔木盖度的 12.79%,朱缨花占花粉致敏灌木盖度的 17.40%,巴西鸢尾(*Neomarica gracilis*)占花粉致敏草本盖度的 6.28%,均为外来花粉致敏植物中的优势种。

深圳市建成区内,花粉致敏植物种数在不同绿地类型和行政区之间的分布均具有一定的差异性(图 1)。各绿地类型花粉致敏植物种数以公园绿地最多,总计 126 种;其次是居住区绿地和道路绿地,分别有 120 种和 103 种;工厂绿地和荒地花粉致敏植物种类最少,分布有 5 种和 4 种,主要是以禾本科(Poaceae)为主的草本植物。对深圳市各行政区花粉致敏植物分布概况分析表明(表 3),花粉致敏植物种数的样地均值以盐田区最高,达 10 种;花粉致敏乔、灌、藤植物株数的样地均值以罗湖区、光明区、大鹏新区较高,分别达 248、236、235 株;花粉致敏草本植物频数的样地均值以坪山区和大鹏新区最高,为 129;同时,这 5 个行政区的花粉致敏植物样地频率值均较高,在 97%—100%之间波动,而总调查样地量则较少。

表 3 深圳市各行政区花粉致敏植物分布概况
Table 3 The distribution of allergenic pollen plants in the administrative districts of Shenzhen

行政区 Administrative districts	面积 Area/km ²	绿化覆盖率 Green coverage ratio/%	调查样地量 The number of plots	a	b	c	d
南山区	187.47	50.03	87	100	8	140	75
盐田区	74.99	41.00	16	100	10	167	76
福田区	78.66	43.00	46	98	8	155	74
罗湖区	78.75	64.60	39	100	9	248	41
龙岗区	388.21	50.56	149	93	7	131	92
坪山区	168	57	47	100	9	118	129
光明区	156	53	36	97	7	236	124
龙华区	175.6	42.91	70	79	5	103	64
宝安区	397	47	91	90	6	104	58
大鹏新区	294.18	/	10	100	9	235	129

a 代表花粉致敏植物样地频数(%),是花粉致敏植物样地占总调查样地的比例;表中 b、c、d 均采用各调查样地的平均值,其中 b 代表平均种数,是花粉致敏乔灌木藤植物的种数;c 代表平均株数,是花粉致敏乔灌木藤植物的株数;d 代表平均频数,是花粉致敏草本植物的频数;调查样地量是各行政区调查样地的数量。各行政区绿化覆盖率数据来自《深圳市 2020 年国民经济和社会发展统计公报》^[47]。

3.2 深圳市建成区花粉致敏植物的花期分布

深圳市建成区花粉致敏植物的盛花期为春夏季,春夏季开花植物占全年累计开花种数的 65.02%。最高峰值出现在 8 月,92 种花粉致敏植物在该月开花,达全年累计开花种数的 13.69%(图 2)。但不同生活型植物的盛花期不同,花粉致敏乔木的盛花期是春季,开花种数比例 16.67%,盖度比例 12.50%;并在 4 月达到最高峰,占株数、种数和盖度比例的 16.53%、17.80%和 17.48%。花粉致敏藤本植物的盛花期是春夏季,春夏季开

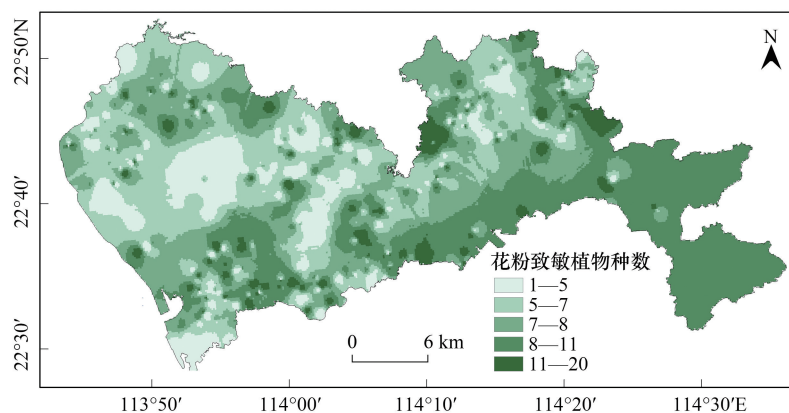


图1 深圳市花粉致敏植物种数分布图

Fig.1 The distribution map of allergenic pollen plants species in Shenzhen

花种数比例达 72.22%, 盖度比例达 70.96%; 并在 5 和 6 月时达到最高峰, 共占 31.07%。花粉致敏灌木和草本植物的盛花期是夏秋季, 开花种数比例分别达 54.73% 和 81.15%, 盖度比例分别达 58.40% 和 73.52%。花粉致敏灌木的开花植物株数和盖度比例在 8—9 月时达到最高, 分别占 9.00%—10.00% 和 13.00%—16.00%。花粉致敏草本的开花植物盖度和种数比率在 7—9 月时出现明显的高峰, 分别占 16.00%—17.00% 和 16.00%—20.00%。

3.3 深圳市建成区花粉致敏植物的致敏等级与花粉浓度潜力

深圳市建成区花粉致敏植物中, 花粉致敏等级为 I 级的物种达 154 种, II 级有 29 种, III 级仅 3 种, 即垂柳 (*Salix babylonica*)、桑 (*Morus alba*) 和土荆芥 (*Dysphania ambrosioides*)。各季开花植物的花粉致敏风险皆以轻度

为主, 冬季开花植物很少, 只有春季个别地区调查到重度花粉致敏性植物 (图 3)。花粉浓度潜力计算结果显示, 花粉浓度潜力最高值出现在 8 月, 占全年的 12.13%。龙岗区花粉浓度潜力占比较大, 春夏秋冬四季分别为 26.26%、29.42%、28.21% 和 26.06%。大鹏新区全年花粉致敏植物花粉浓度潜力比率都较低, 春夏秋冬四季分别为 1.90%、2.01%、1.86% 和 1.95%。花粉浓度潜力最高的乔木有黑松 (*Pinus thunbergii*)、马尾松 (*Pinus massoniana*) 和扁桃 (*Amygdalus communis*), 灌木有朱槿、光荚含羞草 (*Mimosa bimucronata*) 和小蜡 (*Ligustrum sinense*), 草本植物有狼尾草 (*Pennisetum alopecuroides*)、细叶结缕草 (*Zoysia pacifica*) 和沟叶结缕草。豆科 (Leguminosae)、禾本科植物分别对木本和草本植物花粉浓度潜力贡献较大, 达到 40.86% 和 64.13%。其中, 洋紫荆 (*Bauhinia variegata*)、羊蹄甲 (*Bauhinia purpurea*)、朱槿、狼尾草和紫叶狼尾草 (*Pennisetum setaceum* 'Rubrum') 具有花期长且花粉浓度潜力高的特性, 花粉浓度潜力的样地均值分别约为 40 粒/1000mm²、61 粒/1000mm²、501 粒/1000mm²、248 粒/1000mm² 和 76 粒/1000mm²。

3.4 深圳市建成区花粉致敏植物样地的危害等级时空分布

深圳市多数行政区的花粉致敏植物样地, 在春冬两季花粉致敏危害等级不高, 仅部分样地在夏秋两季达到二级重度危害 (图 4)。各行政区中, 春、夏、秋三季皆以光明区样地的花粉致敏危害等级较高, 其中春、夏季

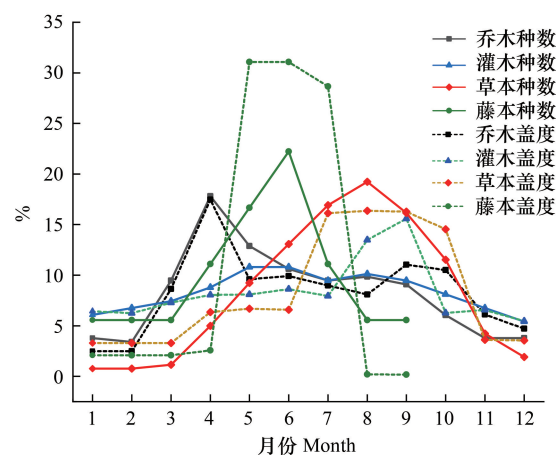


图2 各生活型花粉致敏植物花期分布图

Fig.2 Flowering periods distribution of allergenic pollen plants for various life forms

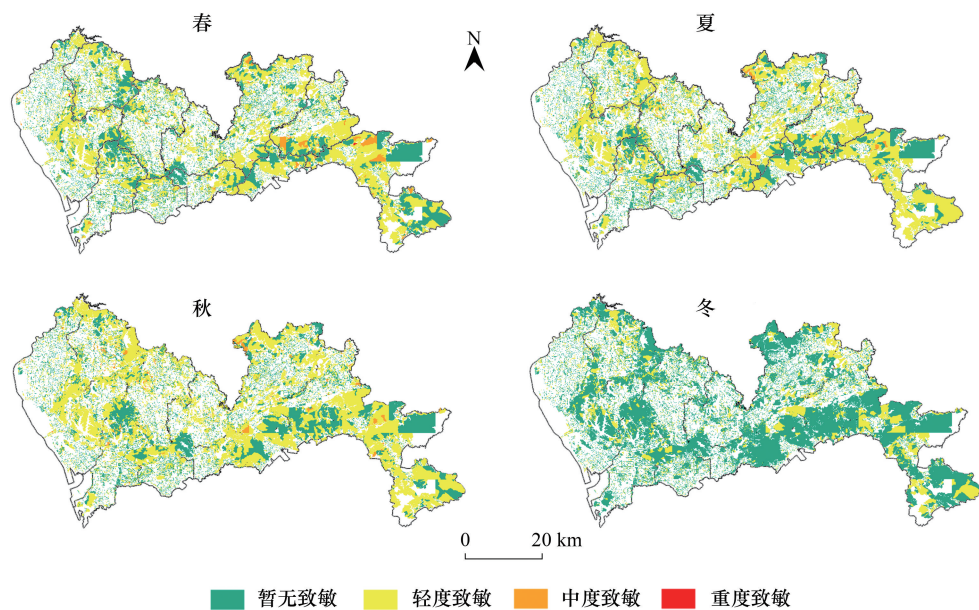


图 3 花粉致敏植物的各季致敏风险图

Fig.3 Allergenic risk map of allergenic pollen plants in each season

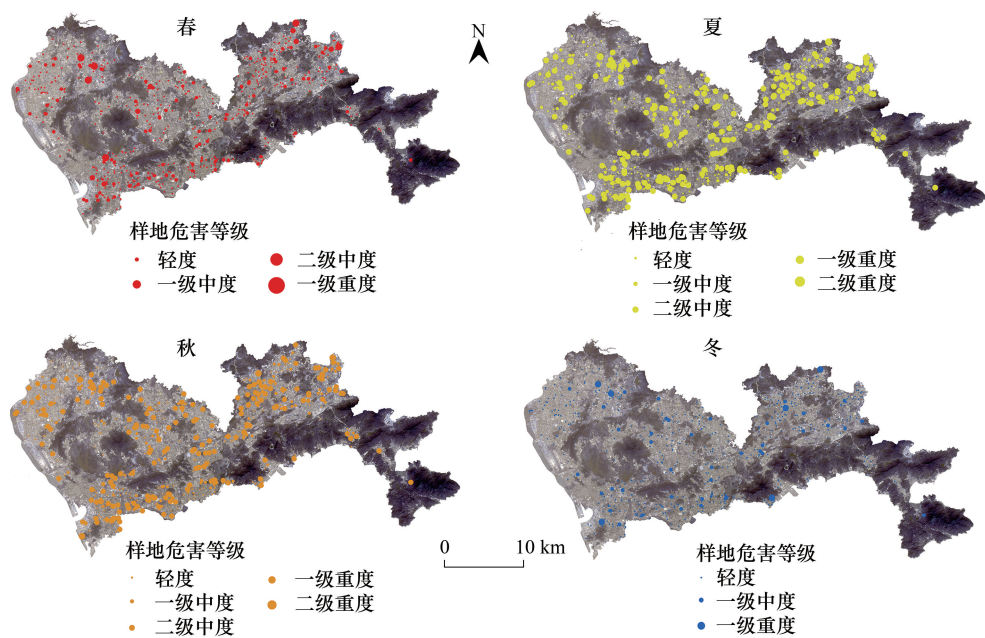


图 4 各季花粉致敏植物样地危害等级分布图

Fig.4 The distribution map of hazard levels for allergenic pollen plant plots in each season

达一级重度危害的样地分别占 9.09%和 5.88%,秋季达二级重度和一级重度的样地分别占 5.17%和 42.86%。罗湖区则相对校低,各季花粉致敏危害等级为轻度的调查样地占 56.76%—94.12%。各绿地类型中,高危害等级样地主要出现在附属绿地及公园绿地,植物以轻度花粉致敏植物为主,同时包含少量中度花粉致敏植物,以及极少数重度花粉致敏植物,如桑、土荆芥。其中,轻度花粉致敏植物占木本花粉致敏植物株数的 95.39%、种数的 63.19%,草本花粉致敏植物频率的 97.38%、种数的 85.25%。轻度花粉致敏植物的过量种植是高危害等

级样地危害程度较高的主要原因。

3.5 深圳市建成区花粉致敏植物防控情景模拟与防控建议

基于物种花粉致敏危害等级以及花粉浓度潜力等级,选择夏秋季全部二级重度危害样地、春冬季全部一级重度危害样地以及夏秋两季各 20 个一级重度危害随机样地进行致敏花粉防控情景模拟。模拟情景中去除的高致敏植物指的是花粉浓度潜力高的植物,主要有朱槿、朱缨花、狼尾草、钟花蒲桃 (*Syzygium campanulatum*) 等。结果表明,防控模式③情景下,通过去除 3 种花粉浓度潜力最高的花粉致敏植物,各样地的花粉致敏危害等级均明显下降,其中 94.23% 的 IV 级危害样地降为 I 级,5.77% 的 IV 级危害样地降为 II 级,另有 54.55% 的 V 级危害样地降为 I 级,45.45% 的 V 级危害样地降为 II 级(表 4)。其次,防控模式②情景下,通过去除两种花粉浓度潜力最高的花粉致敏植物,各样地危害等级的下降趋势比情景模式①和④更为明显。因此,在花粉致敏植物防控实践中,可综合考虑不同植物的致敏性和植物数量,可行情况下,去除主要花粉致敏植物种类,将其换为非致敏植物,可能比通过栽培管护措施降低所有花粉致敏植物的花粉浓度潜力更能降低致敏危害等级。

表 4 高危害等级样地防控后的预测危害等级样地比例

Table 4 Proportions of plots with different predicted hazard levels after prevention control for high-hazard level plots					
原危害等级 Original hazard levels	防控后预测危害等级 Current hazard levels	情景① scenario①/%	情景② scenario②/%	情景③ scenario③/%	情景④ scenario④/%
IV	I	32.69	65.38	94.23	0
	II	34.31	34.62	5.77	50.00
	III	0	0	0	1.92
	IV	25.00	0	0	48.08
V	I	0	27.27	54.55	0
	II	0	54.55	45.45	0
	III	0	0	0	27.27
	IV	81.81	18.18	0	36.36
	V	18.18	0	0	36.36

I 指轻度花粉致敏危害,II 指一级中度花粉致敏危害,III 指二级中度花粉致敏危害,IV 指一级重度花粉致敏危害,V 指二级重度花粉致敏危害。情景①、②、③分别去除高危花粉致敏植物样地中 1 种、2 种和 3 种花粉浓度潜力最高的花粉致敏植物;情景④通过栽培管理措施,把各种花粉致敏植物的花粉浓度潜力降低一半

4 讨论

目前,花粉污染问题在许多国家已经非常严重,花粉过敏症患者占总人口的比例,在奥地利达到 16.4%,意大利为 15.1%,日本为 12.5%,美国为 14.5%^[48]。我国许多地区处于轻度污染程度,但也有一些地区已经达到中度污染,故花粉致敏问题的防治刻不容缓。本次调查发现深圳市建成区致敏花粉种类较多,虽然污染程度尚不严重,但也需积极采取防控措施。

调查结果显示深圳市建成区花粉致敏植物主要是豆科、禾本科、松科(Pinaceae)、锦葵科(Malvaceae)、棕榈科(Arecaceae)、桃金娘科(Myrtaceae)、菊科(Asteraceae)、大戟科(Euphorbiaceae)的植物。除菊科蒿属(*Artemisia*)外,大部分为轻度花粉致敏植物,与李兴永等及肖小军等研究结果基本一致^[49-50]。但是,他们的研究报告中木麻黄(*Casuarina equisetifolia*)花粉在总监测花粉中占比较大,而本研究中却未出现这一现象,推测是因为木麻黄作为优良的海岸防护树种,多种植于海岸处^[51],而本研究的抽样样地较少靠近海岸。深圳市花粉致敏植物盛花期在 5—9 月,与夏德美对深圳市道路和公园植物花期的调查结果一致^[52],在该时段应注意预防花粉过敏症问题。

基于致敏性及花粉浓度潜力评估与分布规律分析结果,深圳市建成区有些花粉致敏植物的种植范围较广、使用频率较高、潜在花粉浓度较高或者抗原性强,都可能带来潜在威胁,应尽量避免或减少种植,如柏科

(Cupressaceae)、蒿属、苋属 (*Amaranthus*)、木麻黄属 (*Casuarina*) 等科属的大部分植物种。另外,发现部分花粉致敏植物是外来植物,如王棕、朱缨花等。未来引进城市植物时应注意植物的花粉致敏性危害,最好从源头控制其传播^[53]。对于能满足特定功能需求的花粉致敏植物,例如蔷薇科 (*Rosaceae*) 和豆科的一些观花植物,建议栽植数量不宜过多,更不宜栽植在人群活动中心主风向的上风口,而应与人群活动中心保持、间隔一定距离,或在中间设置隔离带 (如乔木林带)^[54]。

对各样地的花粉致敏危害等级评估显示,深圳市建成区高危样地较多的绿地类型是附属绿地和公园绿地。其中附属绿地中,高危害等级样地多为道路绿地 (占 55.22%), 可能是因为道路绿地多选用大乔木,以多层次和密林模式为主,乔木的密度较高,其中观花树种比例较大,且花多分布均匀、花期长,因此花粉浓度潜力较大^[55-56]。公园绿地的高危害等级样地中,花粉致敏植物种类较为丰富但以轻度花粉致敏等级为主,兼有少数中度花粉致敏等级植物,主要是轻度花粉致敏植物栽植过量,导致样地花粉致敏危害等级较高。例如,红花岭公园调查到朱槿 1000 多株,类似的轻度花粉致敏植物过量使用也会导致该区域致敏花粉浓度较高。夏德美同样发现深圳市道路和公园绿地中植物多样性较丰富,但均匀度指数较低,尤其是灌木层,多采用群植、片植或列植的配置模式,大面积采用单一物种的现象也印证了这一推测^[52]。

另外,春夏秋冬均出现一些重度危害等级样地,如龙岗区的红花岭公园以及红花中路等,其潜在危害较大。在高危样地可通过布设花粉监测仪器,监测花粉浓度的变化规律,既方便为花粉致敏危害预警提供实时数据,也可为花粉致敏植物管理和研究提供更多的数据支持。在春夏花粉盛季,应积极采取预警措施,通过气象台预报、便民短信等途径为市民提供预警信息,并加强科普。针对公园、居住区和道路绿地这些人群密集且花粉致敏植物种类较多的地方,应在入口设置标识牌,避免易感人群直接接触过敏原。另外,根据花粉致敏植物防控情景模拟结果,去除主要花粉致敏植物比通过栽培养护措施降低所有花粉致敏植物的花粉浓度更容易降低致敏危害,在不能去除主要花粉致敏植物的情况下也可以考虑采用栽培养护的措施降低花粉浓度。

目前国内外花粉致敏植物危害评估主要通过气传致敏花粉浓度实验和花粉症发病率进行评价^[39,43,57]。本研究基于植物调查和文献调研获得花粉浓度、花粉致敏性以及花粉致敏植物数量,基于调查数据对花粉致敏植物潜在危害进行评估,相对于依靠花粉监测仪器获得花粉浓度以及通过花粉症发病率数据评估而言,本评估方法更便于结合植被调查进行评估,且方便溯清源头,从源头消除过敏原。因此,不仅适于绿地树种,也适用于其他生活型的植物,在实际应用中更具有普适性。

Carinanos 等提出了城市绿地树种致敏指数的计算模型,并基于致敏性、传粉方式、传粉期、树体大小和数量等因素对花粉致敏树种的致敏风险进行评估^[58]。本研究在构建花粉浓度潜力评估方程时考虑了以上因素,并根据研究目的结合其他因素对方程进行了改进。首先,针对传粉方式这一因素,花粉致敏植物通常指气传花粉致敏植物,因此本文在确定花粉致敏植物时,参考相关文献,并考虑了植物的传粉方式,筛选的花粉致敏植物均为气传花粉致敏植物,所以没有将该因素放入花粉浓度潜力方程中。其次,由于本研究的花粉浓度潜力方程是预测评估花粉浓度的未来潜力,树龄及花粉产量因子已经假设为达到成熟年龄及正常产量,所以也没有作为变量加入方程中。再次,为方便区分、比较,本研究将致敏性和传粉期分开计算再一起分析,而不是把传粉期放入花粉潜力公式中。在未来针对现状花粉浓度评估的研究中,可根据研究目的考虑是否将影响花粉致敏植物危害程度的多种因素加入到评估公式里去^[59],例如,树龄动态、植株大小动态、花粉产量动态、城乡差异^[60]、空气质量^[20]、土壤条件^[21-22]等。

5 结论

本次深圳市建成区植物调查,共记录花粉致敏植物 46 科 92 属 186 种,深圳本地种 101 种,占 54.30%,王棕、朱缨花、沟叶结缕草和白花鬼针草为深圳市建成区主要的优势花粉致敏植物。深圳市花粉致敏植物盛花期为春夏季,公园绿地分布的花粉致敏植物种数最多,总计 126 种。各花粉致敏植物的致敏等级以轻度为主,仅有垂柳、桑和土荆芥的花粉致敏等级达重度,各致敏等级的花粉致敏植物均以低花粉浓度潜力为主,豆科、

禾本科植物分别对木本和草本植物花粉浓度潜力贡献较大,达到 40.86%和 64.13%。洋紫荆、羊蹄甲、朱槿、狼尾草和紫叶狼尾草具有花期长且花粉浓度潜力高的特性。各行政区花粉致敏植物样地的花粉致敏危害等级,全年均以罗湖区相对较低,各季花粉致敏危害等级为轻度的调查样地占 56.76%—94.12%;春夏秋季均以光明区相对较高,其中春、夏季达一级重度危害的样地分别占 9.09%和 5.88%,秋季达二级重度和一级重度的样地分别占 5.17%和 42.86%。花粉致敏防控措施情景模拟结果显示,去除主要花粉致敏植物种类比通过栽培养护措施降低所有花粉致敏植物的花粉浓度潜力更有效。本文的研究方法和结果对城市花粉致敏植物种类构成、时空分布、潜在危害评估、危害防控等具有一定参考意义。

参考文献 (References):

- [1] 叶世泰, 张金谈, 乔秉善. 中国气传和致敏花粉. 北京: 科学出版社, 1998: 209-219.
- [2] 施锐. 花粉症. 北京: 人民卫生出版社, 1984: 1-2.
- [3] Zhou S M, Zhang L Y, Lu S L, Peng J X, Li Y, Rao L F, Xie T T, Zhang W, Li S J, Wang W Q, Wang Q Y. Ambient particulate matter-associated autophagy alleviates pulmonary inflammation induced by *Platanus* pollen protein 3 (Pla3). *Science of the Total Environment*, 2021, 758: 143696.
- [4] Ziska L H, Gebhard D E, Frenz D A, Faulkner S, Singer B D, Straka J G. Cities as harbingers of climate change; common ragweed, urbanization, and public health. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 2003, 111(2): 290-295.
- [5] 蒋辉, 王开发, 张玉兰. 上海地区行道树花粉及其对环境的影响. *上海环境科学*, 1991, 10(3): 36-38.
- [6] Bicakci A, Tosunoglu A, Altunoglu M K, Saatcioglu G, Keser A M, Ozgokce F. An aeropalynological survey in the city of Van, a high altitudinal region, East Anatolia-Turkey. *Aerobiologia*, 2017, 33(1): 93-108.
- [7] Cariñanos P, Casares-Porcel M, de la Guardia C D, Aira M J, Belmonte J, Boi M, Elvira-Rendueles B, De Linares C, Fernández-Rodríguez S, Maya-Manzano J M, Pérez-Badía R, de la Cruz D R, Rodríguez-Rajo F J, Rojo-Úbeda J, Romero-Zarco C, Sánchez-Reyes E, Sánchez-Sánchez J, Tormo-Molina R, Maray A M V. Assessing allergenicity in urban parks: a nature-based solution to reduce the impact on public health. *Environmental Research*, 2017, 155: 219-227.
- [8] 李静, 孟春明, 胡学莲, 袁春莉, 苏杨. 儿童花粉症研究进展. *中国医药科学*, 2020, 10(18): 53-56.
- [9] 肖小军, 刘玉琳, 谢雄杰, 胡东生, 刘晓宇, 易海涛, 刘志刚. 深圳市秋季气传致敏花粉的调查. *江西师范大学学报: 自然科学版*, 2011, 35(6): 587-590.
- [10] 肖浩, 张虹婷, 贾巧茹, 杨凤娟, 孟娟. 四川省成都市城区气传花粉监测. *中华临床免疫和变态反应杂志*, 2020, 14(2): 99-104.
- [11] 孟龄, 王效科, 欧阳志云, 任玉芬, 逯非. 北京城区气传花粉季节分布特征. *生态学报*, 2013, 33(8): 2381-2387.
- [12] Ramon G D, Vanegas E, Felix M, Barrionuevo L B, Kahn A M, Bertone M, Reyes M S, Gaviot S, Ottaviano C, Cherrez-Ojeda I. Year-long trends of airborne pollen in Argentina; more research is needed. *World Allergy Organization Journal*, 2020, 13(7): 100135.
- [13] Maya-Manzano J M, Fernández-Rodríguez S, Monroy-Colín A, Silva-Palacios I, Tormo-Molina R, Gonzalo-Garijo Á. Allergenic pollen of ornamental plane trees in a Mediterranean environment and urban planning as a prevention tool. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2017, 27: 352-362.
- [14] 胡巧丽, 许志强, 潘晨, 朱理想, 魏继福. 大籽蒿花粉新致敏蛋白组分肌动蛋白(组装)抑制蛋白的鉴定、致敏性及表位. *中华临床免疫和变态反应杂志*, 2020, 14(2): 85-91.
- [15] Bastl K, Kmenta M, Pessi A M, Prank M, Saarto A, Sofiev M, Bergmann K C, Buters J T M, Thibaudon M, Jäger S, Berger U. First comparison of symptom data with allergen content (Bet v 1 and Phl p 5 measurements) and pollen data from four European regions during 2009-2011. *Science of the Total Environment*, 2016, 548-549: 229-235.
- [16] Biedermann T, Winther L, Till S J, Panzner P, Knulst A, Valovirta E. Birch pollen allergy in Europe. *Allergy*, 2019, 74(7): 1237-1248.
- [17] Reinmuth-Selzle K, Kampf C J, Lucas K, Lang-Yona N, Fröhlich-Nowoisky J, Shiraiwa M, Lakey P S J, Lai S C, Liu F B, Kunert A T, Ziegler K, Shen F X, Sgarbanti R, Weber B, Bellinghausen I, Saloga J, Weller M G, Duschl A, Schuppan D, Pöschl U. Air pollution and climate change effects on allergies in the anthropocene: abundance, interaction, and modification of allergens and adjuvants. *Environmental Science & Technology*, 2017, 51(8): 4119-4141.
- [18] Schinko H A E, Lamprecht B, Schmidt R. How will climate change alter the dynamics of airborne pollen and pollen load of allergenic plants? *Allergo Journal International*, 2021, 30(3): 96-108.
- [19] Ziska L H, Makra L, Harry S K, Bruffaerts N, Hendrickx M, Coates F, Saarto A, Thibaudon M, Oliver G, Damialis A, Charalampopoulos A, Vokou D, Heidmarsson S, Guðjohnsen E, Bonini M, Oh J W, Sullivan K, Ford L, Brooks G D, Myszkowska D, Severova E, Gehrig R, Ramón

- G D, Beggs P J, Knowlton K, Allison R, Crimmins MS MPP. Temperature-related changes in airborne allergenic pollen abundance and seasonality across the northern hemisphere: a retrospective data analysis. *The Lancet Planetary Health*, 2019, 3(3): e124-e131.
- [20] Schiavoni G, D'Amato G, Afferni C. The dangerous liaison between pollens and pollution in respiratory allergy. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*, 2017, 118(3): 269-275.
- [21] Aina R, Asero R, Ghiani A, Marconi G, Albertini E, Citterio S. Exposure to cadmium-contaminated soils increases allergenicity of *Poa annua* L. pollen. *Allergy*, 2010, 65(10): 1313-1321.
- [22] Gentili R, Ambrosini R, Montagnani C, Caronni S, Citterio S. Effect of soil pH on the growth, reproductive investment and pollen allergenicity of *Ambrosia artemisiifolia* L. *Frontiers in Plant Science*, 2018, 9: 1335.
- [23] Ritenberga O, Sofiev M, Kirillova V, Kalnina L, Genikhovich E. Statistical modelling of non-stationary processes of atmospheric pollution from natural sources: example of birch pollen. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2016, 226-227: 96-107.
- [24] Rodríguez-Rajo F J, Valencia-Barrera R M, Vega-Maray A M, Suárez F J, Fernández-González D, Jato V. Prediction of airborne *Alnus* pollen concentration by using ARIMA models. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine: AAEM*, 2006, 13(1): 25-32.
- [25] Astray G, Fernández-González M, Rodríguez-Rajo F J, López D, Mejuto J C. Airborne castanea pollen forecasting model for ecological and allergological implementation. *Science of the Total Environment*, 2016, 548-549: 110-121.
- [26] Puc M. Artificial neural network model of the relationship between *Betula* pollen and meteorological factors in Szczecin (Poland). *International Journal of Biometeorology*, 2012, 56(2): 395-401.
- [27] Csépe Z, Makra L, Voukantsis D, Matyasovszky I, Tusnódy G, Karatzas K, Thibaudon M. Predicting daily ragweed pollen concentrations using Computational Intelligence techniques over two heavily polluted areas in Europe. *Science of the Total Environment*, 2014, 476-477: 542-552.
- [28] Ćwik A, Kasprzyk I, Wójcik T, Borycka K, Cariñanos P. Attractiveness of urban parks for visitors versus their potential allergenic hazard: a case study in Rzeszów, Poland. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2018, 35: 221-229.
- [29] 唐文韬. 针对花粉致敏现象的城市公园空间优化研究——以南京市玄武湖公园为例[D]. 南京: 南京林业大学, 2020.
- [30] 闫珂. 北京 4 种常见树种花粉飘散规律及致敏潜力分析[D]. 北京: 北京林业大学, 2020.
- [31] 谢涤湘, 陈惠琪. 高度城市化地区的土地问题及其思考——以深圳为例. *生态经济*, 2013, (4): 48-51, 57-57.
- [32] 肖小军, 谢雄杰, 康敏雄, 胡东生, 刘晓宇, 刘志刚. 深圳市春季气传致敏花粉的调查. *免疫学杂志*, 2011, 27(10): 837-839, 844-844.
- [33] 贺杨宇, 李兰, 郑跃杰. 深圳市气传花粉调查分析. *海南医学*, 2011, 22(6): 136-138.
- [34] 宋晨晨, 刘时彦, 赵娟娟, 李明娟, 江南, 陈静. 基于功能特征的城市植物群落生态功能评价. *生态学杂志*, 2020, 39(2): 703-714.
- [35] Nowak D J, Crane D E, Stevens J C, Hoehn R E. The Urban Forest Effects (UFORE) Model: Field Data Collection Manual. New York: Northeastern Research Station, 5 Moon Library, 2003.
- [36] 中国气传致敏花粉调查领导小组. 中国气传致敏花粉调查. 北京: 北京出版社, 1991.
- [37] 王学艳, 张罗. 中国北方植物花粉调研: 花粉形态及花粉过敏疑难病例. 北京: 北京科学技术出版社, 2018.
- [38] 乔秉善. 中国气传花粉和植物彩色图谱. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2005.
- [39] 廖凤林. 城市空气花粉污染评价. *城市环境与城市生态*, 2000, 13(3): 45-46.
- [40] 白玉荣, 段丽瑶, 吴振玲, 刘艳, 孟雅琴. 花粉浓度等级划分探讨. *气象*, 2007, 33(9): 112-117.
- [41] 李倩. 北京市空气花粉污染的研究 [I]——首都师范大学校园内空气花粉污染的研究[D]. 北京: 首都师范大学, 2004.
- [42] 靳颖. 北京市空气花粉污染的研究 [II]——首都师范大学及圆明园地区空气花粉污染的研究[D]. 北京: 首都师范大学, 2005.
- [43] 汪叶红, 肖晓雄, 詹志鹏, 王良录, 付四毛, 王桂兰, 黄娟, 林嘉标. 中山市气传花粉调查. *中华临床免疫和变态反应杂志*, 2012, 6(4): 261-265.
- [44] 李静, 宋岚. 国内外气传花粉症调查研究综述. *世界最新医学信息文摘*, 2015, 15(19): 28-29.
- [45] 江伟明, 潘睿聪, 罗传秀, 林媚珍. 城市空气花粉的研究进展. *生态科学*, 2018, 37(6): 199-208.
- [46] 李倩, 靳颖, 华振玲, 刘家熙. 空气致敏花粉污染研究进展. *生态学报*, 2005, 25(2): 334-338.
- [47] 深圳市统计局, 国家统计局深圳调查队. 深圳市 2020 年国民经济和社会发展统计公报. (2021-04-23) [2021-05-03]. http://www.sz.gov.cn/cn/xxgk/zfxgj/tjsj/tjgb/content/post_8718466.html.
- [48] 闫珂, 杨华, 李文芳, 李云. 城市绿地致敏指数的改进研究及应用. *北京林业大学学报*, 2020, 42(5): 96-105.
- [49] 李兴永, 肖小军, 孙宏治, 何韶衡, 刘志刚, 杨平常. 深圳市树木花粉调查及其与气候要素相关性研究. *南昌大学学报: 医学版*, 2014, 54(4): 1-3, 8-8.
- [50] 肖小军, 胡东生, 刘志刚, 龚苗, 刘晓宇. 深圳市气传致敏花粉调查及其与气候条件相关性研究. *江西师范大学学报: 自然科学版*, 2015, 39(6): 580-583.
- [51] 蔡盛林. 深圳西湾红树林公园二期规划设计. *广东园林*, 2020, 42(5): 46-51.
- [52] 夏德美. 深圳市道路和公园植物应用现状及常见树种生长模型构建[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2017.

- [53] Cariñanos P, Casares-Porcel M. Urban green zones and related pollen allergy: a review. Some guidelines for designing spaces with low allergy impact. *Landscape and Urban Planning*, 2011, 101(3): 205-214.
- [54] 欧阳志云, 辛嘉楠, 郑华, 孟雪松, 王效科. 北京城区花粉致敏植物种类、分布及物候特征. *应用生态学报*, 2007, 18(9): 1953-1958.
- [55] 尹婷辉, 戴耀良, 何国强, 蔺万煌. 深圳城市道路分车带植物构成与应用研究. *亚热带植物科学*, 2017, 46(3): 267-273.
- [56] 王莉莉, 张哲, 潘会堂. 深圳市道路绿化现状调查与分析//中国风景园林学会 2011 年会论文集(下册). 南京: 中国风景园林学会, 2011: 4.
- [57] Bastl K, Kmenta M, Geller-Bernstein C, Berger U, Jäger S. Can we improve pollen season definitions by using the symptom load index in addition to pollen counts? *Environmental Pollution*, 2015, 204: 109-116.
- [58] Cariñanos P, Casares-Porcel M, Quesada-Rubio J M. Estimating the allergenic potential of urban green spaces: a case-study in Granada, Spain. *Landscape and Urban Planning*, 2014, 123: 134-144.
- [59] D'Amato G, Holgate S T, Pawankar R, Ledford D K, Cecchi L, Al-Ahmad M, Al-Enezi F, Al-Muhsen S, Ansotegui I, Baena-Cagnani C E, Baker D J, Bayram H, Bergmann K C, Boulet L P, Buters J T M, D'Amato M, Dorsano S, Douwes J, Finlay S E, Garrasi D, Gómez M, Hahtela T, Halwani R, Hassani Y, Mahboub B, Marks G, Michelozzi P, Montagni M, Nunes C, Oh J J W, Popov T A, Portnoy J, Ridolo E, Rosário N, Rottem M, Sánchez-Borges M, Sibanda E, Sienra-Monge J J, Vitale C, Annesi-Maesano I. Meteorological conditions, climate change, new emerging factors, and asthma and related allergic disorders. A statement of the World Allergy Organization. *World Allergy Organization Journal*, 2015, 8: 25.
- [60] Bosch-Cano F, Bernard N, Sudre B, Gillet F, Thibaudon M, Richard H, Badot P M, Ruffaldi P. Human exposure to allergenic pollens: a comparison between urban and rural areas. *Environmental Research*, 2011, 111(5): 619-625.