

# 北京城区花粉致敏植物种类、分布及物候特征<sup>\*</sup>

欧阳志云<sup>\*\*</sup> 辛嘉楠 郑 华 孟雪松 王效科

(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** 为了解北京城区花粉致敏植物的种类、分布格局和物候特征, 结合文献调研及专家访问, 对北京 5 环以内的花粉致敏植物进行了调查. 结果表明: 1) 北京城区五环内共有致敏花粉植物 19 科 32 属 99 种, 其中北京本地种 52 种, 占总数的 52.5%, 国内其他地区引进种和国外引进种各占总数的 26.3% 和 21.2%; 2) 北京城区 32 属花粉致敏植物以北温带成分为主, 占 40.6%, 其次是世界性分布与泛热带分布; 3) 公园内的花粉致敏植物种数最多, 行道树种中花粉致敏植物的比例最高. 北京城区各功能区中花粉强致敏草本的盖度, 从大到小的顺序是城市废弃地>体育中心及机关单位>道路绿地>公园>居民区>学校>广场; 4) 北京城区木本花粉致敏植物的花期主要集中在 3—4 月, 草本在 7—9 月.

**关键词** 花粉致敏植物 城市生态系统 物种构成 物种分布 物候特征

**文章编号** 1001-9332(2007)09-1953-06 **中图分类号** Q948 **文献标识码** A

Species composition, distribution and phenological characters of pollen-allergenic plants in Beijing urban area. OUYANG Zhiyun, XIN Jianan, ZHENG Hua, MENG Xuesong, WANG Xiaoke (State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China). *Chin J Appl Ecol*, 2007, 18(9): 1953-1958

**Abstract** In order to know the species composition, distribution pattern and phenological characteristics of pollen-allergenic plants in Beijing urban area, an investigation was made combined with literature survey and experts interviews. The results showed that within the fifth ring of Beijing, there were 99 pollen-allergenic plant species belonging to 32 genera and 19 families, among which 52 species were native plants, accounting for 52.5% of the total, 26 species were introduced from other regions of China, occupying 26.3% of the total, and 21 species were introduced from foreign countries, being 21.2% of the total. The 32 genera of pollen-allergenic plants in Beijing urban area were mainly North Temperate elements, occupying 40.6%, followed by Cosmopolitan and Pantropic elements. In all functional sections of Beijing urban area, the pollen-allergenic plants were most diversified in urban parks and had the highest proportion in street tree species. The coverage of herbs with strong pollen allergy was in the order of waste lands> gym centers and institution yards> greenbelts> parks> residential areas> squares. The blooming period of pollen-allergenic arbores in Beijing urban area was concentrated in March and April, while that of pollen-allergenic herbs was from July to September.

**Key words:** pollen-allergenic plant, urban ecosystem, species composition, species distribution, phenological character

## 1 引 言

花粉致敏植物是指依靠风媒传粉的、花粉壁上的特殊蛋白会引起敏感个体超敏反应的植物体<sup>[1-14, 32]</sup>. 大量致敏植物的花粉飘散于空气中会引发花粉症, 临床表现主要在呼吸系统, 通常初发时症

状较轻, 但可通过每年在花粉季的反复接触逐渐加重, 甚至威胁生命<sup>[32]</sup>. 在一些国家, 这种疾病已经成为季节性的流行病, 具有相当高的发病率. 如美国居民发病率为 2%~10%<sup>[21]</sup>, 而欧洲的发病率则由 20 世纪初的 1% 上升到了 20 世纪末的 20%, 并且预计在未来 20 年内会有近 35% 的人患有花粉症<sup>[27]</sup>. 资料显示, 我国发病率为 0.5%~1%, 高发地区达 5%<sup>[2, 32]</sup>.

植物作为城市生态系统的重要组成部分, 有着极其

<sup>\*</sup> 中国科学院知识创新工程重要方向资助项目 (KZCX2-YW-422).

<sup>\*\*</sup> 通讯作者, E-mail: zhouyan@reees.ac.cn

2006-11-30 收稿, 2007-06-20 接受.

重要的生态功能<sup>[8 10 19]</sup>。但不当的城市绿地建设可能使花粉致敏植物在城市中被广泛引种栽培,导致城市居民花粉症患者数量激增<sup>[4 9 20-21 28]</sup>。随着人们健康意识的不断提高,花粉致敏植物的研究日益受到社会各界的关注。目前,有关城市花粉致敏植物的研究主要是从生理生态学角度关注气候变化和空气污染对花粉致敏植物的花粉数量和花期等的影响<sup>[1 3 5 17 20 22 26]</sup>,或从医学角度研究致敏花粉的分布和致敏性<sup>[7 11 18 25 31]</sup>。而花粉致敏植物的构成、分布格局和物候特征等在很大程度上影响空气中致敏花粉品种与浓度,直接关系到花粉症的地区性分布和发病时间<sup>[11 21 32]</sup>。从生态学角度研究城市生态系统中花粉致敏植物,对于改善城市空气质量,降低花粉症的发病风险具有重要的现实意义,也是从源头上防治花粉症的关键。本研究在系统调查北京五环以内的花粉致敏植物的基础上,探讨了北京城区花粉致敏植物的构成、分布格局和物候特征,以期为建设有益健康的绿化环境提供依据。

## 2 研究区域与研究方法

### 2.1 自然概况

北京(39°N 116°E)隶属暖温带半湿润气候区,西部和北部有太行山、燕山环抱,中部和南部是潮白河、永定河冲积形成的大平原,总面积 1.6万 km<sup>2</sup>,市区五环内的面积为 652.2 km<sup>2</sup><sup>[6 13]</sup>。优越的地理环境孕育了北京丰富的植物资源的同时,也使花粉致敏植物的种类非常多样。

### 2.2 研究方法

**2.2.1 北京城区植物调查** 在 2003 年 7—8 月对北京五环内公共绿地、专用绿地、居住区绿地、道路绿地、公园绿地及城市废弃地所进行的植物调查基础上<sup>[19]</sup>,根据北京市 2003 年地图进行分行政区选点,在五环内各行政区中选取包括学校校园、公园、街道、广场及公共建筑、居住区、单位场院等调查点共计 125 个。

在北京城市植物调查的预备研究中,运用“种-面积曲线累积法”,将 10 m×10 m、2 m×2 m、1 m×1 m 分别定为乔木、灌木与草本植物调查的样方标准。根据北京城市植物分布特点,确定各功能区的取样地点和取样样方数量:公园绿地共选取乔木样方 200 个、灌木样方 36 个、草本样方 728 个;校园绿地共选取乔木样方 38 个、灌木样方 97 个、草本样方 137 个;居民小区绿地共选取乔木样方 40 个、灌木样方 121 个、草本样方 141 个;体育中心及单位场院

绿地共选取乔木样方 13 个、灌木样方 27 个、草本样方 50 个;广场及公共建筑绿地共选取乔木样方 5 个、灌木样方 13 个、草本样方 29 个;城市废弃地共选取乔木样方 3 个、灌木样方 6 个、草本样方 20 个。总计乔木样方 299 个、灌木样方 625 个、草本样方 1 115 个。道路绿地中的乔木调查是选取每一道路中 200 m 长路段,记录单侧乔木的各项指标;灌木调查是选取 1 m×3 m 样方共 128 个;草本植物调查是选取 1 m×1 m 的样方共 166 个。调查中记录乔木的株数、高度、胸径、冠幅、长势,灌木的株数、高度、盖度及绿篱的配置情况,以及草本植物的高度、盖度、株数及生长状态等指标。将所有样地资料、GPS 点等数据等输入计算机,建立数据库,应用地理信息系统等软件对原始数据资料进行加工处理并成图,计算出重要值等参数。通过植物调查明确了北京城区五环以内植物的种类结构、区系来源和功能区分布,为本次花粉致敏植物的研究奠定了基础。

**2.2.2 文献调研** 参考 20 世纪 80—90 年代初在全国 10 个省市系统进行空气中致敏花粉调查的结果《中国气传致敏花粉调查》<sup>[11]</sup>并结合其他文献资料,确定北京市的花粉致敏植物。根据 2003 年的植物调查,分析五环以内花粉致敏植物的种类结构、区系来源和功能区分布特征。根据《中国气传花粉和植物彩色图谱》<sup>[23]</sup>等资料,确定了这些花粉致敏植物的物候特征。

**2.2.3 专家访谈** 为了进一步掌握致敏花粉及花粉症的新近发展趋势,采访了北京协和医院变态反应科专家。主要就花粉症的防治和花粉致敏植物的最新研究进展咨询了专家意见,确定了北京市主要花粉致敏植物、了解了花粉症的易感人群及职业特征、花粉症的发病高峰期和发病人群的地域性及发病率的变化趋势等。

### 2.2.4 数据分析

#### 1) 相对频度:

$$F_i = P_i / \sum P_i$$

式中:  $F_i$  为第  $i$  种植物的相对频度;  $P_i$  为第  $i$  种植物在样方中的频度;  $\sum P_i$  为样方内各种植物的频度之和<sup>[24]</sup>。

#### 2) 相对盖度:

$$C_i = Q_i / \sum Q_i$$

式中:  $C_i$  为第  $i$  种植物的相对盖度;  $Q_i$  为第  $i$  种植物在样方中的盖度;  $\sum Q_i$  为样方内各种植物的盖度

之和<sup>[12]</sup>.

3)重要值:

$$S_i = D_i + F_i + C_i$$

式中:  $S_i$ 为第  $i$ 种植物的重要值;  $D_i$ 为第  $i$ 种植物的相对密度;  $F_i$ 为第  $i$ 种植物的相对频度;  $C_i$ 为第  $i$ 种植物的相对盖度<sup>[19]</sup>.

### 3 结果与分析

#### 3.1 北京城区花粉致敏植物的物种构成

北京城区五环内共有花粉致敏植物 19科 32属 99种, 其中裸子植物 3科 5属 19种, 被子植物 16科 27属 80种. 花粉致敏的乔木 52种, 灌木 10种, 草本 37种. 虽然花粉致敏的乔木在种数上占优势, 但由于草本植物的花粉量和致敏性远远高于木本植物, 因而在北京城区引起花粉症的物种主要来自于菊科蒿属 (*Artemisia*), 桑科葎草属 (*Humulus*)和禾本科等草本植物 (表 1).

表 1 北京城区花粉过敏植物各科及其属种组成  
Table 1 Pollen allergenic plant families and their genus and species composition

科名 Family	属数 No. of genus	种数 No. of species	科名 Family	属数 No. of genus	种数 No. of species
禾本科 Gramineae	5	7	莎草科 Cyperaceae	1	4
桑科 Moraceae	4	7	壳斗科 Fagaceae	1	4
杨柳科 Salicaceae	2	16	榆科 Ulmaceae	1	3
菊科 Compositae	2	11	悬铃木科 Platanaceae	1	3
柏科 Cupressaceae	2	9	车前科 Plantaginaceae	1	3
松科 Pinaceae	2	9	苋科 Amaranthaceae	1	3
藜科 Chenopodiaceae	2	6	苦木科 Simarubaceae	1	2
胡桃科 Juglandaceae	2	2	大戟科 Euphorbiaceae	1	1
豆科 Leguminosae	1	4	银杏科 Ginkgoaceae	1	1
木犀科 Oleaceae	1	4	总计 Total	32	99

从物种来源分析, 在城区内的 99个花粉致敏植物种中, 北京本地种 52种, 占总数的 52.5%; 国内其他地区引进种 26种, 占总数的 26.3%; 国外引进种 21种, 占总数的 21.2% (表 2). 在北京城区的花粉致敏植物中, 引进种达到近一半的比例, 人为增加了花粉症的发病风险.

表 2 北京城区花粉致敏植物来源统计  
Table 2 Origin of pollen allergenic plants in Beijing urban area

来源 Origin	北京本地种 <sup>2)</sup>	占总种数 <sup>3)</sup> (%)	国内引进种 <sup>4)</sup>	占总种数 <sup>3)</sup> (%)	国外引进种 <sup>5)</sup>	占总种数 <sup>3)</sup> (%)	总计 <sup>6)</sup>
北京城区花粉致敏植物 <sup>1)</sup>	52	52.5	26	26.3	21	21.2	99

1) Pollen allergenic plants in Beijing urban area 2) Native species in Beijing 3) Percent in all species 4) Introduced species from other parts of China 5) Introduced species from overseas 6) Total

#### 3.2 北京城区花粉致敏植物的区系来源

北京城区内花粉致敏的 32个植物属的区系地理分布广泛, 涉及 14个地理区类型. 但仍以北温带成分为主, 占 40.6%, 其次是世界性分布与泛热带分布, 分别为 18.8%和 6.3%, 其中还有中国特有属 1个, 占 3.1% (图 1).

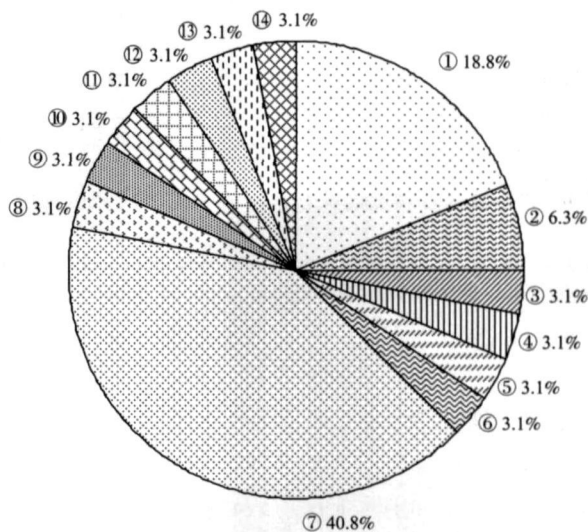


图 1 北京城区花粉致敏植物属的地理成分分布  
Fig 1 Floristic composition of pollen allergenic plants in Beijing urban area

- 1) 世界分布 Cosmopolitan 2) 泛热带分布 Pan-tropical 3) 热带亚洲、非洲和北美洲间断 Tropical Asia and tropical America disjunct 4) 热带亚洲至热带大洋洲 Tropical Asia and tropical Australasia 5) 热带非洲至热带亚洲 Tropical Africa to tropical Asia 6) 热带亚洲 (印度-马来西亚) Tropical Asia (Indo-Malesia); 7) 北温带 North temperate 8) 北温带和南温带 (全温带) 间断 North temperate and South temperate disjunct ("Pan-temperate"); 9) 东亚和北美洲间断 East Asia and North America disjunct 10) 旧世界温带分布 Old world temperate 11) 中亚 Central Asia 12) 中国喜马拉雅 Sino-Himalaya 13) 中国日本 Sino-Japan 14) 中国特有 Endemic of China

#### 3.3 北京城区花粉致敏植物的分布格局

在北京城区各功能区中, 以公园内的花粉致敏植物种数最为多样. 行道树种中花粉致敏植物的百分比占道路植物中的一半以上, 是各功能区中比例最高的. 北京城区的道路两旁, 分布较广的花粉致敏树种是白蜡 (*Fraxinus chinensis*), 臭椿 (*Ailanthus altissima*), 毛白杨 (*Populus tomentosa*)以及绦柳 (*Salix matsudana* var. *pendula*) (表 3).

根据对各功能区花粉致敏植物相对频度和相对盖度的分析 (表 4), 花粉致敏乔木的频度以城市废弃地最高, 达 0.83 就花粉致敏的灌木而言, 公园内致敏灌木的盖度最高, 这是因为相对于其他功能区, 公园内有完整的乔灌木结构所致; 花粉致敏的草本总盖度是城市废弃地和单位场院等的最高. 北京市的花粉症主要由强致敏性草本植物的花粉引起, 而

表 3 北京城区各功能类型区花粉过敏植物分布统计

Tab 3 Pollen allergenic plant distribution in different functional areas of Beijing

城市功能区 Urban functional area	科 Family	属 Genus	种 Species	乔木 Arbor	灌木 Shrub	草本 Herb	合计 Total	占各功能区总植物 数的比例 <sup>2)</sup> (%)
公园 Park	18	30	92	51	6	35	92	18.7
学校校园 School Yard	13	21	53	31	1	21	53	19.1
居民小区 Residential area	14	24	51	26	2	23	51	18.7
广场及公共建筑 <sup>1)</sup>	10	16	30	19	0	11	30	15.6
体育中心 Gym center	11	18	35	17	1	17	35	23.0
城市废弃地 Waste lands	9	14	23	11	0	12	23	22.8
单位场院 Institution Yard	8	14	24	15	1	8	24	27.6
道路 Road	14	23	51	31	1	19	51	54.3

1) Square and Public buildings 2) Percent in all plants species of different functional areas

表 4 北京城区各功能区花粉致敏植物的相对频度和相对盖度

Tab 4 Relative frequency and coverage of pollen allergenic plants in different functional areas of Beijing

	公园 Parks	学校 Schools	居民区 Residential areas	广场及 公共建 筑 <sup>4)</sup>	体育中 心及单 位场院 <sup>5)</sup>	城市废 弃地 Waste lands	道路 Roads
花粉致敏 乔木频度 <sup>1)</sup>	0.67	0.62	0.56	0.82	0.61	0.83	0.72
花粉致敏 灌木盖度 <sup>2)</sup>	0.09	0	0.02	0	0.05	0	0.06
花粉致敏 草本盖度 <sup>3)</sup>	0.22	0.12	0.13	0.09	0.34	0.34	0.27

1) Frequency of allergenic arbors 2) Coverage of allergenic shrubs 3) Coverage of allergic herbs 4) Square and Public buildings 5) Gym centers and institution yards

城市废弃地因人为干扰较少, 杂草丛生, 成为强致敏花粉的重要来源。

1) 公园花粉致敏植物 北京城区五环内的公园共发现花粉致敏植物 18科 30属 92种, 其中乔木植物 51种, 灌木植物 6种, 草本植物 35种。重要值在 0.1 以上的花粉致敏植物有圆柏 (*Sabina chinensis*)、毛白杨、垂柳 (*Salix babylonica*)、侧柏 (*Platycladus orientalis*)、油松 (*Pinus tabulaeformis*)、国槐 (*Sophora japonica*)、旱柳 (*Salix matsudana*)、白皮松 (*Pinus bungeana*)、铺地柏 (*Sabina procumbens*)、狗尾草 (*Setaria viridis*) 和藜 (*Setaria viridis*)。

2) 学校校园花粉致敏植物 北京城区五环以内的校园里共有花粉致敏植物 13科 21属 53种, 其中乔木植物 31种, 灌木植物 1种, 草本植物 21种。重要值在 0.1 以上的有毛白杨、圆柏、油松、国槐、银杏 (*Ginkgo biloba*) 和狗尾草。

3) 居民区花粉致敏植物 北京城区五环以内的居民区中共有花粉致敏植物 14科 24属 51种, 其中乔木植物 26种, 灌木植物 2种, 草本植物 23种。重要值在 0.1 以上的有毛白杨、旱柳、加杨 (*Populus canadensis*)、油松、银杏、国槐、马唐 (*Digitaria sanguinalis*) 和狗尾草。

4) 道路花粉致敏植物 北京城区的道路两侧共有花粉致敏植物 14科 23属 51种, 其中乔木植物 31种, 灌木植物 1种, 草本植物 19种。乔木层中占优势的花粉致敏植物是国槐、毛白杨、白蜡、银杏、圆柏、油松、臭椿及绿柳; 两旁的绿篱植物中占优势的花粉致敏植物是铺地柏; 路边草地主要的花粉致敏植物是马唐和狗尾草。

5) 体育中心和单位内的花粉致敏植物 北京城区的体育中心内共有花粉致敏植物 11科 18属 35种, 其中乔木植物 17种, 灌木植物 1种, 草本植物 17种。在五环内的单位里共发现花粉致敏植物 8科 14属 24种, 其中乔木植物 15种, 灌木植物 1种, 草本植物 8种。在五环内的体育中心和单位的花粉致敏植物主要有国槐、旱柳、油松、马唐和狗尾草。

6) 广场及公共建筑内的花粉致敏植物 在城区的广场及公共建筑内花粉致敏植物共有 10科 16属 30种, 其中乔木植物 19种, 灌木植物 0种, 草本植物 11种, 如银杏、毛白杨、国槐、臭椿、油松、榆树 (*Ulmus pumila*)、白皮松、圆柏、龙爪槐 (*Sophora japonica f. pendula*)、加杨、旱柳、桑 (*Morus alba*)、构树 (*Broussonetia papyrifera*)、龙柏 (*Sabina chinensis cv. Kaizuca*) 和刺柏 (*Juniperus formosana*) 等。

7) 城市废弃地 在本次研究中涉及的城市废弃地中共发现花粉致敏植物 9科 14属 23种, 其中乔木植物 11种, 草本植物 12种。花粉致敏植物主要有白蜡、油松、狗尾草和藜。

### 3.4 北京城区花粉致敏植物的物候特征

北京城区花粉致敏植物的盛花时期分为两个峰期。第 1 个峰期在春季, 以致敏性弱的乔木植物开花为主, 包括松科、柏科及桑科等。第 2 个峰期在秋季, 以 7—9 月为最高峰, 此时以致敏性强的草本植物开花较多, 包括蒿属、葎草属、豚草属、藜科及苋科等<sup>[15 32-33]</sup> (图 2 和图 3)。

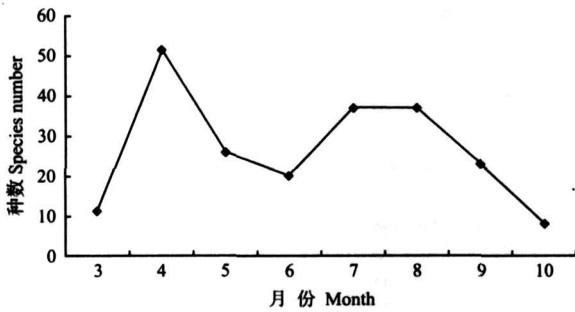


图 2 北京城区花粉致敏植物每月的开花种数

Fig. 2 Amount of monthly flowering pollen allergenic plant species in Beijing urban area

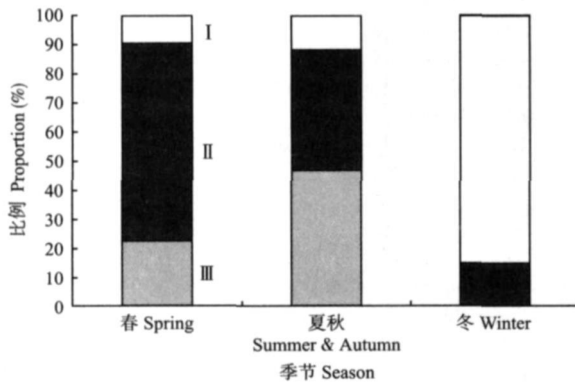


图 3 北京城区气传花粉致敏性的季节性变化

Fig. 3 Seasonal change of airborne pollen allergy in Beijing urban area

I: 强性致敏原 Plants with strong pollen allergy II: 中性致敏原 Plants with median pollen allergy III: 弱性致敏原 Plants with weak pollen allergy 春季指 3—5 月, 夏季指 6—8 月, 秋季指 9—11 月; 致敏性的强弱是根据致敏原引起的患者数目多少而定义<sup>[32]</sup> In this paper spring was from March to May, summer was from June to August, autumn was from September to November, winter was from December to next February. Intensity of allergy was determined by amount of patients caused by allergens<sup>[32]</sup>.

由于北京城区花粉致敏植物的花期主要集中在春季和秋季, 致使空气中花粉数量的变化也有两个高峰。第 1 个峰值在 3 月下旬到 4 月下旬, 此时的气传花粉以致敏性较弱的树木花粉为主; 第 2 个花粉高峰期在 8 月下旬—9 月下旬, 此时以强致敏性的草本植物花粉居多<sup>[28]</sup>。伴随气传花粉数量的季节性变化, 花粉症的发病也具有了鲜明的季节性特征。由于秋季的气传花粉数量大且致敏性强, 所以北京花粉症的高发季节主要集中在秋季, 以 8—9 月为最高, 其中有 95% 的病人在此期间出现花粉症症状<sup>[32]</sup>。

#### 4 控制花粉致敏植物危害的对策

鉴于花粉致敏植物与花粉症的密切关系, 为了降低花粉症的发病率, 应利用生态学原理采取相关

措施, 从根本上控制致敏花粉的来源, 减少威胁城市居民健康的隐患。具体措施包括:

1) 加强对致敏花粉植物的研究 花粉症在我国已经开展了大量的研究, 但对致敏花粉植物的种类、来源、物候特征、以及控制途径都还缺乏系统的研究<sup>[11, 29]</sup>。今后要加强医务工作者和生态学家的协作, 加强致敏花粉植物的生态学研究, 直接从源头上控制致敏花粉植物在城市的栽植。

2) 控制致敏花粉植物在城市绿地建设中的利用 在绿化物种的选择与配置时, 要考虑到植物花粉致敏性对人体健康的影响, 尽量选择那些既美观又无致敏性的植物。对于致敏性较弱而在其他方面具有较佳性能的植物, 可通过一定的配置措施减小对人体的危害。如在配置位置上, 将其栽植于人群活动中心主风向的下风口; 在配置布局上, 栽植地与人群活动中心保持或间隔一定距离, 或选用无致敏性的乡土树种设置隔离带等, 均可有效控制空气中的致敏花粉数量<sup>[30]</sup>。

3) 加大对引进花粉致敏性植物的管理力度 由于北京城区的花粉致敏植物中, 引进种达到近一半的比例, 人为增加了花粉症的发病风险。为此, 检疫等相关部门应将花粉致敏植物列入检疫名单, 控制强致敏性植物进入我国并扩散蔓延。

4) 加强对绿化植物的管理 根据花粉致敏植物的物候特征合理修剪, 或通过改变栽培密度和水肥条件等方法, 可减少现有花粉致敏植物的开花数量。例如, 将行道树的修剪时间安排在开花季节前, 或通过化学的方法抑制开花, 则可大大降低空中的致敏花粉浓度<sup>[29]</sup>。

致谢 感谢顾瑞金教授在花粉致敏植物种类构成方面的指导。

#### 参考文献

- [1] Beggs J. 2004. Impact of climate change on aeroallergens: Past and future. *Clinical Experimental Allergy* 34: 1507–1513.
- [2] Dai L-P (戴丽萍), Lu C (陆晨). 2000. Spring pollens and observation techniques. *Meteorological Monthly* (气象) 26(12): 49–52 (in Chinese).
- [3] D'Amato G. 2000. Urban air pollution and plant-derived respiratory allergy. *Clinical Experimental Allergy* 30: 628–636.
- [4] D'Amato G, Liccardi G. 2002. The increasing trend of seasonal respiratory allergy in urban areas. *Allergy* 57 (suppl): 35–36.
- [5] Frei T. 1998. The effects of climate change in Switzerland and 1969–1996 on airborne pollen quantities from hazel, birch, and grass. *Grass* 37: 172–179.

- [6] Gan J (甘敬), Hu Y (胡涌). 2002 Theories and Practices for green Olympic Games and ecological environment construction in Beijing. *Journal of Beijing Forestry University* (北京林业大学学报), **24**(5): 61-66 (in Chinese)
- [7] Goulekas D, Papaostas D, Damialis A et al. 2004 Allergic pollen records (15 years) and sensitization in patients with respiratory allergy in Thessaloniki, Greece. *Allergy* **59**: 174-184
- [8] He X-Y (何兴元), Jin Y-S (金莹杉), Zhu W-Q (朱文泉) et al. 2002 Basic theory and research method of urban forest ecology. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **13**(12): 1679-1683 (in Chinese)
- [9] Herten C, Haahtela T. 2004 Asthma and atopy—The price of affluence. *Allergy* **59**: 124-137
- [10] Hu Z-B (胡志斌), He X-Y (何兴元), Chen W (陈玮) et al. 2003 Structure and ecological benefits of urban forest in Shenyang built-up area. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **14**(12): 2108-2112 (in Chinese)
- [11] Investigational Team on Airborne and Allergenic Pollen Grains in China (中国气传致敏花粉调查领导小组). 1991. An Investigation on Airborne and Allergenic Pollen Grains in China. Beijing: China People Press (in Chinese)
- [12] Jiang Y (江源), Huang Q-R (黄秋如), Han J-S (韩京莎) et al. 2005 Relationship between species distribution and habitat effective temperature in subalpine meadow of Mt. Xiaowutai. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **16**(7): 1213-1217 (in Chinese)
- [13] Jin L (金磊). 2000 Study on final tactic issue of decreasing disaster in Beijing in the prophase and meta phase of the twenty-first century and advice to development of urgent sector industry in Beijing. *Century Science Research and Development* (世纪科技研究与发展), **22**(6): 77-80 (in Chinese)
- [14] Last J, Guidotti L. 1990/91. Implications for human health of global ecological changes. *Public Health* **18**: 49-67
- [15] Li J-S (李劲松), Sun R-Q (孙润桥), Sun Z-H (孙振海) et al. 2000 A study on temporal and spatial distribution pattern of airborne pollens in Beijing. *China Public Health* (中国公共卫生), **16**(12): 1089-1091 (in Chinese)
- [16] Liu C-F (刘常富), He X-Y (何兴元), Chen W (陈玮) et al. 2003 Selection of tree species composition in Shenyang's urban forest communities. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **14**(12): 2103-2107 (in Chinese)
- [17] Majid A, Chehregani A, Moin M et al. 2004 The effects of air pollution on structures, proteins and allergenicity of pollen grains. *Aerobiologia* **20**: 111-118
- [18] Meng G (孟光). 2005 Survey on airborne pollens in Haikou City. *Chinese Journal of Orthopedic and Integrative Traditional and Western Medicine* (中国中西医结合耳鼻咽喉科杂志), **13**(4): 233-235 (in Chinese)
- [19] Meng X-S (孟雪松), Ouyang Z-Y (欧阳志云), Cui G-F (崔国发) et al. 2004 Composition of plant species and their distribution patterns in Beijing urban ecosystem. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **24**(10): 2200-2206 (in Chinese)
- [20] Nicolaou N, Siddhuc N, Custovic A. 2005 Allergic disease in urban and rural populations: Increasing prevalence with increasing urbanization. *Allergy* **60**: 1357-1360
- [21] Nilsson L, Castor O, Magnusson A et al. 1999 Allergic disease in teenagers in relation to urban or rural residence at various stages of childhood. *Allergy* **54**: 716-721
- [22] Pamja S, Brown JL, Frew AJ. 2002 The role of pollutants in allergic sensitization and the development of asthma. *Allergy* **57**: 1111-1117
- [23] Qiao B-S (乔秉善), Wang L-L (王良录), Yin J (尹佳) et al. 2005 Color Atlas of Airborne Pollens and Plants in China. Beijing: Peking Union Medical College Press: 2-286 (in Chinese)
- [24] Shao B (邵斌), Deng K-M (邓坤枚). 2000 The composition and important value of plant species in subalpine fir forest on the northern slope of Changbai Mountain. *Journal of Natural Resources* (自然资源学报), **15**(1): 66-73 (in Chinese)
- [25] Shen W-Z (申雯竹), Liu X-M (刘晓明), Chen G-L (陈桂兰). 2005 The study of airborne pollens in central region of Wuhan City. *Journal of Hubei College of Traditional Chinese Medicine* (湖北中医学院学报), **7**(3): 54-55 (in Chinese)
- [26] Teranishi H, Kenda Y, Kato T et al. 2000 Possible role of climate change in the pollen scatter of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) in Japan. *Climate Research* **14**: 65-70
- [27] Urr B. 1999 Grass pollen: Trends and Prediction. *Clinical Experimental Allergy* **29**: 735-738
- [28] Viinanan A, Munnibayarkh, Zergee T. 2005 Prevalence of asthma, allergic rhinoconjunctivitis and allergic sensitization in Mongolia. *Allergy* **60**: 1370-1377
- [29] Wang C (王成). 2003 Plant caused pollution in urban forest development. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), **22**(3): 32-37 (in Chinese)
- [30] Wang Y-H (汪永华). 2005 Pollinosis and ornamental plant plan in urban virescence. *Journal of Chinese Urban Forestry* (中国城市林业), **3**(3): 53-55 (in Chinese)
- [31] Xie SX (谢水祥), Li L-D (李良冬), Liu J-X (刘建新). 2003 An investigation on the atmosphere propagating sensitizing pollen in Nanchang. *Journal of Gannan Medical College* (赣南医学院学报), **23**(1): 9-12 (in Chinese)
- [32] Ye S-T (叶世泰), Zhang J-T (张金谈), Qiao B-S (乔秉善) et al. 1998 Airborne and Allergenic Pollen Grains in China. Beijing: Science Press: 1-5 (in Chinese)
- [33] Zhang S-L (张姝丽), Zhang D-S (张德山), He H-J (何海娟). 2003 Analysis of weather conditions of pollen amount in Beijing urban area. *Metereological Science and Technology* (气象科技), **31**(6): 406-408 (in Chinese)

作者简介 欧阳志云,男,1962年生,博士,研究员,主要从事生态评价、生态规划、自然保护与城市生态学研究,发表论文150余篇。E-mail: zyouyang@ricee.ac.cn

责任编辑 肖红