

张德山,海玉龙,冯涛,等. 北京地区 1~4 天花粉浓度预报的应用研究[J]. 气象,2010,36(5):128-132.

北京地区 1~4 天花粉浓度预报的应用研究^{* 1}

张德山¹ 海玉龙¹ 冯 涛¹ 吴振玲³
何海娟² 张姝丽¹ 储 伟¹ 宛公展³

1 北京市气象局,北京 100089

2 北京协和医院变态反应科,北京 100730

3 天津市气象局,天津 300074

提 要: 漂浮在大气低层的植物花粉颗粒,可引发花粉过敏人群的免疫变态反应,也是一种常见病多发病,随着城市绿化系数的增大,近年来有加刷的趋势。使用北京市城区及周边郊县共计 7 个站点,1999—2005 年度(3 月 1 日至 9 月 30 日)逐日大气底层花粉实测浓度和同步地面气象资料,应用正交筛选回归方法,建立了不同站点 1~4 天花粉浓度的预报模式(均通过了 $F_{\alpha}=0.01$ 的 F 统计检验),经业务试验,效果较好,可为首都医院的变态反应门诊及花粉过敏患者提供花粉预测和预防服务。

关键词: 花粉浓度, 预报模式, 花粉过敏症

Applied Research on the 1—4 Day Pollen Concentration Forecast in Beijing Area

ZHANG Deshan¹ HAI Yulong¹ FENG Tao¹ WU Zhenling³
HE Haijun² ZHANG Shuli¹ CHU Wei¹ WAN Gongzhan³

1 Beijing Meteorological Bureau, Beijing 100089

2 Peking Union Medical College Hospital, Beijing 100730

3 Tianjin Meteorological Bureau, Tianjin 300074

Abstract: Immune allergy reaction of the sensitive population, which is a common and frequently occurring illness, is induced by the pollen granules floating in the lower atmosphere. The increment of urban afforestation ratio aggravates the disease dramatically during recent years. The prediction model of the pollen concentration for the future 1—4 days of different stations (it is above the 0.01 significance level of F -test) is established by using the 1999—2005 (1 March to 30 September) daily data of monitoring pollen concentration in the lower atmosphere and the simultaneous surface meteorological data at 7 stations in Beijing and surrounding regions through the orthogonal selection regression method. The model was tested well and it can be used to the environmental meteorological service platform on trial, and provide prediction and prevention services (such as medication in advance) to the sanitary and epidemic institutions in the capital hospital and the patients as well.

Key words: pollen concentration, prediction model, pollen allergy

引 言

随风漂浮散布在大气低层、组成大气气溶胶成

分之一的植物花粉颗粒,是我们周边环境重要的生态信息之一,已越来越引起人们的广泛关注^[1-2]。据研究,农作物产量也与大气中的花粉属性有一定联系^[3-4]。随着城乡环境绿化系数的不断增加,作为可

* 中国气象局气象新技术推广《花粉监测预报与服务项目成果推广》,项目编号:CMATG2008M29
2009 年 6 月 22 日收稿; 2009 年 11 月 17 日收修定稿
第一作者:张德山,研究方向:气象服务与应用气象. Email:shandezhang@vip.sina.com

吸入颗粒悬浮物之一的花粉影响人体健康的报道也屡见不鲜^[5]。因为,过高的花粉浓度或不同季节某些特定植物种类的花粉均可引起人体呼吸道不同程度的过敏反应,这是过敏人群接触花粉源后的一种变态反应,也是一种常见病多发病,近年来有逐渐加剧的趋势^[6-8]。因此,研究花粉颗粒浓度的时空变化规律,揭示风媒花粉扩散与地面气象要素的可能联系,开展人居环境花粉浓度的气象预测预报^[9-11],提示有关人群提高防范意识,显得日益重要,也是目前开展环境气象服务的重要项目之一^[12-13]。

2 资料搜集与因子相关分析

2.1 资料来源与资料缺测处理

花粉浓度逐日实测资料取自北京地区 7 个观测站点(海淀、朝阳、丰台、石景山、昌平、顺义、协和医院)。已搜集到 7 个年度(1999—2005 年)当年暖季从 3 月 1 日至 9 月 30 日,逐日实测的样本。对其中个别资料缺测的处理原则是:(1)协和医院的花粉资料较为完整,以其作为订正基础源。(2)协和医院本身 1999 年 3 月 1 日—3 月 15 日缺测部分,用该站点 2000—2005 年平均值差补。(3)其余 6 个台站 3 月上旬记录缺测,使用协和医院同步资料,按抛物模式进行非线性序列订正,可避免订正后的向量退化。(4)去掉特殊的花粉值,对数据的奇异偏离点,用 6 σ 原则进行修正。原始地面气象因子由北京市观象台提供,包括:逐日地面源基本气象要素 8 个(平均气温 T_{mean} ($^{\circ}\text{C}$),极端最高气温 T_{max} ($^{\circ}\text{C}$),极端最低气温 T_{min} ($^{\circ}\text{C}$),水汽压 V_p (hPa),最小相对湿度 H_{min} (%),日降水量 Pre (mm),平均风速 $Wind$ ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$),海平面气压 p (hPa))。建模气象资料无缺测,实时预报因子通过气象局内部信息网络获取。

2.2 花粉计量单位和监测站分布

北京地区的协和医院、气象和园林等部门,多年采用重力沉降法监测花粉,其计量单位:粒 $\cdot 1000\text{mm}^2\cdot\text{D}^{-1}$,换算为国际计量单位: $10^3\text{粒}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{D}^{-1}$ 。

北京地区花粉监测站多分布在城近郊区,昌平和顺义区花粉监测站属北京远郊区,见图 1。

2.3 花粉浓度的统计学特征

花粉一年四季都有发生,但以各年春夏秋季节



图 1 北京市重力沉降花粉监测站网
Fig. 1 The monitoring station network of the gravity sedimentation pollen in Beijing

(3 月初—9 月底)为甚,春季多为木本花粉,秋季以草本花粉为主。现以 7 个站点的北京城区为例(下同),详见图 2。横坐标为 3 月 1 日—9 月 30 日共 214 天,纵坐标为逐日花粉浓度($10^3\text{粒}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{D}^{-1}$,下同)。图中的光滑曲线,为逐日花粉浓度的谐波光滑外廓线。从花粉浓度年内变化来看,春季 3—4 月、秋季 8—9 月各有一个高峰,6—7 月相对较低。花粉浓度的统计参数值,详见表 1。从表 1 所列数据不难看出,北京市城区花粉浓度,平均数为 152,中位数为 70(中位数的定义:北京地区花粉监

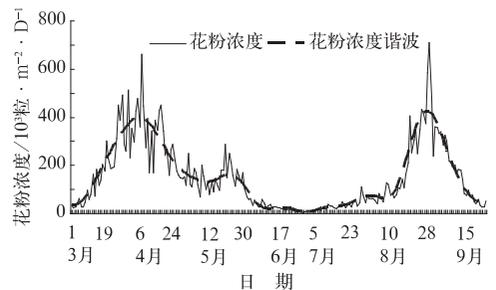


图 2 1999—2005 年逐日花粉平均浓度季节变化图
Fig. 2 The seasonal variation of the daily average pollen concentration from 1999 to 2005

表 1 北京市城区花粉浓度的统计特征值
(1999—2005 年) 单位: $10^3\text{粒}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{D}^{-1}$

Table 1 The statistical characteristic values of pollen concentration in Beijing urban area (from 1999 to 2005)

各类统计参数	花粉数量	出现日期
最大值	2434	(2005-09-01)
次大值	2218	(2003-04-07)
第三名	1926	(2005-04-06)
最小值	0 (出现 39 个)	(2002-06—2005-09)
中位数	70	
平均值	152	
均方差	222	

测站,逐日花粉数量的中间值),由于中位数与平均值存在较大差异,概率分布显然为非正态类型。经统计学鉴定,其概率分布接近于 γ 分布。这是一种描述随机变量下限非负的,低端数据出现频率明显高于高端数据的左偏型概率分布类型。

2.4 花粉浓度与预报因子的相关分析

所谓候选预报因子,是指根据 8 个气象要素,按一定计算方法加工而成,详见表 2。预报因子的取值区间,本试验规定为滚动预报发布日的前 7 天。其中,预报因子 1、2、3、5 取过去 7 天中最后一日的终点值(但积温类因子 1、2,规定从每年 3 月 1 日开始累积计算)。因子 4 取 1~7 天的等权平均。因子 7、8、9、10、11 取 1~7 天的半衰加权平均。因子 5 气温变化倾向值的计算方法是:因子源值先用直线方程拟合,将解得的斜率值再乘以单相关的绝对值即可,因子 11 花粉气象扩散指数 T_d ,按照经验,花粉颗粒扩散,应与气压、风速、饱和差及降水量相关,自定义设计为式(1),即

$$I_d = \frac{p}{1000} \cdot V \frac{100 - H}{R + 10} \quad (1)$$

式(1)中的 p 为日平均海平面气压, V 为日平均风速, H 为日平均相对湿度, R 为日降水量。

为了找出花粉浓度与预报因子之间的相关关系,采用经典方差贡献分析技术^[14],现将部分计算结果也列于表 2。预报因子 X_i 的方差贡献值 PV_i ,即因子的偏回归平方和,是因子重要性的度量方法之一,常用式(2)计算。

$$PV_i = \frac{B_i^2 L_{yy}}{C_{ii}} \quad (2)$$

式(2)中 B_i^2 为因子 X_i 的偏回归平方和, L_{yy} 为花粉浓度的原方差, C_{ii} 为因子协方差逆矩阵的对角线元素。为便于不同因子间相互比较,表 2 已将其处理为百分比。

从表 2 数据不难看出:花粉浓度与气象因子关系密切,方差贡献较大的因子排序为气温变化倾向、水汽压和气温日较差,这与北京地区花粉数量的年际变化曲线呈明显的双峰型有关^[15]。春季,花粉第一个高峰期,气温日较差最大,气温平均升温幅度最大值出现在春分节气^[16],为 $0.381 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{D}^{-1}$;立秋开始,进入北京花粉的第二个高峰期,气温日较差开始增大,气温平均降温幅度亦增大,空气中水汽减少,百草初始结籽,大量的花粉逐渐脱落随秋风飘散空

中。这正反映了方差贡献较大的气象因子与花粉的物候的密切关系。

从总体复相关可达 0.3775(通过 $\alpha=0.01$ 检验的相关下限阈值 $R_\alpha=0.081$)。统计量 F 值,可达 12.97,远超过 F 检验所需的下限阈值($\alpha=0.01$, $F_\alpha=2.18$)。为此,使用北京市观象台地面气象要素,预测空气中未来的花粉浓度时间变化是完全可行的。

表 2 花粉浓度与候选预报因子的相关分析表
Table 2 The correlation analysis between pollen concentration and the selected prediction factors

预报因子 X_i	方差贡献值 $PV_i/\%$
1. $5 \text{ } ^\circ\text{C}$ 积温	0.1
2. $10 \text{ } ^\circ\text{C}$ 积温	0.2
3. 气温日较差	12.3
4. 日平均气温	8.0
5. 气温变化倾向	44.1
6. 水汽压	15.0
7. 最小相对湿度	7.3
8. 降水量	0.4
9. 平均风速	5.4
10. 大气压力	2.2
11. 花粉气象扩散指数	5.0

3 建立空气中花粉浓度 1~4 天的预报模式

3.1 花粉预报模式的关系式

应用正交筛选多元回归方法设计预报模式:

$$Y_{ik} = b_{0ik} + \sum b_{ijk} X_{ijk} \quad (3)$$

式(3)中的 Y_i 为花粉预报量, b_{0i} 为常数, b_{ij} 为系数, X_{ij} 预报因子, i 是预报对象($i=1,2,\dots,8$), j 是预报因子个数($j=1,2,\dots,8$), k 是预报时效($k=1,2,3,4$)。

正交筛选方法,与逐步回归类似,可以从候选因子中挑选方差贡献大的因子,优先进入方程。该方法不必指定筛选因子门槛的阈值 F_α ,可以事先规定进入方程的因子数目,比逐步回归方法灵活实用,详见文献^[17]。以北京城区未来 24 小时花粉预报模式为例,如从 11 个因子优选 8 个因子进入预报方程,可以得到式(4)。

$$Y = -767.9264 + 0.0245X_1 + 6.2333X_3 + 49.4627X_5 - 4.7102X_6 + 2.2275X_7 - 1.5722X_8 - 57.9365X_9 + 7.6375X_{11} \quad (4)$$

公式(4)中的建模样本数目为 1428,复相关系数为 0.3601,通过 $\alpha=0.01$ 的统计检验。

3.2 花粉预报模式的产品输出样例

为了方便预报值班员编辑公众媒体的稿件,每日北京时 07 时,花粉预报系统的操作平台生成 2 种格式的产品,(1)北京地区 7 个花粉监测站和北京城区的花粉预报产品的文本文件,见表 3。(2)北京地区 7 个花粉监测站和北京城区的花粉预报产品的图像文件(图略)。

表 3 北京地区 2009 年 3 月 30 日不同站点的花粉预报结果 (单位: 10^3 粒 \cdot $m^{-2} \cdot D^{-1}$)

Table 3 The result of pollen concentration prediction at different stations in Beijing on March 30, 2009 (unit: 10^3 grain \cdot $m^{-2} \cdot D^{-1}$)

花粉预测 站点	24 小时 (第 1 天)	48 小时 (第 2 天)	72 小时 (第 3 天)	96 小时 (第 4 天)
北京城区	337	353	376	388
海淀区	192	204	216	223
北京城区	402	442	469	503
丰台区	169	170	157	160
石景山区	319	350	365	368
昌平区	283	305	320	326
顺义区	179	185	197	203
北京城区	212	223	234	241

4 建模效果的检验

北京花粉浓度预报项目于 2008 年 7 月完成,从 2008 年 8 月 1 日开始业务试运行。为了检验成果的业务应用效果,选择石景山花粉监测站作为成果检验对象(本应该选择北京协和医院作为成果检验对象,因为 2008 年北京协和医院没有对外提供花粉浓度监测数据)。

4.1 花粉浓度预报等级预报效果

根据天津气象局花粉浓度等级划分标准^[18]:

- (1) 当花粉浓度值 $\leq 50(10^3$ 粒 \cdot $m^{-2} \cdot D^{-1}$, 单位后略) 为 1,
- (2) 当花粉浓度值在 101~150 之间为 2,
- (3) 当花粉浓度值在 101~150 之间为 3,(4) 当花粉浓度值 151~300 之间为 4,(5) 当花粉浓度值 > 300 为 5。按 5 个等级将石景山花粉监测站逐日花粉 48 小时预报结果对应同期实际花粉监测数值统计准确率,见表 4。

从表 4 中的数值分析得出,对角线数值为完全正确比率为 $39/59=66.1\%$,统计误差 1 级的准确率为 $18/59=30.5\%$,如果统计 ≤ 1 级的准确率 $57/59=96.6\%$;从花粉浓度等级的预报结果,用于为花粉过敏患者服务,是比较理想的。

表 4 花粉浓度预报准确率统计表

Table 4 The statistical accuracy of pollen concentration prediction

花粉 预报	石景山区花粉监测实况				
	1	2	3	4	5
1	5	4	1		
2	3	8	2		
3			1	4	
4	1		1	4	2
5				2	21
合计	9	12	5	10	23

4.2 花粉浓度预报效果检验

把石景山花粉监测站逐日花粉 48 小时预报结果对应同期实际花粉监测数值进行预报回归检验分析(图 3),石景山地区逐日花粉预报曲线与同期花粉监测曲线的趋势比较相近,因为逐日花粉监测数值本身具有不连续性,当花粉浓度监测数值超过 300×10^3 粒 \cdot $m^{-2} \cdot D^{-1}$,花粉浓度对花粉过敏患者的影响程度大体相似^[19],所以,在花粉预报业务应用的服务中,这种花粉预报趋势是可以满足花粉患者需求的。为此,对 59 个预报样本与实况的非线性回归检验结果表明($F=176.93, F_{\alpha=0.005}=8.49$), $F > F_{\alpha=0.005}$,通过统计检验,反映了花粉预报模式的稳定性和可应用性。

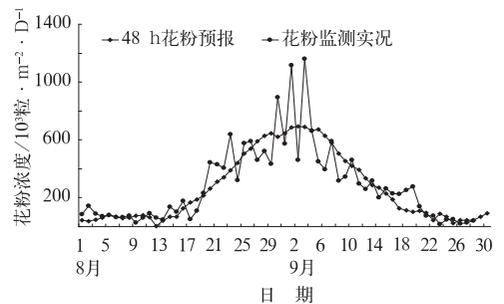


图 3 石景山区的花粉浓度预报与花粉监测实况曲线趋势图

Fig. 3 The curvilinear trend of prediction and monitoring of pollen concentration in Shijingshan District

5 结 语

通过收集整理北京地区 7 个花粉监测站的 7 年逐日花粉监测数据,在候选与花粉监测数据同期的北京市观象台 8 个气象要素的预报因子的基础上,派生出 3 个统计经验预报因子(气温变化倾向、日较

差和花粉气象扩散指数);应用正交筛选多元回归方法建立了“北京地区未来 1~4 天花粉浓度预报的应用研究”模式。经专业气象服务平台业务化抽样检验,重力沉降花粉浓度的预报准确率达 $57/59 = 96.6\%$, (按划分分级标准, ≤ 1 个等级);这一成果,既体现了北京地区花粉预报对象的大样本和空间预报场的未来 4 天预报时效的技术能力,又达到了操作简便和应用效果比较理想的目的。在积累更多的花粉监测资料样本时,可根据实际需求,按不同预报时效,还可对原有模型参数进一步优化。目前,未来 1~4 天花粉浓度曲线预报软件,经过北京专业气象台的业务试验应用,感觉操作逻辑流畅,产品丰富图文并茂,预测效果较为理想;为首都花粉过敏症患者提供了比较理想的气象服务增加了科学依据。

参考文献

- [1] 李倩,靳颖,华振玲,等. 空气致敏花粉污染研究进展[J]. 生态学报, 2005, 25(2): 334-338.
- [2] 靳颖,吕琳,苏立娟,等. 空气致敏花粉污染研究的最新进展[J]. 生物技术通报, 2005(4): 27-30.
- [3] 黄赐璇,梁玉莲,陈志清,等. 花粉通量与气象要素的关系及其在预报小麦、玉米产量上的前景[J]. 植物学报, 1997, 39(8): 759-763.
- [4] 许青海,孟令尧,阳小兰,等. 应用花粉分析预报板栗产量的研究[J]. 植物生态学报, 1999, 23(4): 370-378.
- [5] 毕家顺. 昆明市花粉过敏症预报试验[J]. 南京气象学院学报, 2004, 27(6): 856-861.
- [6] Banik S, Chanda S. Airborne pollen survey of Central Calcutta, India in relation to college relation to allergy[J]. Grana, 1992, 31: 72-75.
- [7] D'Amato G, Speksma F T, Liccardi G. Pollen related allergy in Europe[J]. Allergy, 1998, 53: 567-578.
- [8] Sin B A, Inceoglu, Mungan D, Celik G, et al. Is it important to perform pollen skin prick tests in the season[J]. Ann Allergy Asthma Im, 2001, 86: 382-386.
- [9] 张姝丽,张德山,何海娟,等. 北京城区 8 月日花粉总量和致敏花粉数量短期预报[J]. 气象科技, 2006, 34(6): 724-727.
- [10] 刘光辉,黄逸兆,李洪,等. 武汉城区花粉症患者主要致敏花粉的研究[J]. 临床耳鼻咽喉科杂志, 1998, 12(5): 226-227.
- [11] 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, 21(4): 31-33.
- [12] 丁一汇,李巧萍,柳艳菊,等. 空气污染与气候变化[J]. 气象, 2009, 35(3): 3-13.
- [13] 张德山,孙培原,赵娜,等. 北京市感染性腹泻病的医疗气象预报与应用研究[J]. 气象, 2008, 34(10): 90-95.
- [14] 施能. 气象科研与预报中的多元分析方法[M]. 北京: 气象出版社, 2002: 222.
- [15] 张姝丽,张德山,何海娟. 北京城市花粉数量天气条件分析法研究[J]. 气象科技, 2003, 31(6): 406-408.
- [16] 张德山. 北京市专业气象服务研究[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2008: 244-248.
- [17] 宛公展,王宝成,弥明详. PC-1500 袖珍机 BASIC 语言应用程序集[M]. 北京: 气象出版社, 1988: 86-89.
- [18] 白玉荣,段丽瑶,吴振铃,等. 花粉浓度等级划分探讨[J]. 气象, 2007, 33(9): 112-117.
- [19] 白玉荣,刘艳,庞立. 天津市花粉过敏性疾病分析[J]. 中国临床免疫和变态反应杂志, 2007, 1(2): 193-196.