

## 알레르기 꽃가루 위험도 예보모델의 개발과 검증

김규랑<sup>1\*</sup> · 박기준<sup>2</sup> · 이혜림<sup>1</sup> · 김미진<sup>1</sup> · 최영진<sup>1</sup> · 오재원<sup>3</sup>

<sup>1</sup>국립기상연구소 응용기상연구과, <sup>2</sup>국립기상연구소 정책연구과, <sup>3</sup>한양대학교 의과대학  
(2012년 11월 29일 접수; 2012년 12월 7일 수정; 2012년 12월 7일 수락)

## Development and Evaluation of the Forecast Models for Daily Pollen Allergy

Kyu Rang Kim<sup>1\*</sup>, Ki-Jun Park<sup>2</sup>, Hye-Rim Lee<sup>1</sup>, Mijin Kim<sup>1</sup>,  
Young-Jean Choi<sup>1</sup> and Jae-Won Oh<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Applied Meteorology Research Laboratory, National Institute of Meteorological Research, Seoul, Korea

<sup>2</sup>Policy Research Laboratory, National Institute of Meteorological Research, Seoul, Korea

<sup>3</sup>College of Medicine, Hanyang University, Seoul, Korea

(Received November 29, 2012; Revised December 7, 2012; Accepted December 7, 2012)

### ABSTRACT

There are increasing number of allergic patients due to the increasing outdoor activities and allergenic pollens by local climate changes. Korea Meteorological Administration provides daily forecasts for pollen allergy warnings on the Internet. The forecast models are composed of pollen concentration models and risk grade levels. The accuracy of the models was determined in terms of risk grade. Pollen concentration models were developed using the observed data during from 2001 to 2006 and accuracy was validated against the data during from 2010 to 2011. The accuracy was different from location to location. The accuracy for most tree species was higher in April than that in May. The accuracy for weed species was higher in October than in September. Our result suggest that the models presented in this study can be used to estimate daily number and risk grade of pollens.

**Key words:** Pollen concentration, Meteorological conditions, Forecast model, Risk grade

### I. 서 론

최근 주 5일 근무제에 따른 여가시간 증대와 삶의 질 향상을 위한 가치관 변화 등으로 여가활동을 야외에서 즐기는 인구가 늘어나고 있다. 이에 따라 과거에 비해 꽃가루 알레르기 환자도 점차 늘고 있는 추세이다(Kim *et al.*, 2012). 꽃가루는 알레르기성 비염, 기관지 천식, 알레르기성 결막염 등 각종 질병의 원인이 되며, 최근에는 아토피 피부염을 악화, 자극시키는 경우도 있다고 보고되고 있다.

해외에서는 이미 꽃가루 예보 시스템들이 개발되어

상용 및 공용으로 운영되고 있다. 예를 들어, 미국에서는 알레르기를 일으키는 꽃가루에 대한 예측 시스템을 개발하여 인터넷 포털(www.pollen.com)을 통해 서비스하고 있다. 영국 기상청에서는 기상예보와 함께 꽃가루 대기 농도의 공간적인 분포를 예측하여 이러한 정보를 실시간으로 제공하고 있다(http://www.metoffice.gov.uk). 기상청 국립기상연구소에서는 관찰되는 주요 꽃가루와 이들의 알레르기 유발성을 고려하여 국내 실정에 맞는 꽃가루 알레르기 위험도 지표를 제공하는 예보모델을 개발하였다. 현재 기상청 홈페이지를 통하여 이 모델을 이용한 꽃가루 농도 위험지수가 제공되



\* Corresponding Author : Kyu Rang Kim  
(krk9@korea.kr)

고 있다. 본 연구에서는 이 모델의 예측 정확도를 분석하여 예보시스템의 신뢰도를 판정하였다.

## II. 분석자료와 연구방법

현재 꽃가루 관측 지점은 전국 12개 지점(서울, 부산, 대구, 대전, 광주, 강릉, 제주, 청주, 구리, 전주, 춘천, 울산)에 분포하고 있다. 관측 지점은 1997년부터 설치되어 점차 확대되었으며, Burkard seven-day recording volumetric spore trap (Burkard Manufacturing Co. Ltd., England)을 이용하여 7일 간격으로 꽃가루를 수집한 후 광학현미경을 이용하여 판독하고 일별로 계수

하였다. 조사한 종은 수목류는 22종, 잡초류는 9종이다. 우리나라에서는 1월과 12월을 제외하고 연중 꽃가루가 관측되고 있으며 수목류는 3-5월, 잡초류는 8-10월의 기간에 집중적으로 관측된다(Park *et al.*, 2008;

**Table 1.** The revised criteria for the risk grade levels of pollen allergy in Korea

Risk Grade	Trees	Pine	Weeds
Mild	0-19	0-499	0-19
Moderate	20-49	500-999	20-49
Severe	50-99	1000-1499	50-199
Dangerous	≥100	≥1500	≥200

**Table 2.** Concentration models for daily pollens of trees, pine, and weeds based on daily observed number of pollens and weather variables during 2001-2006

Site	Month	Species	Daily Concentration Model (2001-2006)
Seoul	April	Trees	$0.494386 + 0.002296 \times \text{AccumT} - 0.009812 \times \text{PRE} - 0.012852 \times \text{AS} + 0.047051 \times \text{MeanT}$
	May	Trees	$3.734477 - 0.039974 \times \text{PH} - 0.032431 \times \text{AS} + 0.074371 \times \text{WIND} - 0.000864 \times \text{AccumT} + 0.022925 \times \text{PRE} - 0.037523 \times \text{MaxT}$
	Sep.	Weeds	$-8.12693 + 0.00217 \times \text{AccumT} + 0.07439 \times \text{MeanT}$
	Oct.	Weeds	$3.105090 - 0.000521 \times \text{AccumT} - 0.011980 \times \text{AS} + 0.036886 \times \text{DR} + 0.025268 \times \text{PRE}$
Busan	April	Trees	$1.177035 + 0.005638 \times \text{PRE} + 0.000773 \times \text{AccumT} - 0.043159 \times \text{MeanT} + 0.038745 \times \text{WIND}$
	May	Trees	$0.730695 - 0.009694 \times \text{AS} + 0.090319 \times \text{MinT} - 0.000614 \times \text{AccumT}$
	Sep.	Weeds	$-5.0407 + 0.07337 \times \text{MaxT} + 0.00082 \times \text{AccumT} + 0.0149 \times \text{RH} + 0.00833 \times \text{AS} - 0.05477 \times \text{DR}$
	Oct.	Weeds	$-2.2394 + 0.01747 \times \text{RH} - 0.06437 \times \text{PH} + 0.02506 \times \text{PRE} + 0.00046 \times \text{AccumT}$
Daegu	April	Trees	$2.147351 - 0.018781 \times \text{AS} - 0.016099 \times \text{PH} + 0.02648 \times \text{MeanT}$
	May	Trees	$3.289447 - 0.167443 \times \text{WIND} - 0.011323 \times \text{AS} - 0.009843 \times \text{RH} - 0.038546 \times \text{DR} + 0.018934 \times \text{PRE} - 0.035456 \times \text{PH}$
	Sep.	Weeds	$5.18806 - 0.000678 \times \text{AccumT} - 0.16221 \times \text{WIND} + 0.004365 \times \text{AS} - 0.032062 \times \text{DR} + 0.003404 \times \text{PRE} - 0.009058 \times \text{RH}$
	Oct.	Weeds	$-0.02537 + 0.032392 \times \text{MinT} + 0.037667 \times \text{PRE} - 0.049606 \times \text{PH} + 0.007524 \times \text{RH}$
Gwangju	April	Trees	$1.051444 + 0.000449 \times \text{AccumT} + 0.052516 \times \text{MeanT} - 0.033223 \times \text{PH} - 0.011967 \times \text{AS} + 0.140643 \times \text{WIND} - 0.005644 \times \text{RH}$
	May	Trees	$2.495318 - 0.011665 \times \text{AS} - 0.049456 \times \text{MinT} - 0.000343 \times \text{AccumT}$
	Sep.	Weeds	$-2.49052 + 0.0745 \times \text{MaxT} + 0.00073 \times \text{AccumT} - 0.01528 \times \text{AS} - 0.01039 \times \text{RH} + 0.04806 \times \text{WIND}$
	Oct.	Weeds	$9.581082 - 0.047606 \times \text{MaxT} - 0.64892 \times \text{WIND} - 0.045595 \times \text{RH} + 0.199869 \times \text{MeanT} + 0.184928 \times \text{PRE} - 0.25355 \times \text{PH} - 0.001522 \times \text{AccumT}$
Gangneung	April	Trees	$0.848285 + 0.001677 \times \text{AccumT} - 0.085431 \times \text{WIND} - 0.006496 \times \text{AS} + 0.017049 \times \text{MinT}$
	May	Trees	$1.41944 - 0.009657 \times \text{PRE} + 0.000425 \times \text{AccumT} - 0.050007 \times \text{WIND} - 0.00419 \times \text{AS}$
	Sep.	Weeds	$-1.0367 + 0.00062 \times \text{AccumT}$
	Oct.	Weeds	$1.295626 - 0.009824 \times \text{AS} - 0.010613 \times \text{PH}$
Jeju	May	Trees	$2.205682 - 0.01926 \times \text{AS} + 0.036406 \times \text{DR} - 0.000534 \times \text{AccumT}$
	Sep.	Weeds	$1.415962 + 0.012723 \times \text{AS} - 0.003129 \times \text{PRE} + 0.009016 \times \text{RH} - 0.031926 \times \text{DR} - 0.000288 \times \text{AccumT}$
	Oct.	Weeds	$-1.07383 + 0.09155 \times \text{MeanT}$

MeanT: daily mean temperature, MinT: daily minimum temperature, MaxT: daily maximum temperature, RH: daily mean relative humidity, WIND: daily mean wind speed, PH: precipitation hours, PRE: daily total precipitation, AS: daily accumulated sunshine hours during the last seven days, DR: daily temperature range.

Oh *et al.*, 2012).

관측된 일별 꽃가루 자료와 기상자료를 이용하여 일별 꽃가루 농도를 추정하는 농도모델을 개발하였다. 농도모델은 회귀모델을 바탕으로 기상요소에 따른 꽃가루 농도를 예측하는데, 농도모델 개발에 사용된 꽃가루 자료는 2001-2006년의 봄철(4-5월)과 가을철(9-10월)의 6개 지역(서울, 부산, 대구, 광주, 강릉, 제주) 관측 자료였다. 분석에 사용된 기상요소는 평균기온, 적산온도, 최고기온, 최저기온, 일교차, 강수량, 습도, 풍속, 강수지속시간, 7일 누적일조시간이었다.

한편 꽃가루 알레르기 환자의 알레르기 반응과 일별 꽃가루 수를 이용하여 꽃가루 농도에 따른 알레르기 위험도를 4단계(미약, 조심, 위험, 매우 위험)로 구분하여 한국형 꽃가루 알레르기 위험도를 개발하였다 (National Institute of Meteorological Research, 2008).

알레르기 꽃가루 위험도 예보모델은 일별 꽃가루 수를 예측하는 농도모델과 알레르기 위험도로 구성되어 있다. 일별 꽃가루 수(C)를 예측하기 위해 각 기상변수와 해당계수간의 선형결합인 다중회귀분석을 이용하였으며 식은 다음과 같다.

$$C = W \times A' \tag{1}$$

여기에서 C는 일별 꽃가루 수를 상용로그변환 한 값이며, W는 평균기온, 적산온도, 최고기온, 최저기온, 일교차, 강수량, 습도, 풍속, 강수지속시간, 7일 일조시간으로 구성된 기상 변수값의 벡터이고,  $A = [a_1, a_2, \dots, a_{10}]$ 는 해당 기상변수별 계수를 가진 벡터이다(Table 2). a값들을 추정하기 위하여 2001-2006년 자료를 이용하였으며 유의수준은 0.15 수준으로 단계별 선택 (stepwise method) 방법을 사용하였다.

농도모델에 의해 계산된 일별 꽃가루 수를 꽃가루 알레르기 위험도에 적용하여 예측한 일별 꽃가루 알레르기 농도 위험지수가 기상청 홈페이지(<http://www.kma.go.kr>)를 통해 제공된다(Fig. 1). 기상청에서 제공



Fig. 1. Web service for daily forecasting of allergenic pollens by Korea Meteorological Administration.

하고 있는 일별 꽃가루 알레르기 위험도에 대한 예측력 검증은 2010-2011년간 관측된 꽃가루수에 따른 일별 위험도와 농도모델에 따른 위험도의 정확도를 이용하여 평가하였다.

### III. 결과 및 고찰

6개 지역의 2010-2011년도 일별 위험도 예측결과에 대한 모델의 정확도를 검증한 결과, 4월 수목류 정확도는 부산, 광주, 대구 31~43%, 서울, 강릉 63~65%였다. 5월 수목류 정확도는 서울, 대구, 강릉 22~38%, 부산, 광주, 제주 58~67%였다. 9월 잡초류 정확도는 33~60%, 10월 잡초류 정확도는 77~100%였다(Table 3).

알레르기를 일으키는 일별 꽃가루 농도는 기상에 따라 크게 변화하기 때문에 일기예보와 함께 예측이 가능하였다. 일반적으로 꽃가루 농도가 높을수록 알레르기 증상은 심해지나 그 종류에 따라 증상의 심각도는 다르게 나타날 수 있다. 따라서 기상청에서는 꽃가루 농도에 따른 국민의 건강에 대한 영향을 일별 꽃가루

Table 3. The accuracy of the daily pollen concentration models in terms of the risk grade levels during 2010-2011 for trees, pine, and weeds

Month	Species	Site / Accuracy (unit: %)					
		Seoul	Busan	Daegu	Gwangju	Gangneung	Jeju
April	trees	65.00	31.67	31.67	43.33	63.33	.
May	trees	38.71	66.13	22.58	67.74	22.58	58.06
Sep.	weeds	33.33	55.00	35.00	45.00	60.00	56.67
Oct.	weeds	90.32	77.42	98.39	77.42	100.0	83.87

농도 위험지수로 제공하고 있으며, 본 연구를 통하여 제공되는 위험지수의 정확도를 밝혔다.

일별 꽃가루 수의 지역적 분포는 생명기상 또는 보건기상 분야에서 호흡기 알레르기나 천식의 발병 원인으로 고려될 수 있으나 장기간 동안의 안정적 관측이 필요하기 때문에 여러 지역을 대상으로 연구되지는 못하였다. 또한 꽃가루 관측 자료 자체에 내재되어 있는 불확실성으로 인하여 자료의 활용이 제한되어 온 것도 사실이다. 본 연구의 꽃가루 위험도 예보 모델을 이용함으로써 꽃가루 관측자료의 불균질성을 어느 정도 상쇄할 수 있을 것이다.

또한 지점별 기상자료를 통해 꽃가루의 농도를 예측할 경우 풍향과 풍속과 같은 기상변화에 따른 꽃가루 확산을 고려하지 못하는 단점이 있다. 이를 위해, 대기 확산 모형을 활용한 꽃가루 예측 시스템 개발이 필요할 것이다. 앞으로 본 연구 결과를 활용하여 꽃가루 농도 또는 위험지수에 따른 국민의 건강 영향이 좀 더 심층적으로 연구되기를 기대한다.

## 적 요

실외활동의 증가와 기후변화에 의한 알레르기 유발 꽃가루의 증가로 알레르기 질환 환자가 급증하고 있다. 현재 기상청에서는 홈페이지를 통하여 일별 꽃가루 농도 위험지수를 예보하고 있다. 예보모델은 농도 추정 모델과 알레르기 위험도로 구성되어 있으며, 예보모델의 위험도 예측 정확도를 검증하였다. 꽃가루 농도 모델은 2001~2006년 자료를 이용하여 개발하였고, 정확도는 2010~2011년 자료로 검증하였다. 수목류 정확도는 지역별로 다르게 나타났으나 5월보다 4월에 높게

나타났다. 잡초류는 9월보다 10월에 더 높게 나타났다. 본 연구 결과를 통해 기상자료를 이용한 일별 꽃가루 수와 위험도를 추정할 수 있으며, 이를 이용하여 생명기상 또는 보건기상 분야의 심층 연구가 수행될 수 있을 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 기상청 국립기상연구소의 “생명산업기상 기술개발연구” 지원으로 수행되었습니다.

## REFERENCES

- Kim, J. H., H. B. Lee, J. W. Oh, S. W. Kim, I. J. Kang, M. H. Kook, B. S. Kim, K. S. Park, H. S. Baek, K. R. Kim, and Y. J. Choi, 2012: Changes in sensitization rate to weed allergens in children with increased weeds pollen counts in Seoul metropolitan area. *Journal of Korean Medical Science* **27**(4), 350-355.
- National Institute of Meteorological Research, 2008: Development of forecasting models for pollen allergenicity. Advanced Research on Industrial Meteorology (I). National Institute of Meteorological Research, Seoul 352pp. (in Korean with English abstract)
- Oh, J. W., H. B. Lee, I. J. Kang, S. W. Kim, K. S. Park, M. H. Kook, B. S. Kim, H. S. Baek, J. H. Kim, J. K. Kim, D. J. Lee, K. R. Kim, and Y. J. Choi, 2012: The revised edition of Korean calendar for allergenic pollens. *Allergy Asthma Immunology Research* **4**, 5-11.
- Park, K. J., H. A. Kim, K. R. Kim, J. W. Oh, S. Y. Lee, and Y. J. Choi 2008: Characteristics of regional distribution of pollen concentration in Korean peninsula. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **10**(4), 167-176. (in Korean with English abstract)