한반도 지역에서 관측된 꽃가루 농도 특성에 관한 연구

박기준¹ · 김현애² · 김규랑^{1*} · 오재원³ · 이선영¹ · 최영진¹

¹국립기상연구소 응용기상연구과, ²기상청 생활안전기상과,

³한양대학교 의과대학 소아과

(2008년 11월 25일 접수; 2008년 12월 17일 수정; 2008년 12월 30일 수락)

Characteristics of Regional Distribution of Pollen Concentration in Korean Peninsula

Ki-Jun Park¹, Heon-Ae Kim², Kyu Rang Kim^{1*}, Jae-Won Oh³,
Sun-Young Lee¹ and Young-Jean Choi¹

¹Meteorological Application Research Laboratory, National Institute of Meteorological Research,
KMA, 45 Gisangcheong-gil, Dongjak-gu, Seoul, 156-720, Republic of Korea

²Welfare Meteorology Division, Meteorological Industry and Information Technology Bureau, KMA, Korea

³Departments of Pediatrics, Hanyang University College of Medicine, Korea

(Received November 25, 2008; Revised December 17, 2008; Accepted December 30, 2008)

ABSTRACT

Airborne pollen is known as one of the major causal agents to respiratory allergic reactions. Daily number of pollen grains was monitored using Burkard volumetric spore traps at seven locations including Seoul and Jeju during 1997-2007. Pollen grains were observed throughout the year especially from February to November. They showed similar distribution patterns of species among locations except in Jeju, where Japanese cedar vegetation is uniquely found. Peak seasons for pollen grains from trees and weeds were March to May and August to October, respectively. Tree pollens were mainly composed of pine, oak, alder, and birch. Weed pollens were mainly from Japanese hop, Wormwood, and ragweed. Diameter of pollen grains, which has a typical range of 20~60 μ m, has close relationship with allergenicity. Allergenicity of tree and weed pollens is higher than that of grass pollens in general. In the case of trees and shrubs, pine trees account for about 70% of all tree pollens. However, pine pollens are weak allergens. The remaining 30% of tree pollens, including alder trees, white birches, and oaks, are moderate to strong allergens despite the smaller numbers. Grass and weeds are also highly likely to cause allergies. Especially, the pollens of Wormwood and Japanese hop are highly likely to cause allergies. Daily fluctuations in the number of pollens have to do with a variety of meteorological factors, such as temperature and rainfall.

Key words : Pollen, Trees, Pine, Weeds, Allergenicity, Pollen calendar

I. 서 론

꽃가루 알레르기는 꽃가루가 원인항원으로 작용하여 알레르기 질환을 일으키는 것으로 우리가 흔히 생각하는 것과는 달리 화려한 꽃이나 열매가 달리지 않고

향기도 없는 아주 평범한 나무(수목), 잔디 그리고 잡초 등이 알레르기의 주된 원인이 된다. 이러한 식물의 꽃가루는 바람에 날리기 쉽도록 작고 가벼워 수백 또는 수천km까지 이동을 하게 된다.

대기 중에는 여러 식물에서 생산되는 많은 꽃가루가

* Corresponding Author : Kyu Rang Kim (krk9@kma.go.kr)

존재하는데 우리가 알고 있는 것과는 달리 모든 꽃가루가 알레르기 질환을 유발하는 것은 아니다. 식물은 수정방법에 따라 충매화와 풍매화로 나눌 수 있는데, 충매화는 향기나 꽃으로 곤충을 유혹하여 꽃가루를 전파시키므로 생산량이 적고 크고 무거운 공기 중에 잘 부유하지 않아 알레르기 질환을 유발하는 경우는 적다. 반면 풍매화는 바람에 의하여 꽃가루가 전파되며 생산량이 많고 작고 가벼워 공기 중에 잘 날아 다닐 수 있어 호흡기 알레르기 질환과 연관성이 많다(Oh, 2006).

1819년 John Bostock에 의해 꽃가루가 인체에 질병을 일으킬 수 있다고 발표된 이후 1960년대 말부터 미국과 유럽 각지에서 꽃가루에 대한 역학적 연구가 계속해서 발표되어 왔다(Lewis *et al.*, 1975; Anderson, 1985; Buck *et al.*, 1985; Stach *et al.*, 2007). 1970년대에는 일본, 필리핀, 대만 등지에서도 꽃가루에 대해 발표되었고, 1980년대 이후 꽃가루와 알레르기 질환과의 연관성에 대해 활발한 연구가 진행되어 오고 있다(Kaufman and Ranck, 1988; Hiroshi *et al.*, 1983).

유럽이나 북미의 선진국에서는 이미 오래 전부터 꽃가루의 지역적 분포와 계절적 분포를 조사하여 꽃가루 지도와 꽃가루 달력을 작성하여 시민들에게 배포하고 있을뿐더러 꽃가루 예보에도 활용하고 있다(Vzquez *et al.*, 2003).

기후변화는 대기중의 꽃가루 농도의 증가를 야기하고 있으며, 예측된 바에 의하면 평균 전지구 온도는 2050년까지 2~3°C 증가할 것으로 보고 있다. IPCC 보고서에 의하면 기후변화와 꽃가루 알레르기 물질 증가와는 이론적 개연성이 있다고 WHO의 Bettina Menne는 말하고 있다(WMO, 2001). 국내에서는 1990년대 이래 꽃가루와 알레르기 발병 자료가 보고되고 있다(Oh and Lee, 1997).

공해지역으로서 서울 강남지역과 농촌지역으로서 경기도 파주지역을 선정하여 그 지역에서의 돼지풀의 꽃가루를 채집하여 알레르기 독성을 측정한 결과 강남지역이 파주지역에 비해 200배정도로 역가가 높은 것으로 측정되었다. 이와 같은 현상은 돼지풀의 생태 특성으로 도시나 공장지대, 폐기물 야적지역 등에 서식을 함에 있어 주로 이산화탄소가 높고 공해가 많은 지역이나 밀집 주거지역 등 오염지역에 많이 번식을 하게 되기 때문인 것으로 추정된다(Singer *et al.*, 2005).

알레르기 유발성 꽃가루의 전국 분포에 관한 연구는

현재까지 전국적인 자료가 확립되어 있지 않고 일부지역에서 단기적으로 보고되고 있는 상태로(Oh, 2006) 연구수준은 다른 선진국들에 비해 시작 단계로 볼 수 있다.

본 연구에서는 1997년~2007년까지 전국 7개 지역에서 관측된 꽃가루 농도의 종별, 월별 분포를 분석하여 꽃가루 달력을 작성하였고, 기상 조건에 따른 꽃가루 농도 분포를 살펴보았으며, 꽃가루 종류에 따른 호흡기 알레르기 유발 가능성 정도의 분포를 알아보았다.

II. 분석자료 및 연구방법

꽃가루 채집 방법에는 Durham 중력채집법, Rotorod 법, Burkard trap법, roto-slide법 등 다양한 방법이 있다(Korean Academy of Pediatric Allergy and Respiratory Disease, 2001). 본 연구에서는 Burkard trap(seven-day recording volumetric spore trap; Fig. 1)을 이용하여 전국 7개 지점(서울, 구리, 강릉, 대구, 광주, 부산, 제주)에서 1997년부터 2007년까지

Fig. 1. Seven-day recording volumetric spore trap.

관측한 m^3 당 각 꽃가루 수를 대한 소아알레르기 호흡기학회로부터 제공받아 사용하였다. Burkard trap의 설치위치는 연구원의 접근이 용이하고 주변의 환경이 꽃가루분포를 측정하는데 적합한 건물의 옥상에 지면으로부터 1.5m높이에 설치되었다. 대상 지역은 한양의대 서울병원, 한양의대 구리병원, 강릉현대병원, 대구 파티마병원, 광주보훈병원, 부산 성문도병원, 제주대학병원이었다. 각 대상지역에 설치된 채집기를 이용하여 꽃가루를 채집한 7일용 드럼을 7일 간격으로 수집하고 지역별로 알루미늄 보관함을 이용하여 한양의대 구리병원으로 보내어 관독을 실시하였다. 꽃가루가 채집된 글리세린 접착비닐을 Calberla's fuchsin 염색용액 (10mL glycerin, 20mL 95% Alcohol, 30mL distilled water와 0.2mL basic fuchsin)으로 염색하여 광학현미경에서 400배의 배율로 종류별 꽃가루수를 관찰하고, m^3 당 각 꽃가루 수를 계산하여 기록하였다. 종별로는 수목류는 소나무 등 15종, 잡초류는 환삼덩굴 등 8종이었다. 채집 기간 동안의 기상자료는 각 지역의 기상대에서 관측된 자료를 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 국내 꽃가루 농도 분포 특성

꽃가루란 꽃의 수술로부터 분리되어 날아다니는 포자들로 크게 나무 꽃가루(수목류), 잡초 꽃가루(잡초류), 잔디 꽃가루(잔디류)로 분류하였다.

우리나라의 경우 주로 2월부터 11월까지 기간에 꽃가루가 관찰되었다. 종류별로 그 관찰시기를 살펴보면 지역에 따라 꽃가루 농도에는 다소 차이를 보이고 있으나 공통적으로 수목류의 경우 3월부터 5월까지 그리고 잡초류는 8월부터 10월의 기간에 집중적으로 관찰되었다(Fig. 2). 꽃가루 종류별로 그 농도를 살펴보면 수목류의 경우 소나무, 참나무, 오리나무, 자작나무 등이 주를 이루는데 이 중 약 69% 정도는 소나무 꽃가루가 차지하였다. 잡초류의 경우 환삼덩굴, 쭉, 돼지풀이 주를 이루고 있으며, 이들 식물이 전체 잡초류의 약 90% 정도를 차지하였다(Fig. 3).

3.2. 꽃가루 달력

전국 6개 지역(서울, 부산, 대구, 광주, 강릉, 제주)에서 1997년에서 2007년까지 관측된 11년간의 꽃가루 농도 자료를 기반으로 하여 꽃가루 달력을 작성하였다

(a) Trees

(b) Weeds

(c) All

Fig. 2. Monthly distribution of pollen counts: (a) trees, (b) weeds, and (c) all.

(Fig. 4). 꽃가루 종류별로 10일 이동 평균한 자료를 보면 수목류가 잔디나 잡초류에 비해 그 농도가 높게 나타났다. 특히 5월 중순 소나무의 농도가 매우 높게 나타났다. 소나무 이외에 참나무, 자작나무 등도 4월에서 5월 기간에 그 농도가 매우 높게 나타났다.

Fig. 3. Distribution of pollen counts of individual tree and weed species (1997~2007).

Fig. 4. Pollen calendars based on daily observation of pollen counts in (a) Seoul, (b) Busan, (c) Daegu, (d) Gwangju, (e) Gangneung, and (f) Jeju during 1997-2007.

지역적인 분포를 살펴보면 수목류의 경우 대부분의 지역에서 소나무가 차지하는 비율이 가장 높게 나타났다. 한편 제주의 경우 향나무류(Juniper)의 농도가 다른 6개 지역에 비해 상대적으로 높은 분포를 나타냈

다. 잡초류의 경우 또한, 전 지역에서 유사한 분포를 보였으나 제주의 경우 마디풀과의 수영(Sorrel)이 타 지역의 경우보다 높게 나타났다. 이는 내륙과 분리된 제주의 지역적 특성이 반영된 것으로 사료된다.

Fig. 4. Continued.

이 꽃가루 달력은 최근 증가하고 있는 꽃가루 알레르기 환자들의 실외활동 계획에 큰 도움을 줄 수 있으며 지속적인 개선을 통하여 꽃가루 알레르기 환자가 질환을 미리 예방하고 치료하는 것은 물론 국민의 삶의 질 향상에 도움을 줄 것으로 기대된다.

3.3. 기상에 따른 꽃가루 농도 분포

꽃가루 농도의 변화는 기온, 강수량 등 기상요소의 변화와 밀접한 관계가 있다. 특히, 기온과 강수는 꽃가루 농도를 결정짓는데 가장 중요한 역할로 작용한다.

Fig. 5. Distribution of daily pollen counts according to temperature and precipitation in Seoul (1997-2002).

1997년부터 2007년까지의 서울 지역의 꽃가루 농도와 기온과 강수량과의 관계를 살펴보면 온도에 따른 꽃가루의 분포는 주로 10°C~30°C 사이에 꽃가루 농도가 집중되는 것을 볼 수 있는데 이러한 온도분포는 식생이 성장하기에 적합한 온도를 나타내기도 한다. 강수의 경우에는 무강수일에 집중적으로 나타나고 있으나 (Fig. 5), 특이하게 강수일에도 꽃가루 농도가 나타나는 것을 볼 수 있다 (Table 1). 이러한 현상은 2004년

Table 1. Variation of pollen counts relative to meteorological factors

Date	Pollen count (No.)	Temperature (°C)	Precipitation (mm)	Windspeed (m/s)
2004.5.10	112	14.9	10.5	2.6
2004.5.11	716	17.3	0	2.0
2004.5.12	164	16.9	13.5	1.5
2004.5.13	2412	15.9	1.5	2.9
2004.5.14	548	19.7	0	1.8
2004.5.15	80	15.9	0.5	1.8

Fig. 6. Surface weather chart at (a) 00UTC, (b) 03UTC, (c) 06UTC, (d) 09UTC, (e) 12UTC, (f) 15UTC, (g) 18UTC and (h) 21UTC, 13 May 2004.

5월 13일의 경우에서처럼 오전에 강수가 내린 후 점차 고기압의 영향을 받아 맑고 따뜻한 날씨가 지속될 때 수증기의 증발 등으로 땅에 떨어졌던 가벼운 꽃가루 입자가 부양하면서 그 농도가 갑자기 증가하는 것으로 사료된다(Fig. 6).

3.4. 알레르기 유발성 꽃가루의 분포 특성

알레르기 유발과 밀접한 관계가 있는 것은 꽃가루 입자의 크기로 대부분 직경이 작은 꽃가루가 알레르기를 일으킨다. 소나무의 경우 우리나라 전 지역에서 가장 많은 수의 꽃가루 농도 분포를 보이고 있지만 알레르기를 일으키는 경우는 매우 드물다. 반면, 관찰

농도는 낮지만 대부분의 알레르기를 일으키는 꽃가루는 수목류의 경우 자작나무, 느릅나무, 삼나무가 있으며, 잡초류의 경우 돼지풀, 환삼덩굴, 질경이가 있는데 이러한 식물들은 심각한 알레르기 질환을 일으킬 수 있다(Table 2). 또한 Table 3에서 보는 바와 같이 수목류에 비해 잡초류에 의한 알레르기 유발 기준이 낮으므로 알레르기에 민감한 사람들은 특히 잡초류 꽃가루로 인한 알레르기 질환이 발생하지 않도록 특히 주의해야 한다.

Fig. 4의 꽃가루 달력을 Table 3의 알레르기 유발 기준을 이용하여 다시 표현한 Fig. 7을 통하여 꽃가루의 각 종류별 주의(low) 또는 위험시기(high)를 알 수

Fig. 6. Continued.

있다. 소나무의 경우 관찰되는 꽃가루 농도가 매우 높기 때문에 꽃가루 농도가 매우 위험(very high) 수준까지 올라갔지만, 소나무 꽃가루가 직접적으로 알레르기 반응을 일으키는 경우는 드물다(Oh, 2002). 또한 1997년부터 2002년까지 서울지역에서 관측된 꽃가루 농도 자료의 알레르기 위험기준별 분포를 살펴보면 수목류, 잡초류 모두 알레르기 유발 정도가 미약인 날이 전체의 91%, 90%를 차지하고 있으며, 반면 매우 위험인 날은 전체의 1% 미만에 그치고 있다(Fig. 8). 이러한 분포는 알레르기 유발정도의 기준을 미국의 기준에 맞추어 적용한 결과인데, 꽃가루 농도에 따른 보다 정확한 알레르기 유발정도를 알기 위해서는 여러 가지 실

험을 거쳐 우리 실정에 맞는 알레르기 유발기준을 설정해야 할 것이다.

IV. 요약 및 결론

꽃가루의 분포를 파악하고 이에 대한 위험도를 알리는 것은 국민건강 보호를 위해 매우 중요한 일이라 할 수 있다.

본 연구에서는 전국 7개 지역에서 관측된 꽃가루 농도 자료를 이용하여 지역별, 기상별, 알레르기 발현 성별로 꽃가루 농도 분포 특성을 조사분석하였다. 수목류, 잡초류의 꽃가루 농도는 전국적으로 연중 유사

Table 2. Classification of allergenic plants in Korea (Korean Academy of Pediatric Allergy and Respiratory Disease, 2001)

Family	Name	Allergenicity
참나무과 (Fagaceae)	상수리나무 (Oriental chestnut oak)	+
	떡갈나무 (Daimyo oak)	
	너도밤나무 (Beech)	
자작나무과 (Betulaceae)	자작나무 (Birch)	++
	오리나무 (Alder)	
	개암나무 (Hazelnut)	
버드나무과 (Salicaceae)	버드나무 (Korean willow)	+
	이태리포플러 (Italian poplar)	
느릅나무과 (Ulmaceae)	느릅나무 (Japanese elm)	++
	팽나무 (Hackberry)	
단풍나무과 (Aceraceae)	단풍나무 (Maple)	+
버즘나무과 (Plantanceae)	양버즘나무 (플라타너스) (Planetree)	+
낙우송과 (Taxodiaceae)	삼나무 (Japanese Cedar)	++
소나무과 (Pinaceae)	소나무 (Pine)	+
국화과 (Asteraceae)	돼지풀 (Common ragweed)	+++
	쑥종류 (Wormwood)	
비름과 (Amaranthaceae)	털비름 (Green amaranth)	+
명아주과 (Chenopodiaceae)	명아주 (Lamb's quater, Goosefoot)	++
	양명아주 (Mexican tea)	
삼과 (Cannabaceae)	환삼덩굴 (Japanese Hop)	+++
질경이과 (Plantaginaceae)	질경이 (Asian plantain)	+++
	창질경이 (English plantain)	
마디풀과 (Polygonaceae)	수영 (Common sorrel)	+
	애기수영 (Sleep sorrel)	
쑄기풀과 (Urticaceae)	쑄기풀 (Nettle)	+
화분과 (Gramiceae)	잔디 (Lawn grass)	++
	우산잔디 (Bermuda grass)	

Table 3. Standard allergenicity for pollen counts

Species	Pollen count (grains/m ³)	Allergenicity
Trees	0-14	very low
	15-99	low
	100-499	high
	>500	very high
Grasses	0-4	very low
	5-9	low
	10-199	high
	>200	very high
Weeds	0-9	very low
	10-49	low
	50-299	high
	>300	very high

한 분포를 보이고 있으며 수목류는 3월~5월, 잡초류는 8월~10월에 주로 발생하는 것으로 나타났다. 7개 지역의 농도 분포 또한 전국적으로 유사한 분포를 보이고 있으나 제주지역은 내륙과 분리된 지역적 특성이 고려된 꽃가루 농도 분포를 보였다. 수목류 중 소나무 꽃가루의 농도는 전 지역에서 가장 높게 나타나고 있으나, 소나무 꽃가루로 인한 알레르기 유발 가능성은 다른 종류의 꽃가루에 비해 매우 낮다. 반면 자작나무, 느릅나무 등과 같은 수목류와 돼지풀, 환삼덩굴 등과 같은 잡초류는 그 발생량은 적으나 알레르기를 유발할 가능성은 매우 높아 알레르기에 민감한 사람들에게는 특히 주의해야 할 식물이다.

꽃가루 농도는 기온, 바람, 강수 등 날씨의 변화에

Fig. 7. Pollen allergenicity calendars based on daily observation of pollen counts in (a) Seoul, (b) Busan, (c) Daegu, (d) Gwangju, (e) Gangneung, and (f) Jeju during 1997-2007.

Fig. 8. Distribution of allergenicity for (a) trees and (b) weeds based on daily observation of pollen counts in Seoul (1997-2002).

따라 다르게 나타난다. 식물의 활동이 영상 10°C 이상에서 활발해지는 것처럼 꽃가루 또한 영상 10°C 이상에서 나타나기 시작하여 20°C~30°C 사이에 가장 높은 농도를 보인다. 주로 2m/s 내의 약한 바람이 불

Fig. 7. Continued.

때 공중으로 높이 부양하여 멀리까지 이동하게 된다. 특히, 강수가 내린 후 대기 중의 꽃가루 입자가 땅에 떨어진 상태로 내렸던 강수가 증발하면서 대류현상이 일어나게 되면 이와 함께 꽃가루의 부양력도 함께 높아져 갑자기 꽃가루의 농도가 증가하게 된다. 기상요소와 꽃가루 농도와의 상관 분석을 통한 꽃가루 예보가 가능하리라 사료된다.

꽃가루 알레르기 위험기준별로 꽃가루 종류별 농도 분포를 살펴보면 수목류, 잡초류 모두 90% 이상이 위험이 없는 것으로 나타나고 있다. 이러한 구분에 사용된 위험기준은 미국의 기준을 참조한 것으로 국내의 알레르기 환자에 대한 영향도와는 다를 수 있기 때문에 보다 더 정확한 꽃가루 정보를 제공하기 위해서는 국내 환자에 맞는 기준을 설정하는 것이 무엇보다 필요하다.

감사의글

이 연구는 국립기상연구소 “신생활산업기상기술개발” 연구의 일환으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- Anderson, J. H., 1985: Allergenic airborne pollen and spores in Anchorage, Alaska, *Annals of Allergy*, **54**, 390-399.
- Buck, P., and E. Levetin, 1985: Airborne pollen and mold spores in a subalpine environment, *Annals of Allergy*, **55**, 794-801.
- Hiroshi, Y., Y. Yasuo, S. Takaharu, and S. Takao, 1983: Isolation and particle characteristic of the major allergen from Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) pollen, *Journal of Allergy Clinic Immunology*, **71**, 77-86.
- Kaufman, H. S., and K. Ranck, 1988: Antigen recognition in Filipinos, Japanese, Chinese, and Caucasians, *Annals of Allergy*, **60**, 53-56.
- Korean Academy of Pediatric Allergy and Respiratory Disease, 2001: Allergy plant in Korea, Sikmulchujang, 95pp. (in Korean)
- Lewis, W., and W. Imber, 1975: Allergy epidemiology in the St. Louis, Missouri Area II, grasses, *Annals of Allergy*, **35**, 42-50.
- Oh, J. W., 2002: Pollinosis and aerobiological characteristics of pollen, *Journal of the Korean Pediatric Society*, **45**(12), 247-254. (in Korean)
- Oh, J. W., 2006: The Correlation between increased sensitization rate to weeds in children and the annual increase in weed pollen in Korea, *Korean Journal of Pediatric Allergy and Respiratory Disease*, **16**(2), 114-121. (in Korean with English abstract)
- Oh, J. W., and Lee, H. B., 1997: The study of distribution pollen and mold in Guri, Gyeonggi-do, *Korean Journal of Pediatric Allergy and Respiratory Disease*, **7**, 57-68. (in Korean with English abstract)
- Singer, B. D., L. H. Ziska, D. A. Frenz, D. E. Gebhard, and J. G. Straka, 2005: Increasing Amb a 1 content in common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) pollen as a function of rising atmospheric CO₂ concentration, *Function Plant Biology*, **32**, 667-670.
- Stach, A., M. Smith, C. A. Skjoth, and J. Brandt, 2007: Examining ambrosia pollen episodes at Poznan (Poland) using back-trajectory analysis, *International Journal of Biometeorology*, **51**, 275-286.
- Vzquez, L. M., C. Galn, and E. D. Vilches, 2003: Influence of meteorological parameters on *Olea* pollen concentrations in Cordoba (South-Western Spain), *International Journal of Biometeorology*, **48**, 83-90.
- WMO, 2001: Climate Change 2001, IPCC, pp. 203.