

한국의 기후 변화가 꽃가루 알레르기에 미치는 영향

오재원

한양대학교 의과대학 소아청소년과학교실

The impact of climate change on pollen allergy in Korea

Jae-Won Oh

Department of Pediatrics, Hanyang University College of Medicine, Seoul, Korea

Weather may alter the concentrations of pollens which can subsequently influence the occurrence of allergic diseases. Many studies have demonstrated that greenhouse gases increase pollen concentration. Daily fluctuations in the pollen concentration have to do with a variety of meteorological factors such as temperature, rainfall and sunshine amount; therefore, it is complicated. At least more than 10 weather elements that affect the concentration of pollen. Earlier pollination and rising pollen concentrations have been reported in many countries. Most studies have focused on analysis of their relationships with local meteorological and climatic factors. Observed pollen data at locations representing a wide range of geographic and climatic conditions should be analyzed statistically to identify pollination date, pollen season length, and annual mean and peak values of daily concentrations of pollen. The seasonal and regional variations of pollen have also been changed in South Korea with climate change. There were evaluated sensitization rate to pollen in South Korea since 1997. Sensitization rates for weed and tree pollens are increased in Korean children, especially with increasing pollen concentration of ragweed and Japanese hop. It has been demonstrated that urbanization correlate with the increasing pollen allergies. However, the effects of environmental change on allergic diseases have not yet been completely understood. Recently there have been many epidemiological studies on the relationship between allergic diseases and climate changes. Previous studies suggest that climate changes interact with and affect pollen allergy, which in turn increases the frequency and severity of allergic disease. (*Allergy Asthma Respir Dis* 2018;6 Suppl 1:S31-39)

Keywords: Climate change, Pollen, Pollen hypersensitivity

서론

최근 전 세계적으로 알레르기비염, 천식, 아토피피부염과 같은 알레르기질환이 증가하고 있다.¹ 국내 국민건강보험공단의 자료를 이용한 역학적 조사에 따르면 전국 알레르기비염 유병률은 2004년 7.2%에서 2010년 10.9%로 지속적인 증가를 보였으며, 0세에서 18세까지는 2004년 11.0%에서 2010년 18.8%로 지속적인 증가를 보였다.² 이처럼 알레르기질환이 증가하는 현상에 대해 많은 연구자들은 대기오염과 기후 변화 같은 환경적 요인을 원인 중 하나로 제시하고 있다.³ 이에 대해 이미 오래 전부터 유럽이나 미국 등지에서는 알레르기 유발 식물 및 곰팡이 등에 대한 연구가 활발하게 진행되어 왔고, 이미 일반인과 알레르기 환자들을 위한 실생활 정보가 제

공되고 있다.^{4,6} 최근 미국 농무성 보고에 의하면 기후 변화와 관련해 대기오염이 심할수록 알레르기 유발 꽃가루 농도가 높게 나타났고, 유엔 정부 간 기후변화위원회에서 CO₂ 농도가 높을수록 꽃가루가 증가해 알레르기 환자가 늘어나는 것으로 보고하였다.⁷⁻¹⁰ 꽃가루 농도의 변화는 기온, 강수량 등 기상 요소의 변화와 밀접한 관계가 있다. 특히, 기온과 강수는 꽃가루 농도를 결정짓는 데 가장 중요한 역할로 작용한다.⁵ 온도에 따른 꽃가루의 분포를 살펴보면 주로 10-30°C 사이에 꽃가루 농도가 집중되는 것을 볼 수 있는데 이러한 온도분포는 식생이 성장하기에 적합한 온도를 나타내기도 한다. 강수의 경우에는 비가 없는 날에 집중적으로 나타나고 있다. 국내에서 꽃가루 농도가 매년 증가하는 추세를 보이고 있으며 동시에 소아연령에서 이들에 대한 감작률이 증가되고 있는 경향을 보이고

Correspondence to: Jae-Won Oh  <https://orcid.org/0000-0003-2714-0065>
Department of Pediatrics, Hanyang University Guri Hospital, Hanyang University College of Medicine,
153 Gyeongchun-ro, Guri 11923, Korea
Tel: +82-31-560-2257, Fax: +82-31-552-9493, E-mail: jaewonoh@hanyang.ac.kr
• 이 논문은 대한 소아알레르기 호흡기학회 30주년 기념 논문임.
Received: December 12, 2017 Revised: July 5, 2018 Accepted: July 13, 2018

© 2018 The Korean Academy of Pediatric Allergy and Respiratory Disease
The Korean Academy of Asthma, Allergy and Clinical Immunology
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative
Commons Attribution Non-Commercial License
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

있다. 이에 대한 원인으로 돼지풀 등과 같은 잡초류 번식이 급증할 뿐 아니라 교통량의 증가와 공기오염이 증가하고 있어 이들에 의해 알레르기 유발 식물들의 증식을 자극하면서 알레르기질환의 위해 환경을 제공하고 있다.^{11,12}

기후 변화와 알레르기질환의 상관성을 더 구체적으로 파악하여 이를 증명하고자 최근 미국이나 유럽 국가에서 많은 연구가 보고 되거나 진행되고 있다. 기후 변화 현상은 산업화 시대 이후 세계적으로 점차적으로 급증하게 된 자동차와 공장 등 석유 에너지의 사용의 증가와 무분별한 토지 개발 등으로 인한 지구의 황폐화 현상으로 이차적으로 일어나게 된 지구의 재앙이다. 특히 기후 온난화에 직접적으로 영향을 미치는 이산화탄소와 오존 등에 대한 연구가 증가하고 있는데 이 중에서도 CO₂는 농작물이나 식물들과 밀

접한 관계가 있다. CO₂ 증가는 인간의 생리학적, 병리학적인 변화에도 중요한 영향을 미치게 되며 인간 건강과 밀접한 관계가 있는 식물의 생리학적 변화도 유도하게 된다.^{13,14}

세계가 산업화하기 전보다 현재 1990년대 지구의 CO₂의 농도는 29% 증가되었으며, 이런 추세는 2000년대에도 계속 증가되고 있는데 이러한 기후 변화가 유럽에서의 돼지풀 증식에 중대한 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다.^{8,9} 돼지풀의 생태 특성은 도시나 공장지대, 폐기물 야적지역 등에 서식을 하는데 주로 이산화탄소가 많은 지역에서 많이 서식을 하여 공해가 많은 지역이나 밀집 주거지역 등 오염지역에 많이 번식을 하게 되기 때문으로 추정한다. 돼지풀의 분포가 급증하는 원인에 대해 여러 가능성이 있겠다. 첫째, 경계가 발달하면서 국내 여러 지역에서 농지나 임야가 공장이나 주택지로 바

Table 1. Comparison of peak annual concentration of allergic tree pollen except pine from 6 areas in Korea

Area	Date	Pollen (n)	Temperature (°C)	Rainfall	Area	Date	Pollen (n)	Temperature (°C)	Rainfall
Seoul	1998-05-13	226	16.7	0	Gangneung	1998-05-07	401	20.8	0.3
	1999-05-05	16	16.5	0		1999-05-11	125	17.8	0
	2000-03-17	199	7.5	0		2000-07-02	17	30.8	0
	2001-03-18	796	7.7	0		2001-05-06	296	16.7	0
	2002-04-22	364	21.0	0		2002-04-20	376	18.5	0
	2003-04-21	318	13.2	0		2003-04-20	188	8.2	5.5
	2004-05-13	104	15.8	1.5		2004-05-05	186	19.3	0
	2005-05-09	88	13.3	0		2005-05-30	178	18.2	0
	2007-04-26	1,240	14.7	0		2007-05-17	294	15.6	11.5
	2008-04-17	2,333	18.6	0		2008-03-04	288	0.9	13.9
	2009-04-23	838	12.7	0		2009-05-08	795	16.3	0
	2010-05-03	1,089	18.2	0		2010-05-28	371	15.6	0
2011-05-04	267	15.9	0	2011-05-05	409	12.8	0		
Busan	1998-04-27	1,707	16.2	0	Daegu	1998-04-27	29	17.4	0.1
	1999-05-14	1,000	17.4	0		1999-04-23	103	19.9	0
	2000-03-28	165	12.4	0.9		2000-06-14	53	25.1	0.2
	2001-05-13	1,220	20.6	0		2001-05-07	764	18.4	36.9
	2002-04-21	2,348	17.8	0.3		2002-04-21	332	20.7	1
	2003-04-21	1,174	12.1	0		2003-04-21	166	12.1	0
	2004-04-26	2,346	13.5	65.0		2004-04-23	128	14.5	0
	2005-05-08	926	13.8	0		2005-03-13	84	0.2	0
	2007-04-24	1,225	12.5	0		2007-05-22	331	21.8	0
	2008-04-30	2,448	16.9	0		2008-04-23	817	13.9	7.5
	2009-04-27	766	12.1	1		2009-04-17	420	15.8	0
	2010-05-08	564	19.2	0		2010-05-06	390	22.3	0
2011-04-24	355	13.0	0						
Gwangju	1998-04-17	248	15.4	5.6	Jeju	1998-02-23	36	9.1	0.1
	1999-03-22	279	1.3	0		1999-04-01	194	17.2	0.3
	2000-04-02	92	14.8	0		2000-03-15	247	9.8	15.4
	2001-04-02	368	9.7	0		2001-03-16	988	8.9	2.0
	2002-03-30	212	11.9	1		2002-03-04	448	7.9	0
	2003-03-11	92	6.4	0		2003-03-09	3,812	6.6	0
	2004-03-22	228	9.5	1.5		2004-02-20	1,802	15.4	0
	2005-04-28	126	19.6	0		2005-02-25	472	3.4	0
	2007-04-27	407	16.1	0		2007-04-23	141	14.6	0
	2008-04-21	987	19.2	0		2008-03-09	1,443	8.5	11.0
	2009-04-19	1,385	19.6	0		2009-02-23	1,884	10.7	1.5
	2010-05-03	1,027	21.2	0		2010-05-08	564	17.3	0
2011-03-12	274	9.4	0						

뀌면서 경작지는 줄고 유희지가 늘어나게 되고 척박해진 토지에 토종 잡초보다 자생력이 좋은 돼지풀이 왕성하게 번식하게 되었고 이 유희지를 다시 개발하면서 흙 속에 있던 이들 돼지풀의 씨가 사람의 옷이나 물건 등에 붙어 차나 기차 등 운송수단을 따라 전국으로 번지게 된다고 추정하고 있으며 이와 같은 이동경로는 최근 유럽의 프랑스나 스위스에서 유고슬라비아나 체코와 같은 개발도상국에서 돼지풀의 번식 경로에 대해서도 증명되고 있다. 둘째, 기후 변화 또는 온실효과(greenhouse effect)로 인하여 환경에서 CO₂의 농도가 2배로 증가하게 되면 돼지풀의 생성은 61% 증가한다는 보고가 있다.¹²⁻¹⁶ 최근 환삼덩굴의 꽃가루 수가 급증하면서 돼지풀 못지않게 가을철 가장 중요한 알레르겐 중 하나로 대두되고 있으며 기후 변화 현상과 함께 해외에서도 이에 대한 관심이 증폭되고 있다.

세계적으로 기후 변화에 대한 폐해가 속출하고 있으며 그 심각성이 더 깊어 가고 있는데 이에 대한 문제는 인체에 대해 미치는 영향도 점점 크게 부각되고 있다. 여러 질환이 관련될 수 있지만 꽃가루 알레르기에 대한 영향도 무시할 수 없게 커지고 있어 지구 온난화가 진행되는 것을 억제하는 것이 무엇보다도 시급하겠고 동시에 진행되고 있는 이러한 변화에 대한 알레르기 현상을 억제해야 할 대책을 마련하기 위해 이에 대한 연구가 절실하게 요구되고 있다. 한편 꽃가루 발생수치를 예측할 수 있는 보건자료를 구축하고자 국내의 기상 조건과 꽃가루농도와 알레르기비염, 알레르기결막염, 천식 등 알레르기질환 유발 가능성과의 관련성에 대한 구체적인 연구를 시행할 필요성이 강조되고 있다.¹⁷

꽃가루는 기상조건에 따라 계절적으로 발생하고, 꽃가루에 의한

Table 2. Comparison of peak annual concentration of pine pollen from 6 areas in Korea

Area	Date	Pollen (n)	Temperature (°C)	Rainfall	Area	Date	Pollen (n)	Temperature (°C)	Rainfall
Seoul	1998-05-13	711	16.7	0	Gangneung	1998-05-13	713	18.7	0
	1999-05-21	19	19.4	0		1999-05-08	1,000	21.4	0
	2000-05-18	803	16.9	0		-	-	-	-
	2001-05-07	292	18.3	5.4		2001-05-15	940	22.3	0
	2002-05-14	1,201	21.3	0		2002-04-28	1,792	11.4	0
	2003-05-31	3,520	24.1	0		2003-04-27	1,676	20.2	0
	2004-05-13	2,308	15.8	1.5		2004-05-13	3,264	14.2	0
	2005-05-06	788	11.6	13.5		2005-04-30	362	20.7	0
	2007-05-07	2,532	19.5	0		2007-05-04	1,127	21.8	0
	2008-04-30	2,493	18.2	0		2008-05-03	275	25.3	0
	2009-05-01	1,478	17.4	0		2009-05-08	1,662	16.3	0
	2010-05-09	2,294	19.0	0		2010-05-28	2,227	15.6	0
	2011-05-08	1,204	17.3	0		2011-05-17	783	17.1	0
Busan	1998-04-18	10	15.2	10.8	Daegu	1998-04-27	184	17.4	0.1
	1999-05-26	5	17.1	14.8		1999-05-11	500	17.8	0
	2000-04-14	9	14.6	0		2000-05-02	99	14.9	0
	2001-05-02	48	14.3	4.5		2001-05-05	712	16.6	0
	2002-02-28	56	10.4	0.4		2002-05-02	1,528	15.5	0
	2003-04-21	16	12.1	0		2003-05-04	1,080	18.2	0
	2004-04-02	64	10.8	0.5		2004-05-02	514	15.6	5
	2005-03-23	24	9.2	2.5		2005-04-30	1,212	23.0	0
	2007-03-11	12	3.0	0		2007-05-04	767	20.9	0
	2008-05-10	12	12.8	2		2008-05-01	1,946	21.8	0
	2009-05-04	1,554	17.1	0		2009-05-04	737	21.4	0
	2010-05-05	2,000	18.7	0		2010-05-12	1,751	16.8	0
	2011-04-24	601	13.0	0					
Gwangju	1998-04-27	203	18.6	0	Jeju	1998-08-02	4	29.8	7
	1999-05-06	1,000	15.7	0		1999-04-27	1,352	15.8	0
	2000-05-15	631	18.1	1.0		2000-04-28	2,113	13.4	0
	2001-05-07	1,500	17.6	11.6		2001-09-19	4	23.3	0
	2002-04-20	1,288	14.7	0.3		2002-05-19	2,168	15.4	0
	2003-05-15	566	19.6	0		2003-05-25	348	18.4	3
	2004-05-08	2,946	17.4	19.5		2004-05-05	1,386	16.8	0
	2005-05-17	614	19.9	46.0		2005-04-22	1,936	15.2	0
	2007-05-04	633	20.1	0		2007-04-24	2,773	13.9	0
	2008-05-01	2,240	20.7	0		2008-04-30	2,456	17.1	0
	2009-05-02	2,371	17.6	13.5		2009-04-21	4,253	13.4	0
	2010-05-12	2,055	15.0	0		2010-05-05	2,000	20.2	0.1
	2011-05-07	352	19.8	0					

알레르기 발생도 꽃가루 유행 시기에 따라 발생한다. 꽃가루에 의한 천식, 비염과 결막염 등 알레르기질환 환자의 발병률이 과거에 비해 점차 늘어나고 있다. 주 5일 근무와 여가활동의 증대에 따라 꽃가루 알레르기 위험도 예보와 같은 고급 기상정보에 대한 수요와 개인 맞춤형 및 지역 특성화형 기상정보로서 그 필요성이 증대되고 있다. 한편 꽃가루는 바람에 날리기 쉽도록 작고 가벼워 수백 또는 수천 km 까지 이동한다. 따라서 꽃가루 관측망을 통해 꽃가루 예보의 기초자료가 되는 꽃가루 농도의 증감을 파악할 수 있는 전국적인 꽃가루 예보 관측망 유지 및 확충을 통해 공간해상도를 높이는 것이 중요하다.

지역별 연도별 기상 요소에 따른 꽃가루 농도 변화

꽃가루 농도 특성 분석을 위해 관측 기간이 12년 이상인 서울, 강

릉, 대구, 광주, 부산, 제주 6개 지역에서 1997-2011년의 꽃가루의 평균을 기준으로 제시하였다.¹¹ 꽃가루의 종류는 소나무를 제외한 수목류, 소나무, 잡초류로 구분하여 분석하였다. 소나무를 제외한 알레르기 수목류에서 연도별 비교를 보면 최대농도 꽃가루 관측일은 점점 당겨지는 경향을 보이지만 강릉지역의 경우 다른 지역에 비해서 최대 꽃가루 농도가 늦게 관측되고 있다(Table 1). 소나무의 최대 꽃가루 농도 관측일은 5월 초순에 보이고 있으나 지역별 의미 있는 차이는 보이지 않았다(Table 2). 잡초류의 경우 최대 꽃가루 농도 관측일은 8월말부터 9월 초순에 보이고 있으며 지역별 의미 있는 차이는 보이지 않았다(Table 3). 기상 요소와의 상관성은 평균기온이 15-20°C, 강수량이 없을 때 꽃가루 농도의 최고치를 기록하였다. 장기적인 월별 시계열에 대한 통계를 추출하기 위한 X11-ARIMA법을 이용하여 장기추세분석을 분석해 보았을 때 서울지역에서 전체적

Table 3. Comparison of peak annual concentration of allergic weed pollen from 6 areas in Korea

Area	Date	Pollen (n)	Temperature (°C)	Rainfall	Area	Date	Pollen (n)	Temperature (°C)	Rainfall
Seoul	1998-09-26	85	22.0	0	Gangneung	1998-09-14	463	25.7	0
	1999-09-10	121	25.6	4.5		1999-09-15	306	20.3	0.8
	2000-09-10	121	22.2	0		2000-09-14	306	17.6	111.8
	2001-09-10	308	24.4	0		2001-08-27	224	22.2	0
	2002-08-28	532	25.5	0		2002-09-23	392	18.7	0
	2003-07-23	198	22.3	3		2003-10-03	152	15.4	0
	2004-07-20	96	25.7	1		2004-09-22	24	18.2	0
	2006-10-14	38	18.5	0		2006-09-19	24	21.4	0
	2007-09-11	352	24.2	0		2007-09-14	150	21.0	55.0
	2008-09-02	710	21.9	5.5		2008-09-14	204	21.9	0
	2009-08-20	126	26.1	19.5		2009-08-13	73	22.8	0.5
	2010-09-23	61	17.0	0		2010-09-17	130	23.5	0
	2011-09-16	190	25.6	0		2011-09-14	100	24.3	0
Busan	1998-09-09	197	26.4	0	Daegu	1998-09-07	121	25.9	0.1
	1999-09-16	196	24.5	0		1999-06-15	31	27.5	0
	2000-09-16	196	22.0	48.8		2000-06-30	4	26.2	3.7
	2001-09-05	96	24.4	1.0		2001-09-11	212	23.3	0
	2002-06-17	100	21.9	0		2002-09-13	88	19.9	2.0
	2003-09-02	40	24.0	18.5		2003-09-04	58	26.0	0
	2004-09-10	40	19.7	11		2004-09-11	30	19.1	22.0
	2006-09-06	241	19.2	9		2006-09-10	407	18.3	0
	2007-09-09	36	22.8	0		2007-09-12	209	23.4	0
	2008-09-12	499	25.0	0		2008-09-15	607	24.0	0
	2009-08-14	87	25.5	0		2009-09-09	232	24.7	0
	2010-09-20	110	27.1	0		2010-09-19	171	24.1	3.5
	2011-09-23	140	20.5	0		2011-09-02	307	26.3	0
Gwangju	1998-09-14	595	25.4	0	Jeju	1998-09-05	380	24.1	0
	1999-09-15	80	26.1	0		1999-09-11	383	26.1	0
	2000-09-14	80	18.3	52.1		2000-09-11	387	21.2	5.5
	2001-08-22	200	26.4	0		2001-09-21	200	22.3	0.4
	2002-08-27	448	27.2	11.5		2002-05-25	240	20.5	0
	2003-09-14	52	21.3	0		2003-09-19	82	23.4	7.5
	2004-09-24	150	21.3	0		2004-09-02	62	24.2	0
	2006-10-10	547	19.4	0		-	-	-	-
	2007-09-14	238	22.8	92.0		2007-09-28	154	22.6	0
	2008-09-03	1,348	24.9	0		2008-08-31	432	24.8	0
	2009-09-11	450	26.2	0		2009-05-09	22	22.7	0
	2010-09-16	99	24.6	0		2010-09-29	189	18.5	0.4
	2011-09-03	304	26.5	0		2011-09-20	134	21.0	0

으로 꽃가루 농도가 증가하고 있음을 보여주고 있다(Fig. 1).¹²

식생면적과 꽃가루 농도, 기상 요소의 관계

돼지풀의 경우 서울과 가까운 구리가 가장 큰 면적을 차지하고 있었다. 구리, 광주, 대전의 순으로 돼지풀의 식생분포가 넓고 평균 개체 수도 많았다. 환삼덩굴은 광주, 구리, 대전 순으로 식생이 분포함을 알 수 있었다. 지역별로는 구리지역은 돼지풀이 환삼덩굴에 비해 높은 비율을 차지하였으며, 광주와 대전의 경우는 환삼덩굴이 돼지

풀보다 높은 비율을 가지고 있었다. 지역별로 잡초류의 분포가 달라지며, 발생하는 꽃가루 농도의 추이 또한 달라지는 양상을 보였다.

지역별로 돼지풀과 환삼덩굴 꽃가루의 최대 발생일 기준으로 2007-2012년 자료를 모두 사용하여 분석하였다(Tables 4, 5). 돼지풀은 식생면적이 넓은 구리지역이 광주, 대전에 비해서 돼지풀의 농도가 높음을 알 수 있었다. 광주와 대전의 식생면적은 각각 1,540 m²와 1,237 m²로 면적의 차이가 크지 않았으며 꽃가루 농도의 발생량 또한 비슷한 결과를 보였다. 환삼덩굴은 돼지풀에 비해서 발생하는 꽃가루의 농도가 높았으며, 특히 식생면적이 넓은 광주지역에서

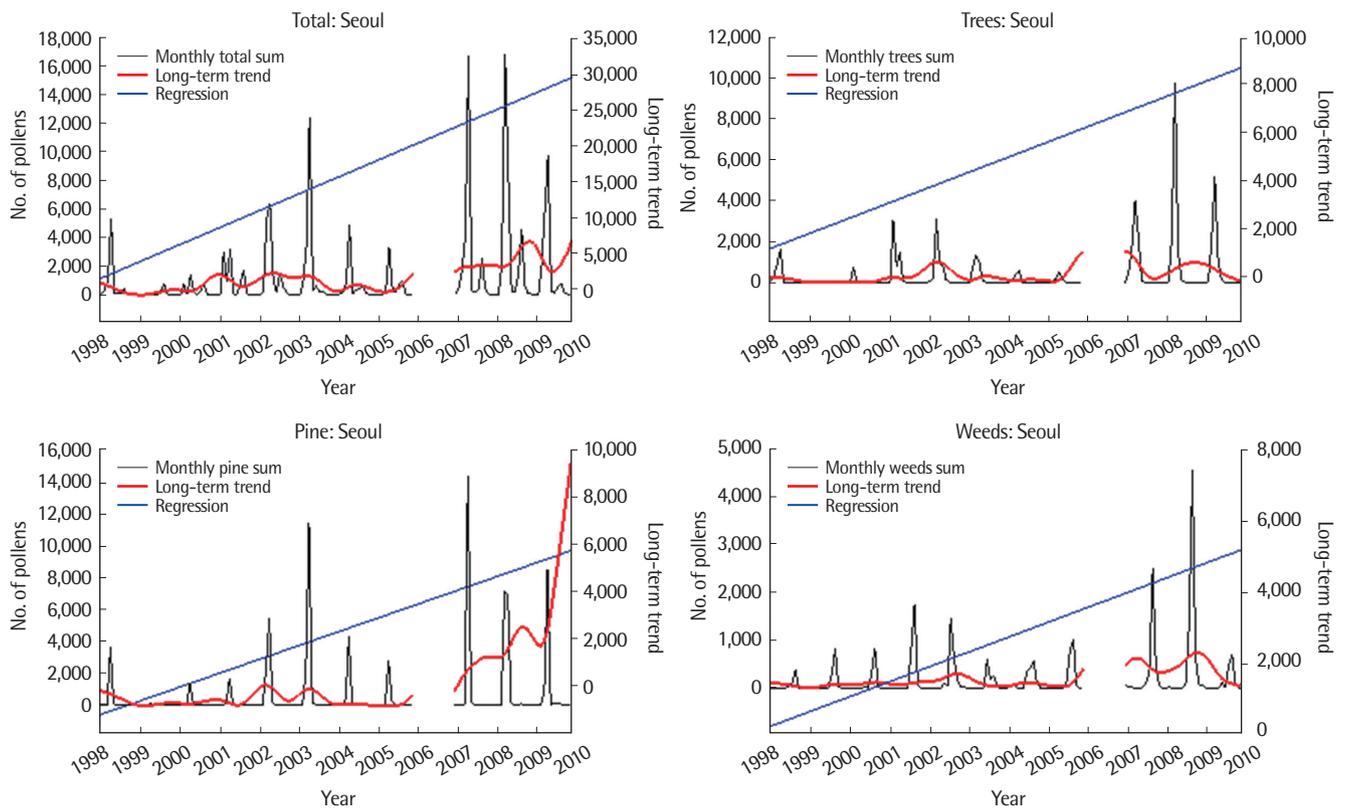


Fig. 1. Long-term analysis of allergic pollen concentration by X11-ARIMA.

Table 4. The meteorological condition and maximal (max) concentration (conc.) of Ragweed on maximal flowering date in Guri, Gwangju, and Daejeon

Area	Date of the max conc.	Max conc. (n)	Mean temperature (°C)	Degree day	Precipitation	Rainfall (mm)	7-day sunshine (hr)	Allergy risk level
Guri	2007-09-07	60	21	3,674.5	0	0	2.6	Dangerous
	2008-09-14	106	23.9	3,783.8	0	0	51	Dangerous
	2009-09-03	98	22.3	3,537.5	0	0	48.9	Dangerous
	2011-09-01	36	26.3	3,311.5	0	0	42.7	Moderate
	2012-09-12	33	20.6	3,756.3	0.5	0.33	48.3	Moderate
Gwangju	2008-09-11	48	25.4	3,978.4	0.1	1.8	49.9	Moderate
	2009-09-18	40	21.2	4,090.4	0	0	51.2	Moderate
	2011-08-28	18	26.9	3,463.3	-	-	14.5	Mild
Daejeon	2008-08-27	17	22.4	3,372.2	-	-	47.5	Mild
	2011-09-01	23	26.2	3,422.5	-	-	45.4	Mild
	2012-09-14	9	19.2	3,919.8	2.5	18.85	29.1	Mild

Table 5. The meteorological condition and maximal (max) concentration (conc.) of Japanese Hop on max flowering date in Guri, Gwangju, and Daejeon

Area	Date of the max conc.	Max conc. (n)	Mean temp (°C)	Degree day	Precipitation	Rainfall (mm)	7-day sunshine (hr)	Allergy risk level
Guri	2007-09-12	162	23.5	3,764.6	0	0	30.5	Dangerous
	2008-09-14	886	23.9	3,783.8	0	0	51.0	Severe
	2009-09-10	226	21.7	3,701.6	0	0	51.6	Dangerous
	2011-08-23	109	23.8	3,073.2	0	0	27.4	Dangerous
	2012-09-12	68	20.6	3,756.3	0.5	0.3	48.3	Moderate
Gwangju	2007-09-14	231	22.8	4,065.1	92.0	12.2	50.4	Dangerous
	2008-09-03	1,231	24.9	3,776.6	0	0	40.8	Severe
	2009-09-11	417	26.2	3,933.5	0	0	55.4	Severe
	2011-09-03	290	26.5	3,623.5	-	-	52.3	Dangerous
Daejeon	2008-09-16	194	23.2	3,832.9	-	-	53.3	Dangerous
	2012-09-14	203	19.2	3,919.8	2.5	18.9	29.1	Dangerous

Table 6. Start and end date of flowering, period of flowering, number of days with allergy risk, and maximal (max) pollen concentration (conc.) of Ragweed in Guri, Gwangju, and Daejeon

Year	Area	Start date of flowering	End date of flowering	Period of flowering	No. of days with allergy risk (moderate level)	Max pollen conc.
2007	Guri	08-22	10-13	53	2	60
	Gwangju	06-21	10-31	133	0	5
	Daejeon	-	-	-	-	-
2008	Guri	08-28	10-04	38	16	106
	Gwangju	09-03	09-30	28	8	48
	Daejeon	08-10	10-12	64	0	17
2009	Guri	08-29	09-14	17	13	98
	Gwangju	08-14	09-20	38	3	40
	Daejeon	-	-	-	-	-
2011	Guri	08-22	09-11	21	2	36
	Gwangju	08-28	09-29	33	0	18
	Daejeon	08-31	09-27	28	1	23
2012	Guri	08-24	09-24	32	1	33
	Gwangju	-	-	-	-	-
	Daejeon	09-05	10-02	28	0	68

Table 7. Start and end date of flowering, period of flowering, number of days with allergy risk (moderate level), and maximal (max) pollen concentration (conc.) of Japanese Hop in Guri, Gwangju, and Daejeon

Year	Area	Start date of flowering	End date of flowering	Period of flowering	No. of days with allergy risk (moderate level)	Max pollen conc.
2007	Guri	09-02	10-07	36	16	162
	Gwangju	09-13	10-08	26	4	231
	Daejeon	-	-	-	-	-
2008	Guri	08-28	09-23	27	23	886
	Gwangju	08-30	09-18	20	16	1,231
	Daejeon	08-25	09-22	29	13	194
2009	Guri	08-24	09-14	22	16	226
	Gwangju	08-29	09-14	17	13	417
	Daejeon	08-20	10-04	46	0	19
2010	Guri	09-15	09-29	15	0	18
	Gwangju	09-06	09-28	23	4	93
	Daejeon	08-28	09-22	26	0	11
2011	Guri	08-20	09-08	20	6	109
	Gwangju	08-26	09-25	31	8	290
	Daejeon	08-30	09-24	26	9	220
2012	Guri	08-25	09-17	24	3	68
	Gwangju	-	-	-	-	-
	Daejeon	09-05	09-30	26	4	203

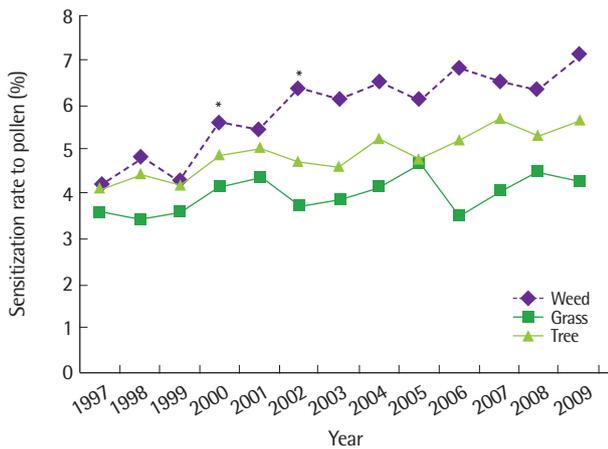


Fig. 2. Annual sensitization rates to pollens from 1997 to 2009 in Seoul. * $P < 0.05$.

가장 높은 농도를 보였다. 구리와 대전은 광주에 비해 좁은 식생면적으로 최대 꽃가루농도의 발생도 광주에 비해 적었다.

최대발생일 기준으로 기상 요소와 알레르기 위험도를 함께 비교 분석한 결과 최대발생일은 지역별로 차이가 있었고 한 지역에서도 연도별로 보면 공통적인 경향이 없었다.¹⁸ 기상 요소별로 살펴보면 평균기온의 경우 돼지풀과 환삼덩굴 모두 20°C 이상에서 무강수일 때 가장 많은 꽃가루 농도가 발생했다. 알레르기 위험도를 기준으로 살펴보면 연도별로 약간의 변동은 있었으나 대체로 최대발생일 기준으로 알레르기 위험도는 위험, 매우 위험의 정도를 가지고 있었다(Tables 6, 7).¹⁹

식생면적을 통한 꽃가루 농도 산출

식생면적을 통한 꽃가루 농도를 추정하기 위한 효과적인 인자를 찾아내어 식생밀도에 따른 함수를 개발하였다. 이 연구에서 고려한 인자는 개화 시기, 개화일수, 알레르기 위험도 조짐 이상 일수, 일일 꽃가루 발생 최대량 등으로 이들과 식생면적과의 관계를 분석하였다. 제시한 변수 중에서 식생면적과 가장 상관성이 높은 인자와의 회귀분석을 통해 식생면적에 따른 꽃가루 발생 역제 가이드라인을 제시하였다. 선택된 인자와 식생면적 간 관계의 지속성을 살피기 위하여 최근 6년간(2007-2012년)의 자료를 분석하였다. 각 지역/연도별 개화 시기, 종료 시기, 개화일수, 알레르기 위험도 조짐 이상의 일수, 일일 꽃가루 최대량의 결과를 분석하여 식생면적에 따른 위험도를 구하였다. 개화 시기와 종료 시기는 1년을 주기로 전체 꽃가루 농도의 10%가 관측되는 날과 90%가 관측되는 날로 계산하였다. 꽃가루 개화 시작과 종료 시기의 선택을 10% 수준으로 정한 것은 꽃가루가 대체적으로 많이 발생하는 기간을 보다 안정적으로 판정하기 위함이다.

돼지풀의 경우 구리지역의 개화 시작은 8월말이었으나 광주와

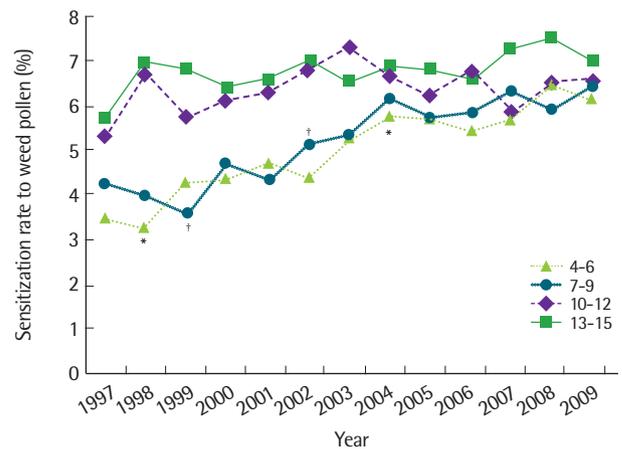


Fig. 3. Annual sensitization rates to weed pollen allergens according to age. Weed pollen included ragweed, Japanese hop and mugwort. * $P < 0.05$ between 1998 and 1999, and between 2002-2004 in 4-6 years of age. † $P < 0.05$ between 1999 and 2000 in 7-9 years of age.

대전은 불규칙적인 개화 시기를 보였으며 종료 시기 또한 불규칙하였다. 식생면적과 가장 큰 관계가 있는 것은 최고 일별 꽃가루 농도였다. 돼지풀의 식생면적이 가장 큰 지역은 구리지역으로 최고 일별 꽃가루 농도 또한 광주와 대전에 비해 높았다. 광주와 대전은 구리에 비해 돼지풀의 식생 면적이 매우 좁으며 꽃가루의 농도도 적었다. 최고 일별 꽃가루 농도는 식생면적이 넓은 순서로 일치하였다. 광주 경우 환삼덩굴의 식생 면적은 35,169 m²로 가장 넓었고 그에 따른 최고 농도도 높았다. 광주 다음으로 넓은 구리지역은 대전에 비해 최고 꽃가루 농도가 높았다.¹⁹

국내 소아청소년에서의 꽃가루 감작률의 증가

알레르기 꽃가루에 대한 감작률의 3세에서 15세의 연령을 4군(3-5세, 6-9세, 10-12세, 13-15세)으로 분류하여 각 군별 알레르기 꽃가루에 대한 감작률을 연도별, 나이별로 비교한 결과 잡초류에서 증가하는 추세를 보였다(Fig. 2).²⁰ 역학조사에 따르면 소아에서도 천식이나 알레르기비염, 아토피피부염 등이 매년 증가하고 있는 추세이며 이전의 보고에서 청소년 이상 연령에서 발병률이 더 높은 것으로 보고되고 있었으나 이러한 질환이 어린 연령에서도 서서히 증가되고 있다(Fig. 3).

꽃가루에 대해 1997년부터 대한 소아알레르기 호흡기학회 꽃가루 연구회 주관으로 전국 8개 지역의 꽃가루 분포에 대해 조사를 꾸준히 실시하고 있다.¹⁵⁻¹⁷ 향후 기후 변화로 인해 꽃가루 생태의 변화는 더욱 더 심하게 일어날 것으로 예상하고 있으며 이러한 기후의 급변에 따라 알레르기 꽃가루 증가로 인하여 알레르기질환도 급증할 것으로 예상할 수 있어 대기 중 알레르기 꽃가루 예보제는 이제는 필수적인 요소가 되었다.

알레르기 꽃가루 예보제

기상 요소를 이용한 꽃가루 시작, 절정, 종료 기간 등에 대한 예측식이 연구되고 이를 통계적 방법을 이용한 단기간의 예측모델뿐만 아니라 장기간의 예측모델에 대한 연구도 수행하였다. 꽃가루알레르기 환자들의 피해를 최소화하고 일반인들의 건강을 보호하기 위해 관측된 꽃가루 농도의 종별, 월별 분포 분석 및 꽃가루 종류에 따른 알레르기 유발 가능성 정도를 분석하였다. 종전에 사용하였던 예년 꽃가루 농도를 평균으로 하여 예상치로 사용하는 것은 최근과 같이 기후 변화로 꽃가루의 분포가 빠르게 변화되고 있는 상황에서는 그의 한계가 있다. 이를 좀 더 통계적으로 의미를 갖기 위해 다양한 기후 요소들을 이용하여 예보식을 개발하기 위해 대한 소아알레르기 호흡기학회 꽃가루 연구회와 국립기상과학원이 공동으로 기상에 따른 꽃가루 농도 예보식 개발을 위해 꽃가루 농도에 영향을 줄 것으로 판단되는 10가지 이상의 기상 요소를 선별하고 서울지역의 과거 10년간의 관측 자료를 이용하여 다변량 통계자료 분석기법에 의한 종별·월별 예보식을 개발하였고¹³ 최근 이를 개선하여 보고하고 있다.²¹⁻²³

꽃가루 농도 예보제가 좀 더 확실하고 현실적으로 알레르기 환자들에게 유용한 임상적인 자료가 되기 위해 대한 소아알레르기 호흡기학회 꽃가루 연구회에서는 관측된 꽃가루 농도 자료를 이용하여 꽃가루 농도 분포 특성과 알레르기 환자들의 알레르기 발현성을 조사 분석하였다. 수목류 중 소나무의 농도는 전 지역에서 가장 높게 나타나고 있으나, 소나무 화분으로 인한 알레르기 유발 가능성은 다른 종류의 꽃가루에 비해 매우 낮다. 반면 자작나무, 느릅나무 등과 같은 수목류와 돼지풀 등과 같은 잡초류는 그 발생량은 적으나 알레르기를 유발할 가능성은 매우 높아 꽃가루알레르기 환자에게는 특히 주의해야 할 식물로 나타났다.¹³

꽃가루알레르기 위험 기준별로 꽃가루 종류별 농도 분포를 살펴보면 수목류, 잔디류, 잡초류 모두 90% 이상이 위험이 없는 것으로 나타나고 있다. 이 구분에 사용된 위험 기준은 미국의 기준을 참조한 것으로 국내의 알레르기 환자에 대한 영향도와는 다를 수 있기 때문에 보다 더 정확한 위험도 정보를 제공하기 위해서는 우리나라 호흡기 알레르기 환자에 맞는 위험 기준을 설정하는 것이 향후 중요한 과제로서 현재 환경부와 연구되고 있다.

결론

기후 변화는 산업화 이후 세계적으로 점차적으로 급증하게 된 석유 에너지의 사용의 증가와 무분별한 토지 개발 등으로 인한 지구 황폐화 현상으로 지구의 재앙이다. 최근 기후 변화에 직접적으로 영향을 미치는 CO₂와 오존 등 온실가스에 대한 연구가 증가하고 있는데 CO₂ 증가는 인간의 생리학적, 병리학적인 변화에도 중요

한 영향을 미치며 건강과 밀접한 관계가 있는 식물의 생리적 변화도 유도하였다. 이러한 현실에서 꽃가루의 변동은 더욱 더 심하게 일어날 것으로 예상하고 있으며 이러한 기후의 급변에 따라 알레르기 꽃가루의 증가로 인하여 알레르기질환도 급증할 것으로 예상할 수 있어 이에 대해 향후 알레르기 발생을 감소시키고 예방할 수 있도록 국가적 차원의 관리와 예보가 중요하다.

감사의 글

1997년 이래 20년 동안 대한 소아알레르기 호흡기학회 꽃가루 연구회 회원 여러분의 아낌없는 협조와 격려에 힘입어 꽃가루 알레르기 연구가 지속될 수 있었습니다. 이에 여러 연구회 회원인 부산 성모병원 김성원 원장과 황윤하 과장, 대구파티마병원 강인주 원장, 대구가톨릭의과대학 정혜리 교수, 강릉아산병원 김봉성 교수, 춘천 강원대학병원 김자경 교수, 전주예수병원 박강서 과장, 광주 보훈병원 국명희 과장, 조선대학교 의과대학 양은석 교수, 울산동강병원 이동진 과장, 포항 ABC 의원 김광우 원장에게 감사를 드리며, 또한 국립기상과학원 응용기상연구과 김백조 과장, 김규량 연구관, 조창범 연구사, 김미진, 김태희 연구원과 포천 대진대학 백원기 교수에게도 심심한 감사를 드립니다.

REFERENCES

1. Asher MI, Montefort S, Björkstén B, Lai CK, Strachan DP, Weiland SK, et al. Worldwide time trends in the prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinoconjunctivitis, and eczema in childhood: ISAAC phases one and three repeat multicountry cross-sectional surveys. *Lancet* 2006;368:733-43.
2. Hwang SH, Jung SY, Lim DH, Son BK, Kim JH, Yang JM, et al. Epidemiology of allergic rhinitis in Korean children. *Allergy Asthma Respir Dis* 2013;1:321-32.
3. Beggs PJ. Impacts of climate change on aeroallergens: past and future. *Clin Exp Allergy* 2004;34:1507-13.
4. Smith M, Emberlin J. A 30-day-ahead forecast model for grass pollen in north London, United Kingdom. *Int J Biometeorol* 2006;50:233-42.
5. Vázquez LM, Galán C, Domínguez-Vilches E. Influence of meteorological parameters on Olea pollen concentrations in Córdoba (south-western Spain). *Int J Biometeorol* 2003;48:83-90.
6. D'Amato G, Cecchi L. Effects of climate change on environmental factors in respiratory allergic diseases. *Clin Exp Allergy* 2008;38:1264-74.
7. Betts RA, Boucher O, Collins M, Cox PM, Falloon PD, Gedney N, et al. Projected increase in continental runoff due to plant responses to increasing carbon dioxide. *Nature* 2007;448:1037-41.
8. Ziska LH, Gebhard DE, Frenz DA, Faulkner S, Singer BD, Straka JG. Cities as harbingers of climate change: common ragweed, urbanization, and public health. *J Allergy Clin Immunol* 2003;111:290-5.
9. Ziska LH, Epstein PR, Schlesinger WH. Rising CO₂(2), climate change, and public health: exploring the links to plant biology. *Environ Health Perspect* 2009;117:155-8.
10. Buck P, Levetin E. Airborne pollen and mold spores in a subalpine environment. *Ann Allergy* 1985;55:794-801.

11. Oh JW, Lee HR, Kim JS, Lee KI, Kang YJ, Kim SW, et al. Aerobiological study of pollen and mold in the 10 states of Korea. *Pediatr Allergy Respir Dis* 2000;10:22-33.
12. Oh JW, Kang IJ, Kim SW, Kook MH, Kim BS, Shin KS, et al. The correlation between increased sensitization rate to weeds in children and the annual increase in weed pollen in Korea. *Pediatr Allergy Respir Dis* 2006;16:114-21.
13. Singer BD, Ziska LH, Frenz DA, Gebhard DE, Straka JG. Increasing Ambrosia 1 content in common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) pollen as a function of rising atmospheric CO₂ concentration. *Funct Plant Biol* 2005;32:667-70.
14. Basset IJ, Crompton CW. The biology of canadian weeds. 11 *Ambrosia artemisiifolia* L, and *A. psilostachya* DC. *Can J Plant Sci* 1975;55:463-76.
15. Solomon WR. Ragweed pollinosis: answers awaiting explanations. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2001;86:141-2.
16. Wayne P, Foster S, Connolly J, Bazzaz F, Epstein P. Production of allergenic pollen by ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) is increased in CO₂-enriched atmospheres. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2002;88:279-82.
17. Houghton JT, Meira LG, Callander BA. *Climate change 1995: The science of climate change*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
18. Kang HN, Yun HS, Choi YJ, Oh JW, Min UY, Heo YS, et al. Evaluation of the association between pollen count and the outbreak of allergic disease. *Allergy Asthma Respir Dis* 2016;4:415-22.
19. Kim JH, Oh JW, Lee HB, Kim SW, Chung HL, Kook MH, et al. Evaluation of the association of vegetation of allergenic plants and pollinosis with meteorological changes. *Allergy Asthma Respir Dis* 2014;2:48-58.
20. Kim JH, Oh JW, Lee HB, Kim SW, Kang IJ, Kook MH, et al. Changes in sensitization rate to weed allergens in children with increased weeds pollen counts in Seoul metropolitan area. *J Korean Med Sci* 2012;27:350-5.
21. Oh JW. Characteristics and distribution of airborne pollen and mold. *Pediatr Allergy Respir Dis* 1998;8:1-15.
22. Oh JW. Development of pollen concentration prediction models. *J Korean Med Assoc* 2009;52:579-91.
23. Kim KR, Kim M, Choe HS, Han MJ, Lee HR, Oh JW, et al. A biology-driven receptor model for daily pollen allergy risk in Korea based on Weibull probability density function. *Int J Biometeorol* 2017;61:259-72.