

기상 변화에 따른 알레르기 유발식물과 알레르기질환 간의 상관관계

김주화¹, 오재원¹, 이하백¹, 김성원², 정혜리³, 국명희⁴, 박강서⁵, 김봉성⁶, 김자경⁷, 이동진⁸, 백원기⁹, 김규량¹⁰, 이혜림¹⁰, 최영진¹⁰, 유승도¹¹, 김정화¹¹, 조용성¹¹

¹한양대학교 의과대학 소아청소년과학교실, ²부산성모병원 소아청소년과, ³대구가톨릭대학교 소아청소년과학교실, ⁴광주보훈병원 소아청소년과, ⁵전주예수병원 소아청소년과, ⁶강릉아산병원 소아청소년과, ⁷강원대학교 의과대학 소아청소년과학교실, ⁸울산동강병원 소아청소년과, ⁹대진대학교 생명과학과, ¹⁰국립기상연구소 응용기상연구팀, ¹¹국립환경과학원 환경보건연구과

Evaluation of the association of vegetation of allergenic plants and pollinosis with meteorological changes

Joo-Hwa Kim¹, Jae-Won Oh¹, Ha-Baik Lee¹, Seong-Won Kim², Hai-Lee Chung³, Myung-Hee Kook⁴, Kang-Seo Park⁵, Bong-Seong Kim⁶, Ja-Kyung Kim⁷, Dong-Jin Lee⁸, Won-Ki Paik⁹, Kyu-Rang Kim¹⁰, Hey-Lim Lee¹⁰, Young-Jin Choi¹⁰, Seung-Do Yu¹¹, Jeong-Hwa Kim¹¹, Yong-Seong Cho¹¹

¹Department of Pediatrics, Hanyang University College of Medicine, Seoul; ²Department of Pediatrics, Busan St. Mary's Hospital, Busan; ³Department of Pediatrics, Catholic University of Daegu School of Medicine, Daegu; ⁴Department of Pediatrics, Gwangju Veteran's Hospital, Gwangju; ⁵Department of Pediatrics, Jeonju Presbyterian Medical Center, Jeonju; ⁶Department of Pediatrics, Gangneung Asan Hospital, Gangneung; ⁷Department of Pediatrics, Gangwon National University School of Medicine, Chuncheon; ⁸Department of Pediatrics, Ulsan Dongkang Hospital, Ulsan; ⁹Department of Life Science, Daejin University, Pocheon; ¹⁰Applied Meteorology Research Laboratory, National Institute of Meteorological Research, Seoul; ¹¹Department of Environmental Health Research, National Institute of Environmental Research, Incheon, Korea

Purpose: There are a number of reports suggesting that widespread propagation of weeds and high concentration of weed pollen have been contributed to climate change. We investigated the interrelationship between allergenic pollen concentration, allergic symptom and meteorological factor.

Methods: We collected data of pollen concentration and meteorological factors in 7 stations nationwide during between 1998 and 2012. We recruited total 297 allergic patients sensitized to weed pollens from each station, conducted a survey about allergic symptom, and calculated symptom index. We surveyed the vegetation area of ragweed and Japanese hop. Based on these data, we performed the long-term trend analysis (X11-ARIMA, autoregressive integrated moving average) on regional pollen concentration, and correlation analysis to investigate the interrelation between weed pollen concentration, allergy symptom index and meteorological factor. We have also done regression analysis on vegetation area and maximal pollen concentration.

Results: Long-term trend analysis showed the increasing trend of pollen concentration in Seoul. Weed pollen concentration, allergy symptom index and each meteorological factor were not correlated significantly. Regression analysis revealed that increase of weed vegetation area results in increase of weed pollen concentration. Through this regression equation, we estimated the vegetation area that can product pollen concentration triggering allergenic risk.

Conclusion: Meteorological factors, pollen concentration and allergic symptoms should be consistently assessed and the relationship between each factor should be analyzed, considering climate change. It is necessary to verify the equation for pollen estimation by vegetation area and set up a policy for vegetation control focused on the reduction of allergenic pollen. (*Allergy Asthma Respir Dis* 2014;2:48-58)

Keywords: Pollen, Plant weeds, Meteorological factors, Allergic rhinitis

Correspondence to: Jae-Won Oh
Department of Pediatrics, Hanyang University Guri Hospital, Hanyang University College of Medicine,
153 Gyeongchun-ro, Guri 471-701, Korea
Tel: +82-31-560-2254, Fax: +82-31-552-9493, E-mail: jaewonoh@hanyang.ac.kr

• This study was supported by the grant from the National Institute of Environmental Research and the National Institute of Meteorological Research.

Received: July 12, 2013 Revised: November 19, 2013 Accepted: November 20, 2013

© 2014 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/3.0/>).

서 론

최근 기후 변화로 인하여 알레르기질환이 증가하는 경향을 보이며 꽃가루와 곰팡이와 같은 실외 알레르겐의 역할에 대한 관심이 높아지고 있다. 꽃가루에 의한 알레르기질환을 화분증이라고 부르며, 관련 질환으로 알레르기비염, 알레르기결막염, 천식, 아토피피부염 및 기타 위장관질환이 있다.¹⁾ 1980년대 이래 꽃가루와 알레르기 및 호흡기질환과의 연관성에 대한 연구가 많이 보고되고 있고, 소아알레르기 환자에서의 꽃가루 감각률이 지속적으로 증가하는 양상을 보이고 있다.²⁻⁴⁾ 기후 변화는 식물의 성장 및 분포에 영향을 미칠 뿐만 아니라 식물에서 생성되는 꽃가루의 양과 시기에 따른 분포 양상에도 변화를 준다.^{5,6)} 꽃가루 농도의 변화는 기상 요소들의 변화와 밀접한 관계가 있는데 특히, 기온과 강수량이 중요한 인자로 작용한다. 주로 10°C-30°C의 기온에서, 강수량이 적을수록 꽃가루 농도가 높게 분포되는 것을 볼 수 있는데 이러한 온도 분포는 식생이 성장하기에 적합한 온도를 나타내기도 한다.^{6,7)}

기후 변화와 알레르기질환의 상관성을 증명하고자 미국이나 유럽에서 많은 연구가 보고되거나 진행되고 있다. 지구 온난화로 인하여 대기 중 이산화탄소의 농도가 2배로 증가하게 되면 돼지풀의 생성은 61% 증가한다는 보고가 있다. 산업화 이전과 비교하여 1990년대 지구의 CO₂의 농도는 29% 증가되었으며, 이런 추세는 2000년대에도 지속되고 있는데 이러한 기후 변화가 유럽에서의 돼지풀 증식에 중대한 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다.^{4,8)}

최근 증가하고 있는 알레르기질환의 발생을 억제하기 위한 대책의 일환으로 기후 변화와 식생 및 꽃가루 분포 변화와 관련하여 알레르기질환의 유발 가능성에 대한 연구가 절실히 필요하다. 본 연구에서는 꽃가루 발생수치를 예측할 수 있는 보건의료를 구축하기 위한 기반으로, 국내의 기상 변화와 알레르기 유발식물 및 화분 농도, 알레르기질환 간의 상관관계를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 꽃가루 채집과 관측

1) 꽃가루 채집센터 및 채집 방법

1998년부터 2012년까지 국내의 7개 지역을 대상으로 선정하여 연구원의 접근이 용이하고 주변의 환경이 꽃가루의 분포를 측정하는데 적합한 병원이나 건물의 옥상에 지면으로부터 1.5 m 높이에 Burkard seven days sampler (Burkard Manufacturing Co., Hertfordshire, UK)를 설치하여 매일 측정하였다. 대상 지역은 서울지역은 한양대학교 서울병원, 경기지역은 한양대학교 구리병원, 강원지역은 강릉아산병원, 경북지역은 대구가톨릭대학교병원, 부산지역은 부산성모병원, 광주지역은 광주보훈병원, 제주지역은 제주대학교병원으로 지정하였다. 지역별로 꽃가루를 포집한 주간용 드럼을

매주 수집하여 알루미늄 보관함에 넣어 관독을 담당하는 한양대학교 구리병원으로 보내어 관독하였다.

2) 꽃가루의 동정 및 관찰 방법

꽃가루 농도 관독을 담당하는 2명의 관독연구원이 꽃가루가 포집된 글리세린 접착비닐을 Calberla's fuchsin 염색용액(10-mL glycerin, 20-mL 95% Alcohol, 30-mL distilled water와 0.2-mL basic fuchsin)으로 염색하여 광학현미경에서 400배의 배율로 꽃가루를 관찰 동정하여, m³당 각 꽃가루 수를 계산하여 기록하였으며 분포를 지역별로 비교하였다.⁹⁾ 꽃가루의 형태적 감별은 각 지역별로 조사된 수목 및 잡초 등의 분포를 고려하면서 각 꽃가루의 크기, 표면무늬, 화분공의 형태에 따라 종류별로 비교 분류하였다.^{10,11)}

2. 지역별, 연도별 기상 요소와 꽃가루 농도 변화

채집 기간 동안 각 지역에서의 채집 날짜에 따른 날씨에 관한 여러 변수를 각 지역의 기상 자료와 연계하면서 기록하여 그 지역의 꽃가루 분포와의 연관성을 비교하였다. 6개 지역(서울, 구리, 강릉, 대구, 부산, 광주)에서 2009년부터 2012년까지 꽃가루 농도(concentration of monthly pollen)와 기상 요소(평균기온, 강수량, 평균 풍속, 평균습도, 최고기온, 최저기온, 일교차, 강수지속시간, 7일 누적일조시간, 적산온도)를 측정하였다.

3. 알레르기 피부시험 및 혈액검사를 이용한 감각률 조사

2009년부터 2012년까지 알레르기성 꽃가루에 대한 감각률을 조사하기 위하여 각 꽃가루 채집센터가 소재한 병원들 중 소아과, 내과, 이비인후과 등과 협의하여 알레르기비염 증상을 호소하는 환자를 대상으로 피부반응시험 또는 혈액 검사상 돼지풀이나 환삼덩굴 꽃가루에 양성반응을 보인 경우 알레르기 꽃가루에 대한 감각양성으로 정의하였으며 이들의 자료를 지역별, 연령별, 성별 등으로 분류하여 정리하였다. 해당 병원은 서울지역은 한양대학교 서울병원, 경기지역은 한양대학교 구리병원, 강원도지역은 강릉아산병원, 경북지역은 대구가톨릭대학교병원, 부산지역은 부산성모병원, 광주지역은 광주보훈병원으로 정하여 자료를 수집하였다. 본 연구는 알레르기비염 환자 모집 및 증상설문, 피부반응시험, 혈액검사에 대하여 환자 및 보호자의 동의와 연구 시행을 위하여 각 참여 병원의 의학연구윤리심의위원회의 심의를 통과하였다.

4. 알레르기비염 증상지수 조사를 위한 설문

6개 지역(서울, 구리, 강릉, 대구, 부산, 광주)의 연구 병원에 내원하는 꽃가루 알레르기로 진단된 계절성 알레르기비염 환자만을 대상으로 직접 환자에게 매일 설문조사를 시행하여 그때마다의 증상을 표시하도록 하여 동일한 날의 꽃가루 농도와 비교하고자 하였다.

• 매년 봄이나 가을이 되면 증상이 반복됩니까?

- 알레르기비염 이외의 다른 증상이 있습니까? (천식, 아토피피부염 등)
- 가족 중 알레르기질환을 가진 경우가 있습니까?
- 이 질환으로 병원에서 치료를 받았습니까?

연구 기간에 모집된 꽃가루 감작 양성 환자들 중 상기 질문에 긍정적으로 대답한 환자를 대상으로 알레르기 증상에 대한 전화 설문 조사를 봄(3월 초-5월 초)과 가을(8월 말-11월 초)에 걸쳐 주 3회 실시하였다. 봄철 꽃가루 알레르기 환자는 146명이었고, 가을철 꽃가루 알레르기 환자는 151명이었으며 이들 대상자들의 남녀의 비율은 남자가 153명, 여자가 144명이었다. 연령대는 3-5세가 55명, 6-9세가 75명, 10-12세가 73명, 12세 이상이 94명이었다.

환자의 증상을 객관적으로 기록하기 위해 5개 증상 항목(맑은 콧물, 재채기, 코 가려움, 코 막힘, 알레르기 약제 투여)에 대한 알레르기비염 증상지수(symptom index)를 설문지에 기입하도록 하였다(Fig. 1). 증상지수의 계산방식은 total four-symptom score (T4SS)의 방식을 따라서 하였으며, 설문지의 모든 항목의 점수를 합한 수로 정의하였다.¹²⁾ 첫 4개의 항목에 대하여 증상 중증도를 10점 단위의 점수로 표기하여 최소 10점에서 최대 50점까지 분류하였고, 마지막 항목인 알레르기 약제나 항히스타민제를 투약하였을 경우에는 50점을 추가하여 합산하였다. 증상지수는 각 항목의 점수를 합한 것으로 하여 증상이 없는 경우 40점이 되며 증상이 가장 심한 경우 200점으로 평가하고 약물 투여의 경우 50점을 추가하여 환자가 설문지에 그 점수를 매일 기록하였다.

5. 식생면적 조사

본 연구는 국립기상연구소 학술용역연구과제의 일환으로 생물학과 교수들이 공동연구를 참여하고 있어 식생면적 조사를 위하여 2012년 7월부터 11월까지 이들이 직접 연구대상지역을 가서 식생분포 현장조사를 시행하였다. 국내에 분포하는 꽃가루 알레르기 유발식물인 돼지풀, 단풍잎돼지풀, 환삼덩굴의 식생면적과 꽃가루 발생량과의 관계를 분석하기 위하여 기상청의 꽃가루 측정망이 있는 구리(한양대학교 구리병원), 대전(대전 지방 기상청), 광주(광주

보훈병원)의 측정망 주변 4 km² 범위 내에서 세 가지 식물의 분포면적을 조사하였다. 식물의 지역별 분포조사에서 각 식물의 개체 수 측정도 함께 하였는데, 환삼덩굴은 덩굴식물로서 개체 수 측정이 어려워 분포조사에서는 제외하였다.

6. 통계 분석

지역별, 연도별 기상 변화에 따른 꽃가루 농도 변화를 알아보기 위하여 기상요소 중 평균기온, 7일 누적일조시간, 적산온도를 변수로 하여 시계열 분석을 하였다. 분석에는 장기추세분석 방법인 X11-ARIMA (autoregressive integrated moving average) software package가 사용되었다. 상관관계의 정도를 나타내는 단위로 상관계수 ρ를 사용하였고, ρ>0.7을 strong relation으로 판정하고 P값은 <0.05의 경우 통계학적으로 유의한 것으로 판단하였다. 또한, 식생면적과 최고 일별 꽃가루 농도 간의 상관성 분석을 위하여 단순회귀분석을 시행하였다. 통계분석은 SPSS ver. 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였다.

결 과

1. 지역별, 연도별 기상 요소에 따른 꽃가루 농도 변화

본 연구팀은 13년간(1998-2011년) 서울, 강릉, 대구, 광주, 부산, 제주의 6개 지역 꽃가루 채집센터에서 수집한 꽃가루 농도를 측정하여 평균치를 비교하였다. 꽃가루의 종류는 소나무를 제외한 수목류, 소나무, 잡초류로 구분하여 지역별, 연도별로 평균치를 비교 분석하였다.

소나무를 제외한 알레르기 수목류에서는 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 있으며 지역별로 통계적 의미 있는 차이는 보이지 않았다(Table 2). 기상 요소와의 상관성을 알아본 결과, 평균기온이 15°C-20°C, 강수량이 없을 때 꽃가루 농도의 최고치를 기록하였다. 잡초류의 경우에는 각 지역별, 연도별로 의미 있는 차이를 보이지 않았다(Table 3). X11-ARIMA을 이용하여 장기 추세분석을 해 보았을 때 서울지역에서 전체적으로 꽃가루 농도가 증가하고 있음을 보여주고 있다(Fig. 2).

2. 기상 요소, 잡초류 꽃가루 농도와 알레르기비염 증상지수와의 상관성

연구 대상 지역별로 2009년부터 2012년까지 4년간 관측된 돼지풀과 환삼덩굴 잡초류의 꽃가루 농도(concentration of monthly pollen)와 알레르기 환자 증상지수(symptom index)를 분석하여 기상 요소와의 상관성을 알아보았다. 이전의 연구에서¹³⁾ 꽃가루 농

Fig. 1. Questionnaire for the follow-up of pollen allergy symptoms.

Table 1. Yearly comparison of peak pollen concentration of allergenic trees except pine from six areas in Korea associated with meteorological factors

Seoul				Busan				Gwangju			
Date	Trees	Mean temp. (°C)	Rainfall (mm)	Date	Trees	Mean temp. (°C)	Rainfall (mm)	Date	Trees	Mean temp. (°C)	Rainfall (mm)
1998-05-13	226	16.7	0	1998-04-27	1,707	16.2	0	1998-04-17	248	15.4	5.6
1999-05-05	16	16.5	0	1999-05-14	1,000	17.4	0	1999-03-22	279	1.3	0
2000-03-17	199	7.5	0	2000-03-28	165	12.4	0.9	2000-04-02	92	14.8	0
2001-03-18	796	7.7	0	2001-05-13	1,220	20.6	0	2001-04-02	368	9.7	0
2002-04-22	364	21.0	0	2002-04-21	2,348	17.8	0.3	2002-03-30	212	11.9	1
2003-04-21	318	13.2	0	2003-04-21	1,174	12.1	0	2003-03-11	92	6.4	0
2004-05-13	104	15.8	1.5	2004-04-26	2,346	13.5	65.0	2004-03-22	228	9.5	1.5
2005-05-09	88	13.3	0	2005-05-08	926	13.8	0	2005-04-28	126	19.6	0
2007-04-26	1,240	14.7	0	2007-04-24	1,225	12.5	0	2007-04-27	407	16.1	0
2008-04-17	2,333	18.6	0	2008-04-30	2,448	16.9	0	2008-04-21	987	19.2	0
2009-04-23	838	12.7	0	2009-04-27	766	12.1	1.0	2009-04-19	1,385	19.6	0
2010-05-03	1,089	18.2	0	2010-05-08	564	19.2	0	2010-05-03	1,027	21.2	0
2011-05-04	267	15.9	0	2011-04-24	355	13.0	0	2011-03-12	274	9.4	0

Gangneung				Daegu				Jeju			
Date	Trees	Mean temp. (°C)	Rainfall (mm)	Date	Trees	Mean temp. (°C)	Rainfall (mm)	Date	Trees	Mean temp. (°C)	Rainfall (mm)
1998-05-07	401	20.8	0.3	1998-04-27	29	17.4	0.1	1998-02-23	36	9.1	0.1
1999-05-11	125	17.8	0	1999-04-23	103	19.9	0	1999-04-01	194	17.2	0.3
2000-07-02	17	30.8	0	2000-06-14	53	25.1	0.2	2000-03-15	247	9.8	15.4
2001-05-06	296	16.7	0	2001-05-07	764	18.4	36.9	2001-03-16	988	8.9	2
2002-04-20	376	18.5	0	2002-04-21	332	20.7	1.0	2002-03-04	448	7.9	0
2003-04-20	188	8.2	5.5	2003-04-21	166	12.1	0	2003-03-09	3,812	6.6	0
2004-05-05	186	19.3	0	2004-04-23	128	14.5	0	2004-02-20	1,802	15.4	0
2005-05-30	178	18.2	0	2005-03-13	84	0.2	0	2005-02-25	472	3.4	0
2007-05-17	294	15.6	11.5	2007-05-22	331	21.8	0	2007-04-23	141	14.6	0
2008-03-04	288	0.9	13.9	2008-04-23	817	13.9	7.5	2008-03-09	1,443	8.5	11.0
2009-05-08	795	16.3	0	2009-04-17	420	15.8	0	2009-02-23	1,884	10.7	1.5
2010-05-28	371	15.6	0	2010-05-06	390	22.3	0	2010-05-08	564	17.3	0
2011-05-05	409	12.8	0								

도에 영향을 주는 인자로 분석되었던 기상 요소들 중 가장 큰 영향을 준 평균기온, 적산온도, 7일 누적일조시간을 변수로 하여 알레르기비염 증상지수와와의 상관성을 지역별로 비교 분석하였다. 평균기온과의 관계에서는 일평균기온이 21°C-25°C에서 꽃가루가 많이 분포하였으며, 꽃가루 농도가 증가, 감소하는 경향과 유사하게 알레르기 비염 증상지수도 변화하였다. 적산온도와의 관계에서는 3,500°C-4,100°C에서 꽃가루가 가장 많이 분포하였으며, 증상지수의 변화는 평균기온과의 관계에서와 비슷한 양상을 보였다. 또한 꽃가루 수가 최대일 때 해당하는 적산온도에서 증상지수도 가장 높았다. 한편 7일 누적일조시간과의 관계에서는 평균기온과 적산온도와는 달리 지역별로 약간씩 상이한 꽃가루 분포를 보였다. 7일 누적일조시간이 30-50시간인 경우에 꽃가루 농도가 높게 분포하였으며, 부산 이외의 지역에서는 30시간 미만에서도 꽃가루 농도가 분포하고 있었다. 알레르기비염 증상지수는 꽃가루 농도가 높은 경우에 대체로 큰 값을 보였지만 꽃가루 농도가 낮은 경우에도 큰 값

을 보였다. 3가지 기상 요소 모두에서 꽃가루 농도와 유의한 상관관계를 보이지 않았고, 각 기상 요소에 의한 꽃가루 농도와 증상지수의 회귀 분석 결과는 회귀식이 유의수준 0.05 이상으로 유의하지 않았다(Figs. 3-5).

3. 꽃가루 농도와 기상 요소의 관계 및 1년 식생 분포 분석

지역별로 잡초류의 2012년 한 해의 식생분포와 꽃가루 농도의 분포가 다른 양상을 보였다. 돼지풀의 경우 서울과 가까운 구리가 가장 큰 식생면적을 차지하고 있었다(Table 4). 구리, 광주, 대전의 순으로 돼지풀의 식생 분포가 넓고 평균 개체 수도 많았다. 환삼덩굴은 광주, 구리, 대전 순으로 식생이 분포함을 알 수 있었다. 지역별로 돼지풀과 환삼덩굴의 식생면적을 비교해 보면, 구리지역은 돼지풀이, 광주와 대전에서는 환삼덩굴이 더 높은 비율을 보이고 있었다.

돼지풀과 환삼덩굴 꽃가루 농도와 식생면적과의 연관성을 알아 보기 위하여 2007-2012년 기간 동안, 지역별로 꽃가루의 최대 발생

Table 2. Yearly comparison of peak pollen concentration of pine tree from six areas in Korea associated with meteorological factors

Seoul				Busan				Gwangju			
Date	Pine	Mean temp. (°C)	Rainfall (mm)	Date	Pine	Mean temp. (°C)	Rainfall (mm)	Date	Pine	Mean temp. (°C)	Rainfall (mm)
1998-05-13	711	16.7	0	1998-04-18	10	15.2	10.8	1998-04-27	203	18.6	0
1999-05-21	19	19.4	0	1999-05-26	5	17.1	14.8	1999-05-06	1,000	15.7	0
2000-05-18	803	16.9	0	2000-04-14	9	14.6	0	2000-05-15	631	18.1	1
2001-05-07	292	18.3	5.4	2001-05-02	48	14.3	4.5	2001-05-07	1,500	17.6	11.6
2002-05-14	1,201	21.3	0	2002-02-28	56	10.4	0.4	2002-04-20	1,288	14.7	0.3
2003-05-31	3,520	24.1	0	2003-04-21	16	12.1	0	2003-05-15	566	19.6	0
2004-05-13	2,308	15.8	1.5	2004-04-02	64	10.8	0.5	2004-05-08	2,946	17.4	19.5
2005-05-06	788	11.6	13.5	2005-03-23	24	9.2	2.5	2005-05-17	614	19.9	46.0
2007-05-07	2,532	19.5	0	2007-03-11	12	3.0	0	2007-05-04	633	20.1	0
2008-04-30	2,493	18.2	0	2008-05-10	12	12.8	2	2008-05-01	2,240	20.7	0
2009-05-01	1,478	17.4	0	2009-05-04	1,554	17.1	0	2009-05-02	2,371	17.6	13.5
2010-05-09	2,294	19.0	0	2010-05-05	2,000	18.7	0	2010-05-12	2,055	15.0	0
2011-05-08	1,204	17.3	0	2011-04-24	601	13.0	0	2011-05-07	352	19.8	0

Gangneung				Daegu				Jeju			
Date	Pine	Mean temp. (°C)	Rainfall (mm)	Date	Pine	Mean temp. (°C)	Rainfall (mm)	Date	Pine	Mean temp. (°C)	Rainfall (mm)
1998-05-13	713	18.7	0	1998-04-27	184	17.4	0.1	1999-04-27	1,352	15.8	0
1999-05-08	1,000	21.4	0	1999-05-11	500	17.8	0	2000-04-28	2,113	13.4	0
-	-	-	-	2000-05-02	99	14.9	0	2001-09-19	4	23.3	0
2001-05-15	940	22.3	0	2001-05-05	712	16.6	0	2002-05-19	2,168	15.4	0
2002-04-28	1,792	11.4	0	2002-05-02	1,528	15.5	0	2003-05-25	348	18.4	3
2003-04-27	1,676	20.2	0	2003-05-04	1,080	18.2	0	2004-05-05	1,386	16.8	0
2004-05-13	3,264	14.2	0	2004-05-02	514	15.6	5	2005-04-22	1,936	15.2	0
2005-04-30	362	20.7	0	2005-04-30	1,212	23.0	0	2007-04-24	2,773	13.9	0
2007-05-04	1,127	21.8	0	2007-05-04	767	20.9	0	2008-04-30	2,456	17.1	0
2008-05-03	275	25.3	0	2008-05-01	1,946	21.8	0	2009-04-21	4,253	13.4	0
2009-05-08	1,662	16.3	0	2009-05-04	737	21.4	0	2010-05-05	2,000	20.2	0.1
2010-05-28	2,227	15.6	0	2010-05-12	1,751	16.8	0	2011-05-07	2,311	17.4	0
2011-05-17	783	17.1	0								

일을 기준으로 관련자료를 분석하였다(Tables 5, 6). 돼지풀은 식생 면적이 넓은 구리지역에서 광주, 대전에 비해서 돼지풀의 꽃가루 농도가 높음을 알 수 있었다. 광주와 대전의 식생면적은 각각 1,540 m²과 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 가장 높은 꽃가루 농도를 보였다. 구리와 대전은 광주에 비해 좁은 식생면적을 보였으며, 최대 꽃가루 농도의 발생도 광주에 비해 적었다.

꽃가루의 최대발생일 기준으로 꽃가루 농도와 기상 요소를 비교 분석한 결과 최대발생일은 지역별로 차이가 있었고, 각 지역에서 연도별로 살펴보면 시간적으로는 공통적인 경향이 없었다. 기상 요소별로 살펴보면 평균기온의 경우 돼지풀과 환삼덩굴 모두 20°C 이상에서, 무강수일 때 가장 많은 꽃가루 농도가 발생했다.

4. 식생면적을 통한 꽃가루 농도 추정식 산출

본 연구에서는 식생면적으로 꽃가루 농도를 추정하기 위한 효과적인 인자를 찾아내어 식생면적에 따른 함수를 개발하였다. 관련된 인자로서 개화 시기, 종료 시기, 개화일수, 일일 꽃가루 발생 최대량을 조사하여 이들과 식생면적과의 관계를 분석하였다. 그 결과 식생면적과 가장 상관성이 높은 인자와의 회귀분석을 통해 식생면적에 따른 꽃가루 발생 억제 가이드라인을 제시하였다. 선택된 인자와 식생면적 간 관계의 지속성을 살피기 위하여 최근 6년간(2007-2012년)의 자료를 분석하였다. 지역별, 연도별로 위의 5가지 인자를 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.¹⁴⁾

돼지풀의 경우 구리지역의 개화 시작은 8월 말이었으나 광주와

Table 3. Yearly comparison of peak pollen concentration of allergenic weeds from six areas in Korea associated with meteorological factors

Seoul				Busan				Gwangju			
Date	Weeds	Mean temp. (°C)	Rainfall (mm)	Date	Weeds	Mean temp. (°C)	Rainfall (mm)	Date	Weeds	Mean temp. (°C)	Rainfall (mm)
1998-09-26	85	22.0	0	1998-09-09	197	26.4	0	1998-09-14	595	25.4	0
1999-09-10	121	25.6	4.5	1999-09-16	196	24.5	0	1999-09-15	80	26.1	0
2000-09-10	121	22.2	0	2000-09-16	196	22.0	48.8	2000-09-14	80	18.3	52.1
2001-09-10	308	24.4	0	2001-09-05	96	24.4	1	2001-08-22	200	26.4	0
2002-08-28	532	25.5	0	2002-06-17	100	21.9	0	2002-08-27	448	27.2	11.5
2003-07-23	198	22.3	3.0	2003-09-02	40	24.0	18.5	2003-09-14	52	21.3	0
2004-07-20	96	25.7	1.0	2004-09-10	40	19.7	11.0	2004-09-24	150	21.3	0
2006-10-14	38	18.5	0	2006-09-06	241	19.2	9	2006-10-10	547	19.4	0
2007-09-11	352	24.2	0	2007-09-09	36	22.8	0	2007-09-14	238	22.8	92.0
2008-09-02	710	21.9	5.5	2008-09-12	499	25.0	0	2008-09-03	1,348	24.9	0
2009-08-20	126	26.1	19.5	2009-08-14	87	25.5	0	2009-09-11	450	26.2	0
2010-09-23	61	17.0	0	2010-09-20	110	27.1	0	2010-09-16	99	24.6	0
2011-09-16	190	25.6	0	2011-09-23	140	20.5	0	2011-09-03	304	26.5	0

Gangneung				Daegu				Jeju			
Date	Weeds	Mean temp. (°C)	Rainfall (mm)	Date	Weeds	Mean temp. (°C)	Rainfall (mm)	Date	Weeds	Mean temp. (°C)	Rainfall (mm)
1998-09-14	463	25.7	0	1998-09-07	121	25.9	0.1	1998-09-05	380	24.1	0
1999-09-15	306	20.3	0.8	1999-06-15	31	27.5	0	1999-09-11	383	26.1	0
2000-09-14	306	17.6	111.8	2000-06-30	4	26.2	3.7	2000-09-11	387	21.2	5.5
2001-08-27	224	22.2	0	2001-09-11	212	23.3	0	2001-09-21	200	22.3	0.4
2002-09-23	392	18.7	0	2002-09-13	88	19.9	2.0	2002-05-25	240	20.5	0
2003-10-03	152	15.4	0	2003-09-04	58	26.0	0	2003-09-19	82	23.4	7.5
2004-09-22	24	18.2	0	2004-09-11	30	19.1	22.0	2004-09-02	62	24.2	0
2006-09-19	24	21.4	0	2006-09-10	407	18.3	0	-	-	-	-
2007-09-14	150	21.0	55.0	2007-09-12	209	23.4	0	2007-09-28	154	22.6	0
2008-09-14	204	21.9	0	2008-09-15	607	24.0	0	2008-08-31	432	24.8	0
2009-08-13	73	22.8	0.5	2009-09-09	232	24.7	0	2009-05-09	22	22.7	0
2010-09-17	130	23.5	0	2010-09-19	171	24.1	3.5	2010-09-29	189	18.5	0.4
2011-09-14	100	24.3	0	2011-09-02	307	26.3	0	2011-09-20	134	21.0	0

대전은 불규칙적인 개화 시기를 보였으며 종료 시기 또한 불규칙하였다. 돼지풀의 식생면적이 가장 큰 지역은 구리지역으로 37,948 m²였고, 최고 일별 꽃가루 농도 또한 광주와 대전에 비해 높았다. 환삼덩굴의 경우 광주에서 식생면적이 35,169 m²로 가장 넓었고 그에 따른 최고 일별 꽃가루 농도 역시 높았다. 돼지풀과 환삼덩굴 모두에서 식생면적에 가장 큰 영향을 주는 인자는 일별로 측정되는 최고 꽃가루 농도로서, 식생면적이 클수록 최고 일별 꽃가루 농도가 높았다. 본 연구에서는 이를 통해서 꽃가루 발생에 대한 식생면적의 영향을 분석하고 예측 모델을 개발하였다(Figs. 6, 7). 식생면적을 독립변수, 1년 중 최고 일별 꽃가루 농도를 종속변수로 두어 추정 회귀식을 구현한 결과 최고 일별 꽃가루 농도는 연도별로 다르지만 지역별 분포 경향은 동일하였다. 돼지풀의 경우 식생면적이 1 m² 증가하면 돼지풀 꽃가루의 농도는 0.002배 증가하는 것으로 나타났다($R^2 = 0.48$). 환삼덩굴은 식생면적이 1 m² 증가하면 환삼덩굴 꽃가루의 농도가 0.018배 증가하였다($R^2 = 0.16$). 이 회귀식을 기

준으로 각 알레르기 위험도를 발생시키는 식생면적을 추정하였다 (Table 7). 돼지풀의 알레르기 위험도를 위험 이하(꽃가루 농도 49 이하), 환삼덩굴의 알레르기 위험도를 위험 이하(꽃가루 농도 99 이하)로 유지하려면³⁾ 식생면적은 관측망 기준 4 km² 안에 돼지풀 면적 23,213 m², 환삼덩굴 면적 16,040 m² 이하로 유지해야 한다는 결과를 도출하였다.

고 찰

기후 변화에 따른 알레르기성 꽃가루의 변화를 연구하기 위해서는 기상 요소와 꽃가루 농도의 관계를 살펴보는 것이 필수적이다. 이는 기상 조건에 따라서 계절에 따른 식물의 개화 시기가 결정되고 꽃가루의 농도가 그 영향을 크게 받기 때문이다.¹⁵⁾ 이전의 연구에 따르면, 최근 잡초류 중 돼지풀과 환삼덩굴의 꽃가루 농도가 증가하는 경향을 보이며, 알레르기 소아 환자에서 이에 대한 감각률

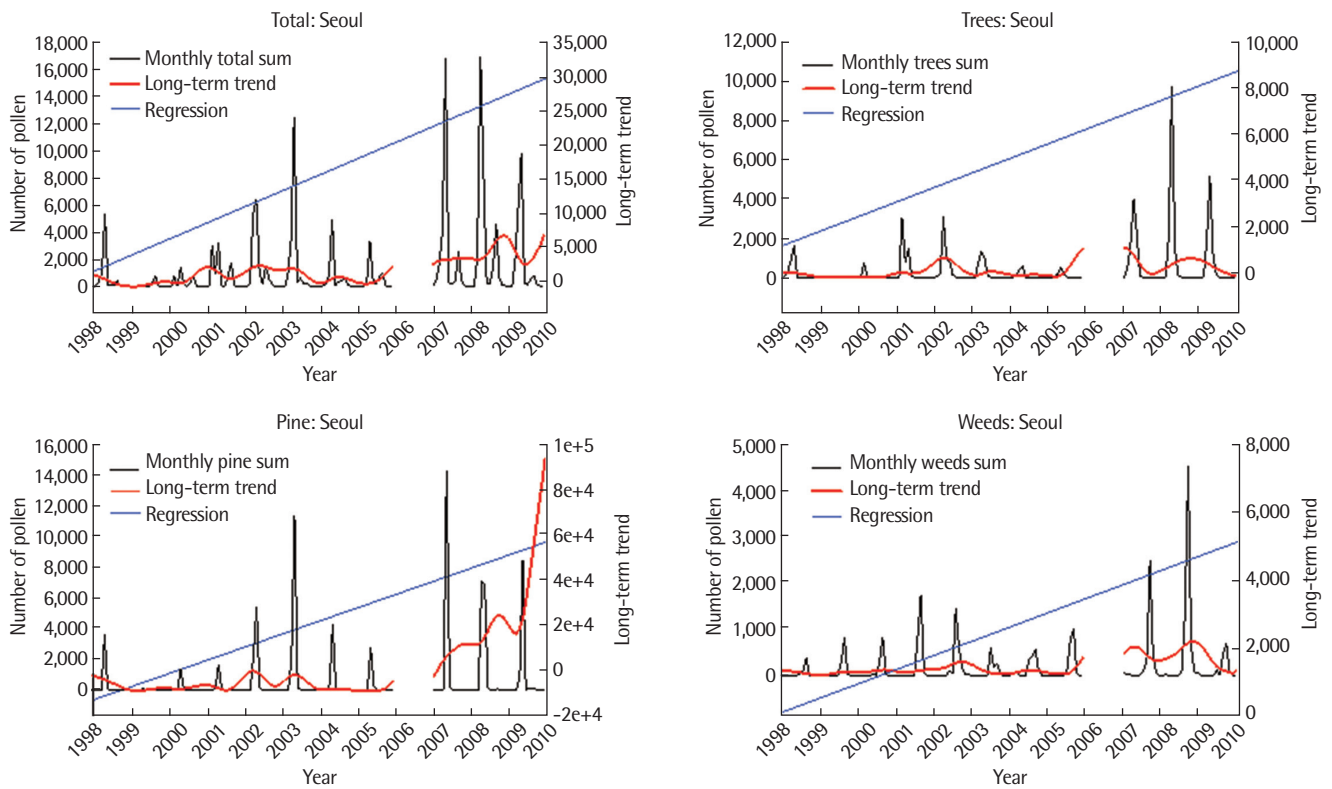


Fig. 2. Long-term trends of pollen concentration from each allergenic plants at Seoul by using statistical analysis (X11-ARIMA, autoregressive integrated moving average).

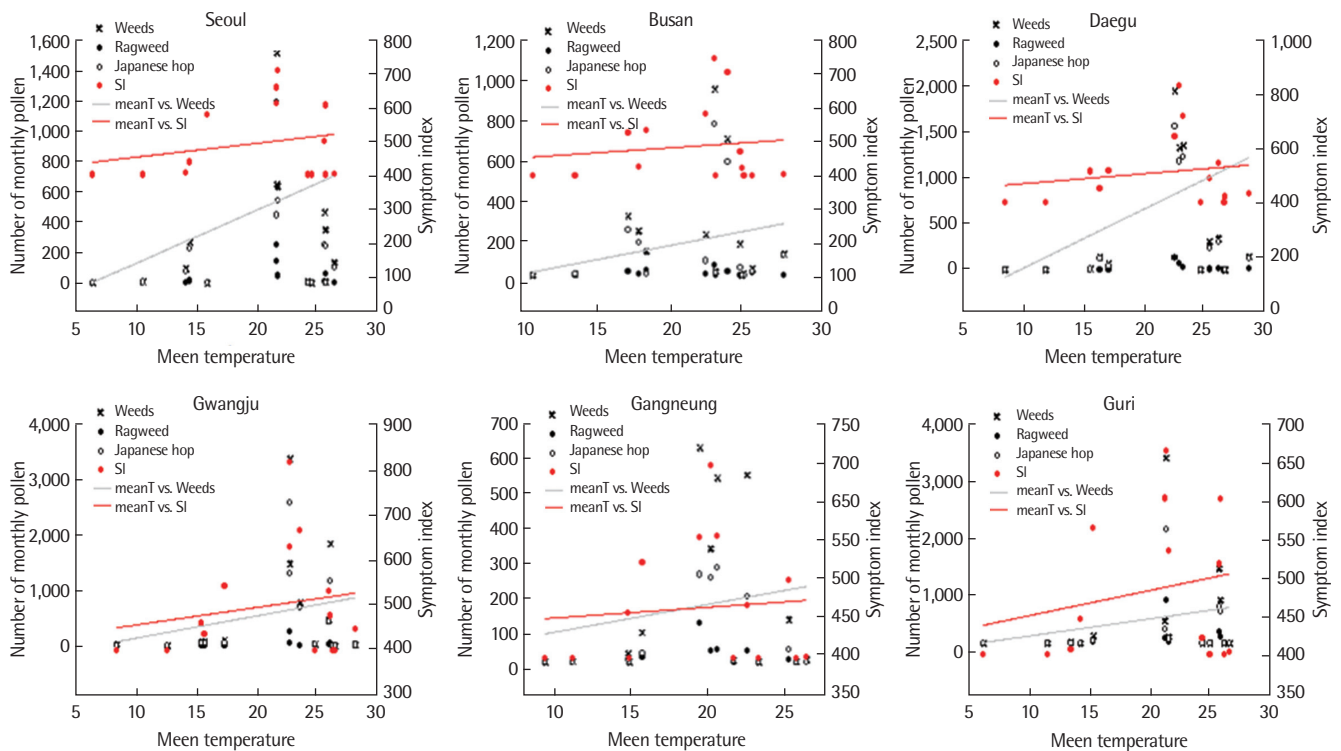


Fig. 3. Comparison between mean temperature, weed pollen concentration and allergic rhinitis symptom index at six areas in Korea. meanT, mean temperature; symptom index.

www.kci.go.kr

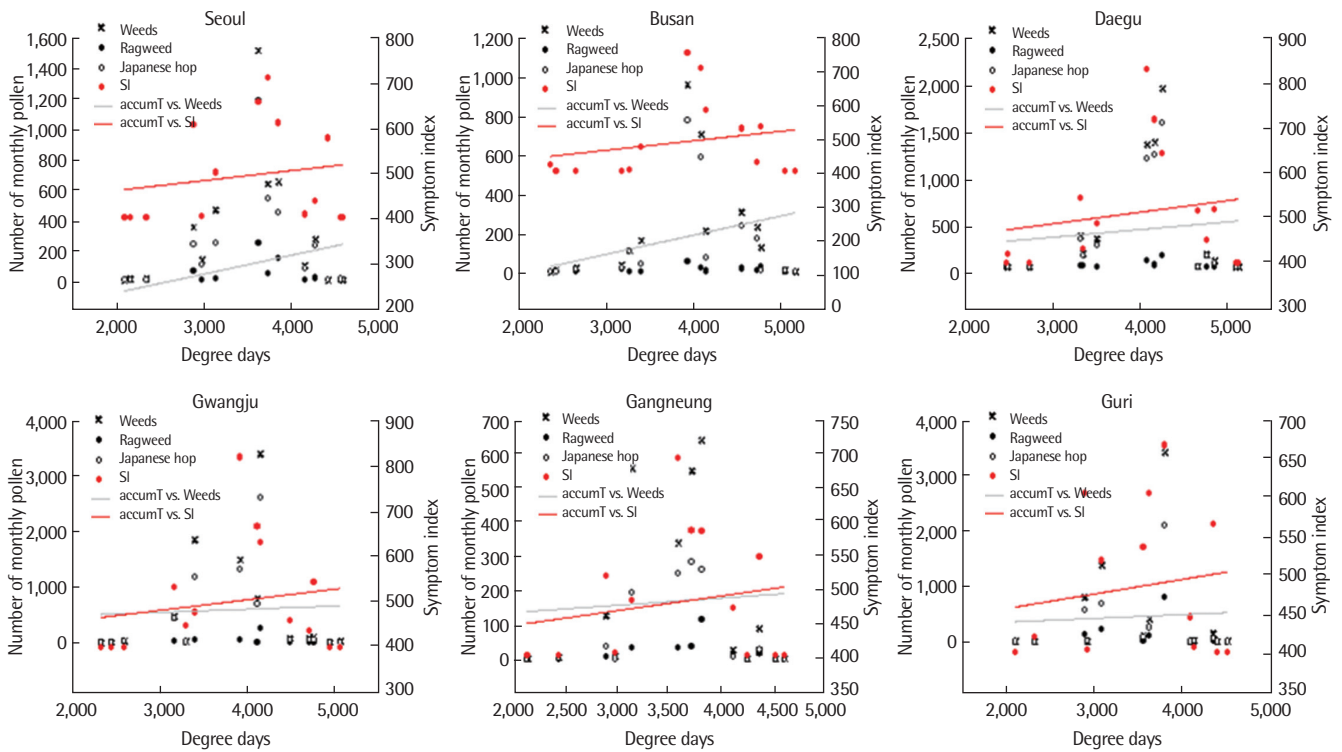


Fig. 4. Comparison between accumulated temperature (degree days), weed pollen concentration and allergic rhinitis symptom index at six areas in Korea. accumT, accumulated temperature; SI, symptom index.

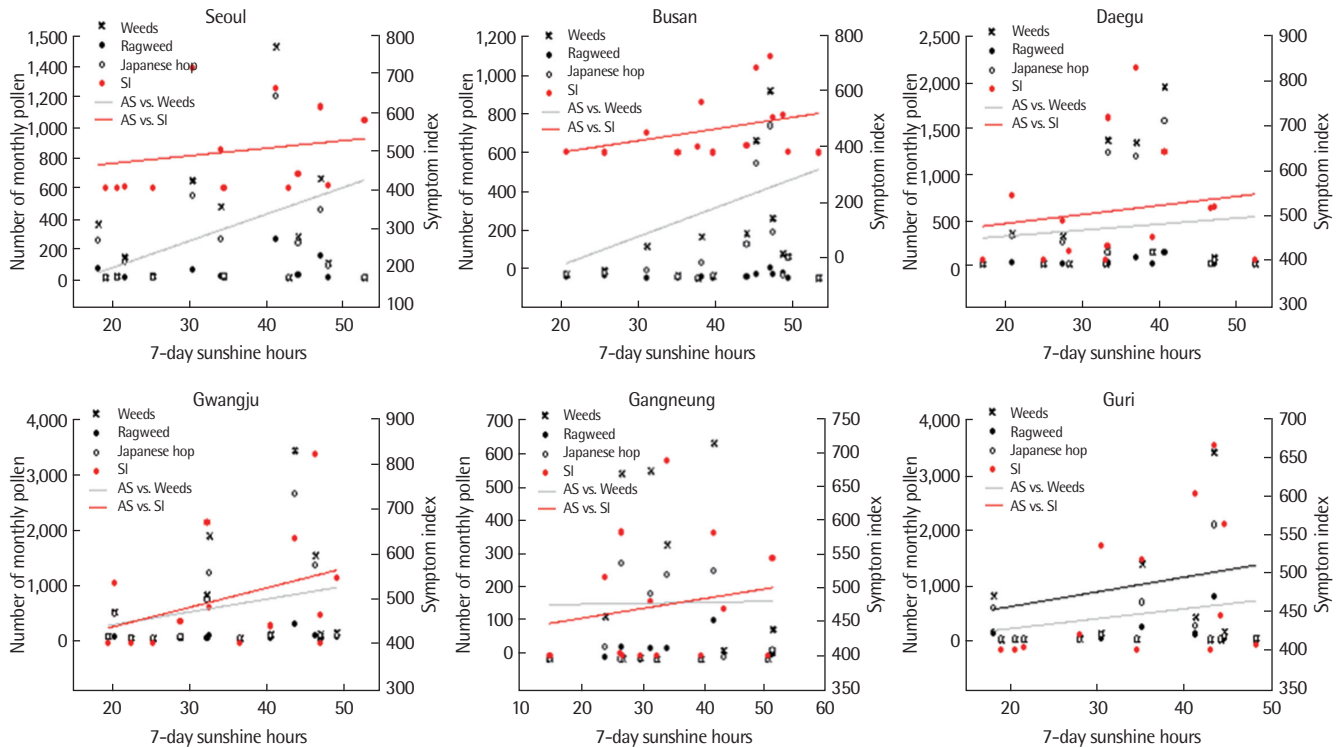


Fig. 5. Comparison between 7-day sunshine hours, weed pollen concentration and allergic rhinitis symptom index at six areas in Korea. AS, accumulated sunshine; SI, symptom index.

도 함께 증가하는 양상을 보였다.⁴⁾

본 연구에서는 잡초류를 대표하는 식물로서 돼지풀과 환삼덩굴을 선정하여 이들 꽃가루의 농도가 지역 및 기상 요소에 따라 어떠한 변화가 있는지 알아보고, 알레르기 증상과의 상관성을 분석하였다. 또한 식생면적과 꽃가루 농도, 기상 요소와의 연관성을 알아

보았다.

꽃가루 농도와 기상 요소와의 관계에 대해서는, 평균기온이 15°C -20°C, 강수량이 없을 때 꽃가루 농도가 최고치를 보였다. 13년간의 꽃가루 농도의 지역별 장기 추세분석 결과는 서울지역에서 꽃가루 농도가 증가하고 있는 양상을 보여주었다. 이러한 꽃가루의 장기적인 증가추세에 있어서 기상 요소의 역할이 어떠한지를 밝혀내기 위하여 최근 6년간의 기상 요소를 조사하였다. 기상 요소와 꽃가루 농도, 증상지수의 상관성 분석을 통해 꽃가루가 많이 분포하는 특정 조건을 밝혀내었고, 평균기온과 적산온도를 고려한 분석에서 꽃가루 증감과 함께 증상지수가 따라 변화하는 양상을 보였다. 반면, 7일 누적일조시간을 고려한 분석에서는 꽃가루 농도가 높은 경우 증상지수가 대체로 큰 값을 보였으나, 꽃가루 농도가 낮은 경우에도 증상지수가 큰 값을 보였다. 이는 최근의 한 연구에 따르면 꽃가루 농도가 높은 경우 천식으로 인한 입원이 증가하는데, 꽃가루 농도가 높은 당일보다는 2-3일 후에 천식 환자에서 증상이 악화되는 경우가 많다고 하여 꽃가루 농도가 높은 날에만 증상지수가 높게 증가하지는 않는다는 것을 의미한다.¹⁶⁾ 또한 이 결과를 통해 꽃가

Table 4. Vegetation area and number of plants in Guri, Gwangju, and Daejeon (2012)

Site	Plant	Area (m ²)	No. of plants	Areal percent in 4 km ² (%)
Guri	Common ragweed	2,514	7.5	0.06
	Giant ragweed	35,434	17.5	0.89
	Japanese hop	25,100	-	0.63
Gwangju	Common ragweed	1,540	14.0	0.04
	Giant ragweed	-	-	0
	Japanese hop	35,169	-	0.88
Daejeon	Common ragweed	972	8.5	0.02
	Giant ragweed	265	4.0	0.01
	Japanese hop	17,041	-	0.43

Table 5. The meteorological factor and max concentration of ragweed on max flowering date in Guri, Gwangju, and Daejeon

Ragweed	Date*	Max. concentration	Mean temperature (°C)	Degree day	Precipitation	Rainfall time (hr)	7-Day sunshine hours
Guri	2007-09-07	60	21.0	3,674.5	0	0	2.6
	2008-09-14	106	23.9	3,783.8	0	0	51.0
	2009-09-03	98	22.3	3,537.5	0	0	48.9
	2011-09-01	36	26.3	3,311.5	0	0	42.7
	2012-09-12	33	20.6	3,756.3	0.5	0.33	48.3
Gwangju	2008-09-11	48	25.4	3,978.4	0.1	1.80	49.9
	2009-09-18	40	21.2	4,090.4	0	0	51.2
	2011-08-28	18	26.9	3,463.3	-	-	14.5
Daejeon	2008-08-27	17	22.4	3,372.2	-	-	47.5
	2011-09-01	23	26.2	3,422.5	-	-	45.4
	2012-09-14	9	19.2	3,919.8	2.5	18.85	29.1

*Date of the maximum (max.) concentration.

Table 6. The meteorological factor and max concentration of Japanese hop on max flowering date in Guri, Gwangju, and Daejeon

Japanese Hop	Date*	Max. concentration	Mean temperature (°C)	Degree day	Precipitation	Rainfall time (hr)	7-Day sunshine hours
Guri	2007-09-12	162	23.5	3,764.6	0	0	30.5
	2008-09-14	886	23.9	3,783.8	0	0	51.0
	2009-09-10	226	21.7	3,701.6	0	0	51.6
	2011-08-23	109	23.8	3,073.2	0	0	27.4
	2012-09-12	68	20.6	3,756.3	0.5	0.3	48.3
Gwangju	2007-09-14	231	22.8	4,065.1	92.0	12.2	50.4
	2008-09-03	1,231	24.9	3,776.6	0	0	40.8
	2009-09-11	417	26.2	3,933.5	0	0	55.4
	2011-09-03	290	26.5	3,623.5	-	-	52.3
Daejeon	2008-09-16	194	23.2	3,832.9	-	-	53.3
	2012-09-14	203	19.2	3,919.8	2.5	18.9	29.1

*Date of the maximum (max.) concentration.

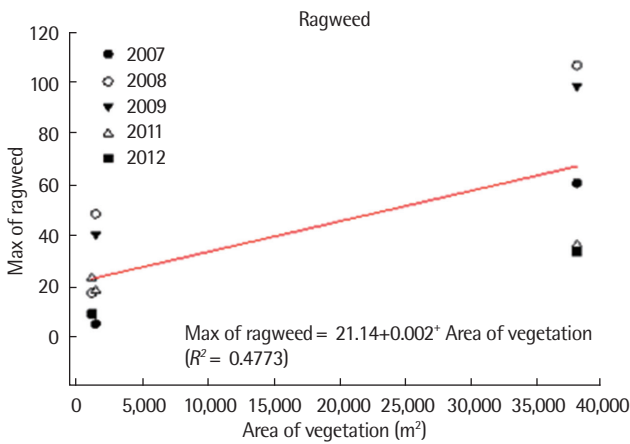


Fig. 6. The linear regression between the vegetation area of ragweed and the maximum daily concentration of their pollens for guideline of allergenic weeds.

Table 7. Vegetation area estimated for the risk grade level of ragweed and Japanese hop based on the vegetation guideline of allergenic weeds

Risk grade	Ragweed		Japanese hop	
	Concentration of pollen	Estimated vegetation area (m ²)	Concentration of pollen	Estimated vegetation area (m ²)
Mild	0-19	-17,620--1,787	0-49	10,509-13,246
Moderate	20-49	-954-23,213	50-99	13,302-16,040
Dangerous	50-199	24,046-148,213	100-299	16,096-27,213
Severe	>200	>149,046	>300	>27,269

루 농도는 기온의 영향을 직접적으로 받음을 의미하며 일조시간은 기온보다는 간접적인 영향을 미치는 것으로 판단된다. 그러나 3가지 기상 요소 모두에서 꽃가루 농도와 유의한 상관관계를 보이지 않았고, 각 기상 요소에 의한 꽃가루 농도와 증상지수의 회귀 분석 결과는 회귀식이 통계적으로 유의하지 않았다. 이는 설문 대상 환자 선정 시 꽃가루 항원에 대한 감각 양성만이 아니라 꽃가루로 인한 알레르기성 비염 증상을 호소하는 환자군을 모집하려고 하였으나 통년성 혹은 다른 계절성 항원으로 인한 증상악화 가능성을 배제하지 못하여 꽃가루 농도와 증상지수 간의 상관성 분석에 영향을 주었을 가능성을 시사하여 본 연구의 한계점이라 할 수 있다.

기온의 영향을 고려할 때 생태학적, 의료적 문제가 될 수 있는 부분이 최근의 특징적인 환경 변화인 기후 온난화이다. 기후 온난화로 인하여 환경에서 이산화탄소의 농도가 2배로 증가하게 되면 돼지풀의 생성은 61% 증가한다는 보고가 있다. 아직 확실치는 않지만 세계가 산업화하기 전과 비교하여 1990년대의 지구 CO₂의 농도는 29% 증가되었으며 이런 추세는 2000년대에도 계속되고 있는데 이러한 기후 변화가 유럽에서의 돼지풀의 증식에 증대한 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다.^{17,18)} 환삼덩굴 역시 꽃가루 수가 급증하면서 돼지풀 못지않게 가을철의 중요한 알레르겐 중 하나로 대두되고 있으며 기후 변화 현상과 함께 해외에서도 이에 대한 관심이 증가하고 있다.^{19,20)} 본 연구에서 시행한 꽃가루 농도의 장기추세 분석

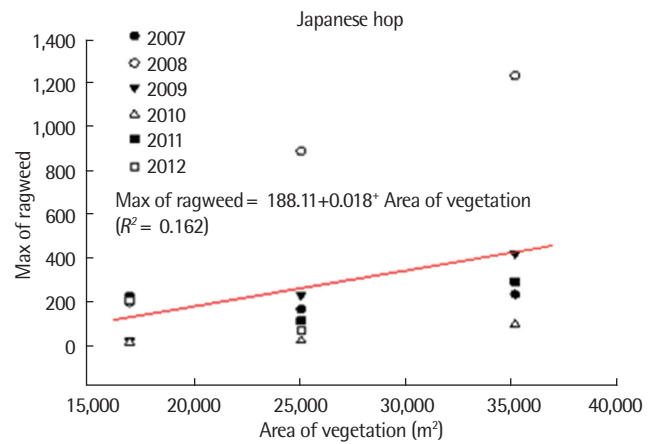


Fig. 7. The linear regression between the vegetation area of Japanese hop and the maximum daily concentration of their pollens for guideline of allergenic weeds.

결과 꽃가루가 서울지역에서 유의하게 증가추세를 보이는 이유 역시 교외지역보다는 도심지역에서 더 뚜렷이 나타나는 기온 및 CO₂의 상승과 연관이 있을 것으로 추정된다.¹⁷⁾ 또한 도심지역에서의 교통량 증가, 아파트 건축, 산업화 시설 등에 따른 대기 오염의 증가 현상도 관련이 있을 것이다.

본 연구에서는 잡초류 꽃가루로 인한 알레르기 위험도 감소를 위한 대책으로서 식생면적을 조사하여 꽃가루 농도 및 기상 요소와의 상관성을 알아보고 식생면적과 최고 일별 꽃가루와의 상관관계를 추정하기 위한 회귀식을 구현하였다. 식생면적에 가장 큰 영향을 주는 인자는 일별 최고 꽃가루 농도였고, 꽃가루 농도와 기상 요소와의 상관 분석 결과에서 유의한 경향성은 보이지 않았으나 대체적으로 20°C 이상의 평균기온, 무강수 조건일 때 꽃가루 농도가 높았다. 이는 알레르기 유발식물인 잡초류의 위험성과 연관된 꽃가루 농도를 발생시키는 식생면적을 추정하기 위한 시도이다. 예측모델에 따르면 돼지풀과 환삼덩굴의 알레르기 위험도를 위험 이하로 유지하려면 관측망 기준 4 km² 안에 돼지풀 식생면적 0.58%, 환삼덩굴 식생면적 0.40% 이하로 줄여야 한다. 여기에서 기준이 된 알레르기 위험도는 본 연구팀의 이전 연구에서 알레르기 환자 증상 지수와 꽃가루 농도 간의 상관성을 분석하여 등급이 구분되었던 것으로, 환자 수가 충분하지 않고 통계적 유의성을 가지지 않아 추후 더 많은 환자들을 대상으로 장기간의 연속적인 연구를 통해 보완되어야 한다.³⁾

본 연구는 몇 가지 보완해야 할 한계점이 있다. 환자 자료와 관련하여서, 전국의 6개 지역의 알레르기비염 환자를 대표하기 위하여 대상 지역의 연구 참여 병원에 내원하는 환자들을 모집하여 조사하였는데, 환자 수가 충분히 많지 않고, 각 지역의 한 병원만을 대상으로 한 것이기에 그 지역의 유병률을 대표할 수 없다고 본다. 또한 꽃가루 농도와 함께 측정된 환자의 증상지수는 설문을 통한 점수

이기 때문에 환자들마다 증상의 체감 정도가 주관적일 수밖에 없기에 환자 간에 비교할 때에 분석상의 오류가 생길 수 있다. 그러나 알레르기 증상을 수치화하여 비교할 수 있는 장점이 있기에 다른 임상 시험에서도 자주 이용되는 방식이다. 식생면적은 2012년 1회 조사한 결과로서, 매년 지속적인 조사로 인한 식생면적 자료가 누적되어 본 연구에서 구현한 회귀식의 유효성 검증이 필요하다.

본 연구의 결과를 통해 꽃가루 알레르기와 관련된 질환 예방 및 원인 꽃가루의 발생 저감의 방법이 궁극적으로 제시되어야 한다. 현재의 자료로서는 기상 요소의 변화에 따라 꽃가루 농도 및 알레르기질환의 증상 변화가 유의하게 상관성을 보이지는 않으나 기후 변화의 차원에서 앞으로 지속적인 관찰을 통해 상관관계에 대한 분석이 지속되어야 할 것이다. 식생조사 역시 지속적으로 이루어져서 알레르기 위험 식물의 식생억제를 위한 식생관리정책 수립이 필요할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- Lewis WH, Vinay P, Zenger VE. Airborne and allergenic pollen of North America. Baltimore: Johns Hopkins University Press; 1983:105-27.
- 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.
- Oh YC, Kim HA, Kang IJ, Cheong JT, Kim SW, Kook MH, et al. Evaluation of the relationship between pollen count and the outbreak of allergic diseases. *Pediatr Allergy Respir Dis* 2009;19:354-64.
- 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.
- Frenguelli G. Interactions between climatic changes and allergenic plants. *Monaldi Arch Chest Dis* 2002;57:141-3.
- Oh JW, Lee HB, Kang IJ, Kim SW, Park KS, Kook MH, et al. The revised edition of Korean calendar for allergenic pollens. *Allergy Asthma Immunol Res* 2012;4:5-11.
- 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.
- Singer BD, Ziska LH, Frenz DA, Gebhard DE, Straka JG. Increasing Amb a1 content in common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) pollen as a function of rising atmospheric CO₂ concentration. *Funct Plant Biol* 2005;32:667-70.
- Lowenstein H. Quantitative immunoelectrophoretic methods as a tool for the analysis and isolation of allergens. *Prog Allergy* 1978;25:1-62.
- Emith EG. Sampling and identifying allergenic pollens and molds: an illustrated identification manual for air samplers. San Antonio: Blewstone Press; 1990.
- Burge HA, Solomon WR. Sampling and analysis of biological aerosols. *Atmos Environ* 1987;21:451-6.
- Valero A, Ferrer M, Baro E, Sastre J, Navarro AM, Marti-Guadano E, et al. Discrimination between moderate and severe disease may be used in patients with either treated or untreated allergic rhinitis. *Allergy* 2010;65:1609-13.
- Oh JW. Development of pollen concentration prediction models. *J Korean Med Assoc* 2009;52:579-91.
- Lee HR, Kim KR, Choi YJ, Oh JW. Meteorological impact on daily concentration of pollens in Korea. *Korean J Agric For Meteorol* 2012;14:99-107.
- Brown HM, Irving KR. The size and weight of common allergenic pollens. *Allergy* 1973;28:132-7.
- Gonzalez-Barcala FJ, Aboal-Vinas J, Aira MJ, Regueira-Mendez C, Valdes-Cuadrado L, Carreira J, et al. Influence of pollen level on hospitalizations for asthma. *Arch Environ Occup Health* 2013;68:66-71.
- 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.
- 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.
- Wittenberg R, Cock MJW. Invasive alien species. How to address one of the greatest threats to biodiversity: a toolkit of best prevention and management practices. Oxon: CAB international; 2001.
- Ehara K. Comparative morphological studies on the hop (*Humulus lupulus* L.) and the Japanese hop (*H. Japoaucus* Sieb. ET ZUCC.). *J Fac Agric Kyushu Univ* 1956;10:307-24.