

알레르기 꽃가루 농도와 알레르기 증상 유발과의 상관성 연구

강하나,¹ 윤혜숙,¹ 최영진,¹ 오재원,¹ 민의영,² 허윤숙,² 이영섭,² 김미진,³ 김규량,³ 김백조³

¹한양대학교 의과대학 한양대학교병원 소아청소년과, ²동국대학교 통계학과, ³국립기상과학원 응용기상연구과

Evaluation of the association between pollen count and the outbreak of allergic disease

Ha-Na Kang,¹ Hey Suk Yun,¹ Young-Jin Choi,¹ Jae-Won Oh,¹ Ui-Young Min,² Yoon-Sook Heo,² Young-Seop Lee,² Mijin Kim,³ Kyu Rang Kim,³ Baek-Jo Kim³

¹Department of Pediatrics, Hanyang University College of Medicine, Seoul; ²Department of Statistics, Dongguk University, Seoul; ³Applied Meteorology Research Division, National Institute of Meteorological Research, Seogwipo, Korea

Purpose: This study focused on the evaluation of the relation between pollen concentration and the outbreak of allergic disease (symptom index), and this outcome would be necessary to upgrade risk grade for the pollen forecasting system.

Methods: Airborne particles carrying allergens, such as pollen, were collected daily at the Seoul and Guri area by using 7-day Burkard samplers for 6 years. A total of 596 Subjects were recruited from Hanyang University Seoul Hospital (n = 144 for spring, n = 139 for autumn), and Hanyang University Guri Hospital (n = 157 for spring, n = 156 for autumn). Symptom index was evaluated and recorded by phone calling to study subjects daily or asking questionnaire when they visit outpatient clinic every week. Statistical analysis of data was performed by using correlation coefficients and regression models with time series graph.

Results: Two peak seasons of pollen concentration were May and September in Korea. In skin prick tests, the sensitization rate to ragweed pollen was gradually increased in children. In the same period, sensitization rates to airborne pollen, especially oak, birch for spring, and Japanese hop for autumn were increased annually. There was a significantly relationship between symptom index of allergic patients and allergic pollen concentrations in this study. Especially symptom index was significantly correlated to the concentration of oak pollen of day 1 in spring and to the concentration of Japanese hop pollen of day 0 in autumn.

Conclusion: Sensitization rates to pollens increased annually. There is a significant relationship between allergy symptom index and pollen concentration. There remains to confirm the Korean own risk grade of pollen allergy. (*Allergy Asthma Respir Dis* 2016;4:415-422)

Keywords: Pollen, Pollen allergy, Risk grade, Symptom index

서론

최근 전세계적으로 알레르기비염, 천식, 아토피피부염과 같은 알레르기 질환이 증가하고 있다.¹ 국내 국민건강보험공단의 자료를 이용한 역학적 조사에 따르면 전국 알레르기비염 유병률은 2004년 7.2%에서 2010년 10.85%로 지속적인 증가를 보였으며, 0-18세는 2004년 10.98%에서 2010년 18.81%로 지속적인 증가를 보였다.² 이

처럼 알레르기 질환이 증가하는 현상에 대해 많은 연구자들은 대기오염과 기후변화 같은 환경적 요인을 원인 중 하나로 제시하고 있다. 특히, 꽃가루의 분포와 양, 질, 꽃가루가 날리는 기간 등의 변화는 알레르기 질환의 증가로 이어지고 있다.³ 꽃가루에 의해 유발되는 알레르기 질환을 화분증(pollinosis)이라고 하며, 알레르기비염, 천식, 그리고 알레르기결막염 등이 이에 관련된 대표적인 알레르기 질환이다. 이에 대해 이미 오래 전부터 유럽이나 미국 등지에서는

Correspondence to: Jae-Won Oh  <http://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: +82-31-560-2254, Fax: +82-31-552-9493, E-mail: jaewonoh@hanyang.ac.kr

*This work is supported by the "Research and Development for KMA Weather, Climate, and Earth system Services" of National Institute of Meteorological Sciences.

Received: May 18, 2016 Revised: August 21, 2016 Accepted: September 6, 2016

© 2016 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/>).

이들 알레르기성 식물 및 곰팡이 등에 대한 연구가 활발하게 진행되어 왔고, 이미 일반인과 알레르기 환자들을 위한 실생활 정보가 제공되고 있다. 한편 1960년대 말부터 꽃가루알레르기에 대한 역학적 연구가 계속되어 발표되어 왔으며, 1980년대 이후 대기 중 꽃가루와 알레르기 질환 및 호흡기 질환과의 연관성에 대한 연구가 많이 보고되고 있고, 이를 근거로 꽃가루의 추출물을 이용하여 임상적으로 피부시험, 혈청의 특이 면역글로불린 E 등을 검사하면서 면역 치료 등에도 이용하고 있다. 국내에서도 1980년대 초부터 공중화분 분포에 대한 조사가 보고되고 있으며 최근에는 우리나라 소아에서도 공중화분에 의한 알레르기비염이나 알레르기성 각결막염 등 화분증과 관련된 질환들이 증가하고 있는 환경에서 2008년부터 국립기상과학원과 대한 소아알레르기 호흡기학회 화분연구회가 공동으로 개발한 알레르기 꽃가루 예보제를 기상청 홈페이지에 개설하면서 좀 더 실생활에서 활용할 수 있게 되었다.

대기 중 꽃가루의 양은 기온과 강수량과 같은 기상요소들과 밀접한 관련이 있다. 따라서 기후변화로 인한 꽃가루 농도의 변화를 예측하고 이를 알레르기 환자들에게 제공하는 것은 알레르기 질환으로 인한 피해를 최소화하고 국민건강을 향상시키는 데 중요하다. 이를 위해 꽃가루의 농도와 기상요소의 관련성을 확인하고,^{4,5} 꽃가루 농도와 알레르기 질환과의 연관성을 분석하고자 하는 노력들이 있었다.^{6,7} 꽃가루가 날리는 정도는 날씨의 변화와 매우 밀접한 관련성이 있어 세계적으로 이에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 특히 일반인이나 알레르기 환자들에게 필요한 정보를 제공하기 위해서는 꽃가루의 농도뿐만 아니라 그 시점에서의 다양한 기온 조건이 중요하게 작용하기 때문에 기온의 변화에 따른 꽃가루 농도의 변화와 이를 예측할 수 있는 예보모델을 개발하는 것이다. 본 연구는 현재 운영중인 알레르기 꽃가루 예보모델에 좀 더 정확한 정보를 제공하기 위해 각 종별 꽃가루 농도에 따른 우리나라 고유의 알레르기 위험지수를 개선하기 위한 기초작업으로, 꽃가루 농도와 알레르기 환자의 증상지수 간의 상관관계를 파악하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 꽃가루 채집

2010년 3월 1일부터 2015년 10월 31일까지 6년간 서울과 구리지역을 대상으로 꽃가루를 채집하였다. 꽃가루의 분포는 연구자의 접근이 쉽고, 주변 환경이 관측에 적합한 건물의 옥상에 Burkard Seven-days Sampler (Burkard Manufacturing Co., Hertfordshire, UK)를 옥상 면으로부터 1.5 m 높이에 설치하여 매일 측정하였다. 대상 지역으로 한양대학교 서울병원과 한양대학교 구리병원을 선정하였다.

대기 중 꽃가루를 채집한 주간용 드럼을 매주 수집하여 2명의 판독 전문연구원이 판독하였다. 글리세린 접착비닐을 Calberla's

fuchsin 용액(10-mL glycerin, 20-mL 95% alcohol, 30-mL distilled water와 0.2-mL basic fuchsin)으로 염색하여 400배 비율의 광학현미경으로 관찰 동정하였으며, m³당 각 종별 꽃가루 수를 계산하여 기록하였다. 꽃가루는 각 지역에 분포된 알레르기 연관 식물을 고려하여 크기와 형태, 그리고 표면무늬에 따라 감별하였다.

2. 꽃가루에 대한 감작률 조사

2010년부터 2015년까지 한양대학교 서울병원과 구리병원 소아청소년과를 내원한 알레르기비염 증상을 호소하는 환자들 중 알레르기 피부시험 및 혈액검사가 가능한 환자들을 대상으로 하였다. 알레르기성 꽃가루에 대한 감작률은 알레르기 피부시험 또는 혈액검사로 조사하였으며, 알레르기 피부시험은 양성 대조(1% 히스타민)의 팽진(Wheal) 직경이 3 mm 이상으로 나타나고, 알레르겐이 양성 대조(히스타민)의 측정값 이상으로 나타날 때의 피부단자시험 결과를 양성으로 판정하였다. 혈액검사는 MAST (Hitachi Chemical Diagnostics, Mountain View, CA, USA) 또는 ImmunoCAP (Phadia Diagnostics, Uppsala, Sweden)을 이용하였고 MAST 검사에서는 3+ 이상인 경우, ImmunoCAP 검사에서는 0.70 IU/mL (class 2) 이상인 경우 양성으로 판단하였다. 감작률의 평균값을 대표값으로 설정하여 비교하였다. 수목류의 경우 자작나무(birch), 오리나무(alder), 참나무(oak), 개암나무(hazel), 소나무(pine), 포플러(poplar), 물푸레나무(ash), 일본삼나무(Japanese cedar), 플라타너스(sycamore), 버드나무(willow)를 조사하였으며, 목초류는 timothy grass, bermuda grass, orchard grass, 잡초류는 돼지풀(ragweed), 환삼덩굴(Japanese hop), 쑥(mugowrt), 비름(pigweed)을 대표적으로 조사하였다.

3. 알레르기비염 증상지수 설문 대상 환자 선정

한양대학교 서울병원과 한양대학교 구리병원의 소아청소년과와 이비인후과에 내원한 계절성 알레르기 증상을 호소하는 환자를 대상으로 하여 이들 중 알레르기 피부시험 및 혈액검사 등이 가능한 환자를 대상으로 수목류의 경우 자작나무, 오리나무, 참나무, 목초류는 timothy grass, rye grass, orchard grass, 잡초류는 돼지풀, 환삼덩굴, 쑥에 양성반응을 보인 환자들을 선별하여 본 연구 대상으로 정하였다. 연구기간 동안 대상 총 인원은 596명이었고, 서울 지역은 봄철 144명, 가을철 139명이 선정되었고 구리병원은 봄철 157명, 가을철 156명이 선정되었다. 여자는 272명, 남자는 324명이었으며 평균 연령 12.6 ± 10.3세였다.

선정된 환자들 중 아래 네 가지 질문에 모두 긍정적으로 대답한 환자를 대상으로 3월 1일부터 10월 31일까지 주 3회 전화 설문조사 및 주 1회 외래방문 설문지 조사를 실시하였다.

- (1) 매년 봄 또는 가을이 되면 증상이 반복됩니까?
- (2) 알레르기비염 이외에 다른 증상이 있습니까? (천식, 아토피피

부염 등)

- (3) 가족 중 알레르기 질환을 가진 경우가 있습니까?
- (4) 이 질환으로 병원에서 치료를 받았습니까?

4. 알레르기 중증도 평가를 위한 질문 내용

대상자들에게 봄철(3월 1일부터 6월 30일)과 가을철(8월 1일부터 10월 31일)에 주 3회 전화 설문 조사를 하거나 주 1회 외래 방문 시 설문지 작성을 실시하였다.

환자의 증상을 객관적으로 기록하기 위해 total nasal symptom score를 이용하였다(Table 1). 각 항목별로 최소 10점에서 최대 50점까지 증상에 따른 중증도를 분류하였으며, 4개 항목의 총점을 알레르기비염 증상지수(symptom index, SI)로 하였다. 대상자가 알레르기 약제나 항히스타민제를 복용한 경우, 증상이 있었던 것으로 판단하여 50점을 추가하였다. 즉, 환자의 증상이 없는 경우 40점이 되며 증상이 가장 심한 경우 200점이 되고, 증상이 있어 약물을 복용한 경우 50점을 추가하였다.

본 연구는 한양대학교 의료원 연구윤리심의위원회(Institutional Review Board)의 승인 아래 연구가 진행되었다(승인번호: HYI-10-45).

5. 통계

알레르기 꽃가루 농도와 알레르기 비염 증상지수(SI) 간의 유의성을 조사하기 위해 시계열 그래프를 이용한 상관분석과 회귀분석을 시행하였다. 상관분석은 상관계수 값으로 두 변수 간의 선형 상관성 정도를 측정하는 분석방법이다. 상관계수는 -1에서 1사이의 값을 가지며 상관계수 값이 0에 가까울수록 두 변수 간의 선형적인 상관성이 없고 1에 가까울수록 양의 상관성, -1에 가까울수록 음의 상관성을 갖는다. 회귀분석을 위하여 독립변수와 종속변수 사이의 선형적인 회귀모형식을 구축하고, 독립변수만 주어졌을 때 구축된 회귀식에 독립변수를 대입하여 종속변수를 예측하였다. 종속변수를 설명하는데 독립변수의 유의성은 추정된 회귀계수의 P-value로 판단할 수 있다. 회귀계수의 P-value가 작을수록 해당 독립변수가 종속변수를 설명하는데 의미 있는 요인(유의성이 있는 변수)이라고 할 수 있다. 꽃가루가 날리는 시점을 기준으로 봄철의 경우 꽃가

루 농도와 SI의 분석기간은 4월 8일부터 5월 20일로 정하였고, 가을철은 8월 10일부터 10월 15일까지로 정하였다.

결 과

1. 알레르기 꽃가루 감작률

꽃가루 종류별 피부시험 및 혈액검사를 이용하여 알레르기 꽃가루 감작률의 평균값을 비교 분석하였다. 연구 기간 동안 대상 환자에게 대해 알레르기 꽃가루에 대한 감작률을 조사한 결과 2015년의 서울지역 봄철 알레르기 꽃가루의 감작률은 참나무(12.7%), 자작나무(12.1%), 개암나무(11.7%), 오리나무(11.4%) 순으로 높았으며, 가을철 알레르기 꽃가루 중에서는 환삼덩굴(11.1%), 쭉(8.9%), 돼지풀(7.5%)이 높은 감작률을 나타내었다. 구리지역에서는 봄철 알레르기 꽃가루 중에서 참나무(12.9%), 자작나무(12.4%), 개암나무(11.2%), 오리나무(10.8%)가 높았고, 가을철 알레르기 꽃가루의 경우 환삼덩굴(12.3%), 쭉(10.3%), 돼지풀(6.8%)이 높았다. 2010년 서울지역의 감작률은 봄철 알레르기 꽃가루 중 개암나무(5.6%), 버드나무(5.4%), 자작나무(5.3%), 오리나무(4.7%)가 높았으며, 가을철 알레르기 꽃가루 중에서는 돼지풀(6.5%) 환삼덩굴(5.5%), 쭉(4.6%)이 높게 나타났다. 구리의 경우 봄철 알레르기 꽃가루 중에서 참나무(6.5%), 오리나무(5.9%), 개암나무(5.5%), 자작나무(4.7%)의 감작률이 높았으며, 가을철 알레르기 꽃가루 중에는 돼지풀(7.2%), 환삼덩굴(5.3%), 비름(4.3%)이 높은 결과를 보였다. 2010년 이후 해가 갈수록 서울과 구리에서 모두 알레르기꽃가루 감작률이 증가하고 있음을 보여 주고 있다(Fig. 1).

2. 봄철 알레르기 꽃가루 농도와 알레르기 증상지수의 상관관계

서울과 구리 지역의 봄철 꽃가루 농도와 알레르기 증상지수 사이에는 관련성이 인정되었다(Table 2). 알레르기 증상지수에 영향을 미치는 봄철 알레르기 꽃가루는 참나무, 자작나무, 소나무 꽃가루이며 그 중 참나무 꽃가루와 상관성이 가장 높았다(Table 3). 이 중 소나무 꽃가루 농도가 다른 꽃가루에 비해 상대적으로 너무 많

Table 1. The contents of questionnaire to patients (symptom index)

Question	None	A little	Mild	Moderate	Severe
1. Nasal itching	10	20	30	40	50
2. Sneezing	10	20	30	40	50
3. Nasal obstruction	10	20	30	40	50
4. Rhinorrhea	10	20	30	40	50
5. Usage of antihistamine	50	-	-	-	-

If patients have usage of antihistamine because of their allergic symptoms, they are given 50 points as considering the severity of symptoms.

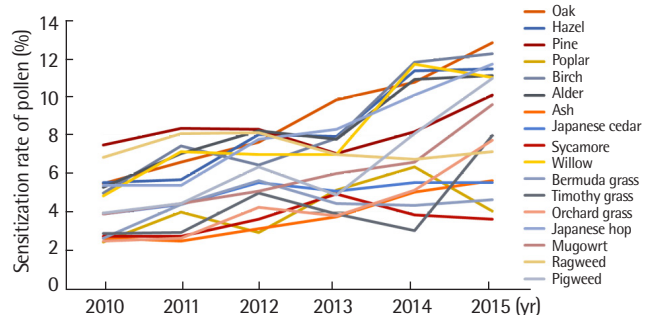


Fig. 1. Sensitization rate to allergy pollen in this study (2010–2015).

Table 2. Correlation coefficient between total spring pollen and symptom index (SI)

	SI	Pollen	Pollen _{t-1}	Pollen _{t-2}	Pollen _{t-3}
SI	1	0.080062	0.024321	-0.00169	0.00573
Pollen	0.080062	1	0.532246	0.387034	0.237386
Pollen _{t-1}	0.024321	0.532246	1	0.534655	0.389724
Pollen _{t-2}	-0.00169	0.387034	0.534655	1	0.542898
Pollen _{t-3}	0.00573	0.237386	0.389724	0.542898	1

t-1 indicates the day before symptoms occurred; t-2 indicates 2 days before symptoms occurred; t-3 indicates 3 days before symptoms occurred.

Table 3. Correlation coefficient between spring pollen and symptom index (SI)

	SI	Birch	Birch _{t-1}	Birch _{t-2}	Birch _{t-3}	Oak	Oak _{t-1}	Oak _{t-2}	Oak _{t-3}	Pine	Pine _{t-1}	Pine _{t-2}	Pine _{t-3}
SI	1	0.061395	0.066825	0.058075	0.070378	0.195226	0.174946	0.144327	0.163774	0.161036	0.105343	0.070997	0.061421
Birch	0.061395	1	0.274508	0.10003	0.004464	0.211534	0.069572	0.000137	-0.00924	0.132264	0.02617	-0.06828	-0.04433
Birch _{t-1}	0.066825	0.274508	1	0.27321	0.113785	0.078621	0.216363	0.073787	0.00594	-0.02015	0.139731	0.02634	-0.06342
Birch _{t-2}	0.058075	0.10003	0.27321	1	0.266068	0.070208	0.083126	0.220503	0.079804	-0.02613	-0.01784	0.141236	0.029744
Birch _{t-3}	0.070378	0.004464	0.113785	0.266068	1	0.023013	0.085982	0.112608	0.239206	-0.04458	-0.06464	-0.03231	0.092283
Oak	0.195226	0.211534	0.078621	0.070208	0.023013	1	0.416302	0.21252	0.143044	0.211599	0.018084	-0.11249	-0.12251
Oak _{t-1}	0.174946	0.069572	0.216363	0.083126	0.085982	0.416302	1	0.416664	0.213938	0.061582	0.217449	0.020636	-0.10759
Oak _{t-2}	0.144327	0.000137	0.073787	0.220503	0.112608	0.21252	0.416664	1	0.418006	-0.01575	0.06693	0.222669	0.025066
Oak _{t-3}	0.163774	-0.00924	0.00594	0.079804	0.239206	0.143044	0.213938	0.418006	1	0.039384	-0.00731	0.077678	0.227809
Pine	0.161036	0.132264	-0.02015	-0.02613	-0.04458	0.211599	0.061582	-0.01575	0.039384	1	0.435787	0.301921	0.203481
Pine _{t-1}	0.105343	0.02617	0.139731	-0.01784	-0.06464	0.018084	0.217449	0.06693	-0.00731	0.435787	1	0.439696	0.296002
Pine _{t-2}	0.070997	-0.06828	0.02634	0.141236	-0.03231	-0.11249	0.020636	0.222669	0.077678	0.301921	0.439696	1	0.453492
Pine _{t-3}	0.061421	-0.04433	-0.06342	0.029744	0.092283	-0.12251	-0.10759	0.025066	0.227809	0.203481	0.296002	0.453492	1

t-1 indicates the day before symptoms occurred; t-2 indicates 2 days before symptoms occurred; t-3 indicates 3 days before symptoms occurred.

이 관측되어 서로 비교하기가 어려워, 소나무 꽃가루를 제외한 참나무, 자작나무, 측백나무의 꽃가루 농도를 종별로 구분하여 알레르기비염 증상지수와와의 관계를 분석하였다(Figs. 2A-C, 3A-C).

1) 소나무 꽃가루 농도와 알레르기 증상지수 간의 관계

증상이 발생한 당일과 하루 전, 2일 전, 3일 전의 소나무 꽃가루 농도를 구분하여 알레르기 증상지수와와의 관계를 분석하였을 때, 증상이 발생한 당일의 꽃가루 농도가 다른 시점보다 높은 상관관

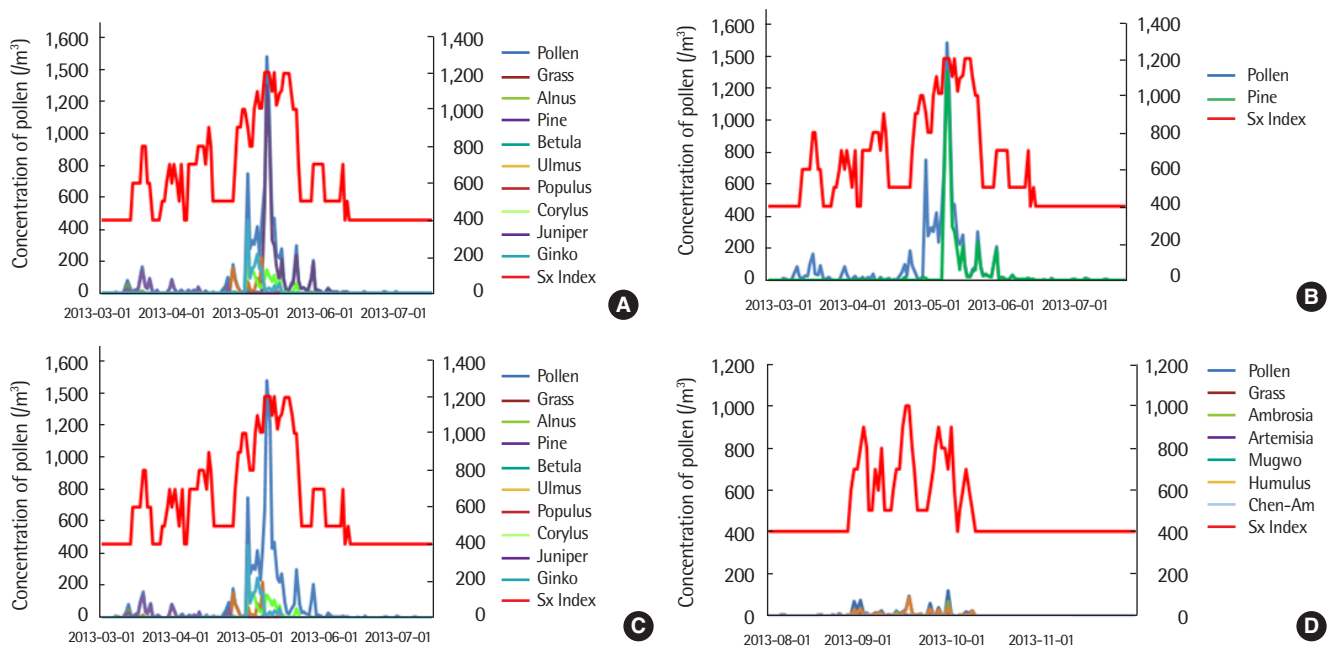


Fig. 2. The correlation between allergic pollen count and symptom (Sx) index in Seoul (1. March to 15. November 2013). (A) Allergic pollen of tree, (B) pine pollen, (C) pollen of allergic plants except pine, and (D) allergic pollen of weeds.

계를 나타냈다($r = 0.1626$). 또한 시점별 소나무 꽃가루의 농도를 독립변수로 알레르기증상지수를 종속변수로 설정하여 회귀분석을 실시하였을 때, 증상이 발생한 날의 소나무 꽃가루농도만 알레르기 증상지수에 유의한 영향을 미쳤다(회귀계수 $\beta_1 = 0.1573$, $P = 0.0006$). 추정된 회귀식은 다음과 같다.

$$SI = 792.8101 + (0.1573 \times \text{Pine}_{\text{day}0})$$

2) 소나무를 제외한 봄철 꽃가루 농도의 합과 알레르기 증상지수 간의 관계

증상이 발생한 날 소나무를 제외한 봄철 꽃가루 농도의 합이 알레르기 증상지수와 가장 높은 상관성을 보였다. 소나무를 제외한 봄철 꽃가루 농도의 합을 독립변수로 알레르기 증상지수를 종속변수로 설정하여 회귀분석을 하였을 때 증상이 발생한 당일, 1일 전, 3일 전 순으로 알레르기 증상지수에 영향을 미치는 것을 알 수 있었고, 추정된 회귀식은 다음과 같다.

$$SI = 681.1566 + (0.5529 \times \text{SPR}_{\text{day}0}) + (0.2762 \times \text{SPR}_{\text{day}1}) + (0.1889 \times \text{SPR}_{\text{day}3})$$

증상 당일의 소나무를 제외한 봄철 꽃가루 농도의 합과 하루 전 소나무를 제외한 봄철 꽃가루 농도의 합, 2일 전 소나무를 제외한 봄철 꽃가루 농도의 합의 순서대로 알레르기 증상에 영향을 미쳤다. 이들 중에서도 참나무 꽃가루 농도와 알레르기 증상지수 간의 상관관계가 가장 높았는데 증상이 발생한 1일 전($r = 0.611645$)에서 상관관계가 가장 높았다.

3. 가을철 지역별 알레르기 꽃가루 수와 알레르기 증상지수의 관계

알레르기 증상지수에 영향을 미치는 가을철 알레르기 꽃가루는 환삼덩굴(Japanese hop), 돼지풀(Ragweed), 향쭉(Artemisia)이다(Figs. 2D, 3D).

1) 가을철 꽃가루 농도 합과 알레르기 증상지수 간의 관계분석

환삼덩굴, 돼지풀, 쭉의 꽃가루 농도를 합하여 알레르기 비염 증상지수와 상관분석을 하였을 때, 증상이 발생한 당일 가을철 꽃가루 농도의 합 상관계수가 0.3263으로 다른 시점보다 비교적 높은 상관성을 나타내었다(Table 4). 시점별 가을철 꽃가루 농도의 합을 독립변수로 알레르기비염 증상지수를 종속변수로 설정하여 회귀 분석을 실시한 결과 증상이 발생한 당일과 하루 전의 꽃가루 농도가 알레르기 증상지수에 유의한 영향을 미치는 것을 알 수 있었고,

Table 4. Correlation coefficient between total fall pollen and symptom index (SI)

	SI	Pollen	Pollen _{t-1}	Pollen _{t-2}	Pollen _{t-3}
SI	1	0.3263	0.3041	0.2527	0.2001
Pollen	0.3263	1	0.5344	0.4647	0.3896
Pollen _{t-1}	0.3041	0.5344	1	0.5363	0.4663
Pollen _{t-2}	0.2527	0.4647	0.5363	1	0.5075
Pollen _{t-3}	0.2001	0.3896	0.4663	0.5075	1

t-1 indicates the day before symptoms occurred; t-2 indicates 2 days before symptoms occurred; t-3 indicates 3 days before symptoms occurred.

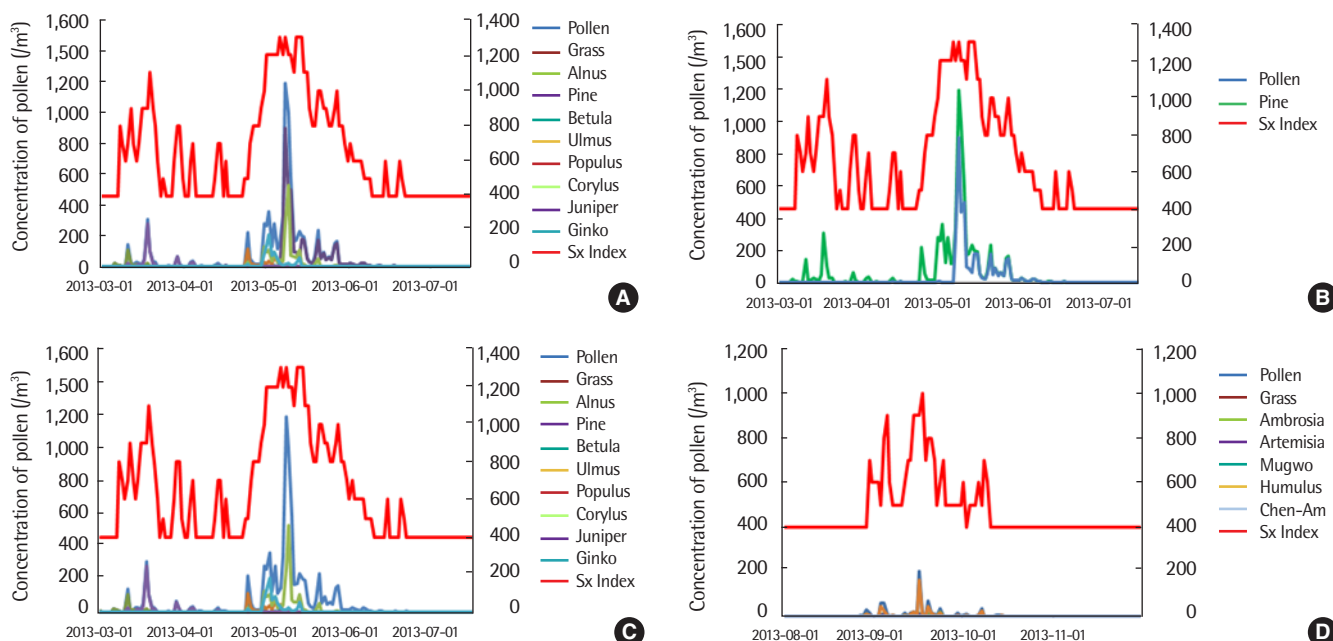


Fig. 3. The correlation between allergic pollen count and symptom (Sx) index in Guri (1. March to 15. November 2013). (A) Allergic pollen of tree, (B) pine pollen, (C) pollen of allergic plants except pine, and (D) allergic pollen of weeds.

Table 5. Correlation coefficient between fall pollen and symptom index (SI)

	SI	RW	RW _{t-1}	RW _{t-2}	RW _{t-3}	AR	AR _{t-1}	AR _{t-2}	AR _{t-3}	JP	JP _{t-1}	JP _{t-2}	JP _{t-3}
SI	1	0.3101	0.2919	0.2593	0.2058	0.1131	0.1004	0.0614	0.0237	0.3355	0.3140	0.2646	0.2202
RW	0.3101	1	0.5259	0.4991	0.4576	0.3095	0.1157	0.1135	0.0807	0.7363	0.4998	0.4642	0.4168
RW _{t-1}	0.2919	0.5259	1	0.5274	0.5002	0.2040	0.3105	0.1176	0.1147	0.4552	0.7372	0.5012	0.4658
RW _{t-2}	0.2593	0.4991	0.5274	1	0.5287	0.2231	0.2056	0.3116	0.1186	0.4246	0.4570	0.7383	0.5029
RW _{t-3}	0.2058	0.4576	0.5002	0.5287	1	0.1534	0.2245	0.2071	0.3120	0.3587	0.4259	0.4581	0.7389
AR	0.1131	0.3095	0.2040	0.2231	0.1534	1	0.3818	0.2308	0.1388	0.4245	0.2257	0.1645	0.1544
AR _{t-1}	0.1004	0.1157	0.3105	0.2056	0.2245	0.3818	1	0.3831	0.2318	0.1791	0.4259	0.2275	0.1666
AR _{t-2}	0.0614	0.1135	0.1176	0.3116	0.2071	0.2308	0.3831	1	0.3839	0.1435	0.1812	0.4270	0.2290
AR _{t-3}	0.0237	0.0807	0.1147	0.1186	0.3120	0.1388	0.2318	0.3839	1	0.0899	0.1444	0.1821	0.4276
JP	0.3355	0.7363	0.4552	0.4246	0.3587	0.4245	0.1791	0.1435	0.0899	1	0.5270	0.4610	0.3946
JP _{t-1}	0.3140	0.4998	0.7372	0.4570	0.4259	0.2257	0.4259	0.1812	0.1444	0.5270	1	0.5287	0.4625
JP _{t-2}	0.2646	0.4642	0.5012	0.7383	0.4581	0.1645	0.2275	0.4270	0.1821	0.4610	0.5287	1	0.5297
JP _{t-3}	0.2202	0.4168	0.4658	0.5029	0.7389	0.1544	0.1666	0.2290	0.4276	0.3946	0.4625	0.5297	1

t-1 indicates the day before symptoms occurred; t-2 indicates 2 days before symptoms occurred; t-3 indicates 3 days before symptoms occurred. RW, Ragweed; AR, Artemisia; JP, Japanese hop.

추정된 회귀식은 다음과 같다.

$$SI = 606.007 + (0.945 \times \text{Fall}_{\text{day}0}) + (0.748 \times \text{Fall}_{\text{day}1})$$

2) 가을철 꽃가루 농도와 알레르기 증상지수 간의 상관분석

일반적으로 가을철에 꽃가루를 유발하는 잡초류는 환삼덩굴, 돼지풀, 쑥이 대표적이다. 그 중에서 알레르기 증상지수와 가장 상관관계수가 높은 것은 환삼덩굴의 꽃가루 농도였으며, 이때 상관계수는 0.3355였다(Table 5). 환삼덩굴, 돼지풀, 쑥과 알레르기 증상지수 사이의 관계를 알아보기 위하여 회귀분석을 실시하였다. 이때 각 잡초류의 당일시점뿐만 아니라 1일 전, 2일 전 시점의 꽃가루 농도도 같이 고려하였다. 가장 영향력이 있는 독립변수를 고르는 변수 선택과정을 거쳐서 최종적으로 도출된 회귀식은 다음과 같다.

$$SI = 603.553 + (1.322 \times \text{Japanese hop}_{\text{day}0}) + (0.994 \times \text{Japanese hop}_{\text{day}1}) + (1.691 \times \text{Ragweed}_{\text{day}2})$$

추정된 회귀식에 의하면 당일의 환삼덩굴, 1일 전 환삼덩굴, 2일 전의 돼지풀이 알레르기 증상 지수에 영향을 미치는 꽃가루임을 알 수 있었다.

고 찰

식물이 성장하는데 적합한 기온인 10°C-30°C에서 강수량이 적을수록 꽃가루의 농도는 높게 측정된다.⁸ 최근 급속한 산업화와 이에 따른 기후의 온난화로 인해 꽃가루 농도는 전세계적으로 증가하는 추세이다. Ariano 등⁹이 이탈리아에서 27년간 꽃가루 농도를 측정한 결과 꽃가루를 날리는 기간이 점차 증가하고 있으며, 대기 중 꽃가루의 양 또한 해가 갈수록 증가하고 있다. 스페인에서 시행한 연구에 따르면 지난 13년간 개화일 이전의 평균기온이 증가함에

따라 개화시기가 앞당겨졌다.¹⁰ 또한 Teranishi 등¹¹은 1983년부터 1998년까지 일본의 도시지역에서 삼나무의 꽃가루 농도와 기온과의 관계를 연구하였는데, 삼나무 꽃가루 시작일이 점차 앞당겨지고 있으며, 전년도 7월의 평균기온이 높을수록 꽃가루의 양이 의미 있게 증가하는 것을 확인하였다. 국내에서도 기후 변화로 인해 꽃가루의 최대 관측일이 앞당겨지고 있으며,⁶ 2000년대 이후 돼지풀과 환삼덩굴 등의 꽃가루 농도가 증가하고 있다.¹²

1960년부터 대기 중 이산화탄소의 농도는 22% 증가하였는데, 이는 꽃가루 농도를 증가시키는 또 다른 원인으로 지목되고 있다.¹³ Wayne 등¹⁴은 이산화탄소 농도별로 돼지풀을 재배하는 온실을 만들어 실험적으로 이산화탄소의 농도와 꽃가루 농도의 관계를 증명하였다. 그들의 연구에 따르면 이산화탄소의 농도가 2배 증가함에 따라 돼지풀의 꽃가루 생산은 61% 증가하였다. Ziska 등¹⁵은 도시화된 지역이 전원 지역에 비해 평균기온이 2°C, 대기 중 이산화탄소의 농도는 30% 가량 높았으며, 이로 인해 도시 지역에서 돼지풀의 성장과 개화가 빠르고 꽃가루의 양이 증가하였음을 보고하였다.

대기 중 꽃가루의 증가는 알레르기 환자에서 알레르기 꽃가루에 대한 감작률 증가로 이어진다.⁹ 국내의 경우 2008년부터 2013년까지 서울과 경기지역에 거주하는 성인 4,000명을 대상으로 알레르기 꽃가루 감작률을 조사한 결과 봄철 알레르기 꽃가루 중에서는 참나무, 자작나무, 오리나무의 감작률이 높았으며, 가을철 알레르기 꽃가루의 경우 쑥, 돼지풀, 환삼덩굴이 높았다. 그리고 6년간 꽃가루에 대한 감작률은 전체적으로 증가하는 양상이었다.¹⁶ Kim 등¹²이 1997년부터 2009년까지 국내 소아에서 알레르기성 꽃가루에 대한 감작률을 조사하여 발표한 연구에 따르면 연구 기간 동안 소아에서 수목류와 잡초류의 꽃가루에 대한 감작률이 점차적으로 증가하였다. 본 연구에서 2015년 서울과 구리 지역의 감작률은 봄

철 알레르기 꽃가루의 경우 참나무, 자작나무, 개암나무, 오리나무가 높았으며, 가을철 알레르기 꽃가루 중에서는 환삼덩굴, 쑥, 돼지풀이 높았다. 한편 서울과 구리 지역 모두 알레르기 꽃가루의 감작률은 2010년 이후 점차 증가하는 추세를 보였다.

또한 이번 연구에서 봄철과 가을철의 알레르기 꽃가루 농도와 알레르기 증상 악화는 의미 있는 상관관계를 나타냈다. 봄철의 경우 참나무와 자작나무, 소나무가 알레르기 증상지수와 연관성이 높았다. 그 중 소나무는 꽃가루가 날리는 시기에 매우 많은 양의 꽃가루를 생산하기 때문에 이번 연구에서는 소나무와 소나무를 제외한 봄철 알레르기 꽃가루 농도의 합을 구분하여 알레르기 증상과의 관계를 분석하였다. 그 결과 소나무를 제외한 봄철 알레르기 꽃가루 농도가 알레르기 증상지수와 높은 관련성을 나타냈다. 소나무의 경우 하루 전날 측정된 꽃가루의 농도가 알레르기 증상지수와 의미 있는 상관성을 보였는데, 이는 소나무가 소나무를 제외한 꽃가루 농도의 합보다 알레르기 증상 지수와의 상관성 정도가 낮고, 소나무가 알레르기를 유발하는데 큰 영향을 주는 식물이 아닌 것¹⁷ 고려할 때, 소나무 꽃가루는 간접적인 자극요인으로 알레르기 증상을 악화시켰을 가능성을 생각해볼 수 있다.

이번 연구에서는 꽃가루가 알레르기 증상을 악화시키는지 알아 보기 위해 시점에 따라 꽃가루 농도와 알레르기 증상지수의 상관관계를 분석하였다. 그 결과 봄철과 가을철 모두 증상이 악화되었던 당일뿐만 아니라 하루 전날의 꽃가루 농도가 알레르기 증상 악화에 영향을 미쳤다는 것을 확인할 수 있었다. 이 결과는 꽃가루 농도와 알레르기 증상과의 관계를 분석한 다른 연구와도 동일한 경향을 갖는다. Gonzalez-Barcala 등¹⁸은 1995년부터 2007년까지 13년간 꽃가루 농도를 측정하고, 천식으로 인해 입원한 환자들의 증상과의 관계를 분석하였다. 그 결과 내원 2-7일 전 꽃가루 농도의 최대치가 증가할수록 천식으로 인해 병원에 입원할 확률이 증가함을 보고하였다.

이번 연구 결과는 몇 가지 제한점을 갖는다. 대상 지역이 서울과 경기도에만 제한되어 우리나라의 유행률을 대표하기 어렵다. 하지만 향후 이번 연구에서 구현한 회귀식과 종별 인체위험도를 전국적으로 확산 적용하여 검증하는 과정을 통해 이번 연구 결과가 보완될 수 있을 것으로 기대한다. 또한 꽃가루 농도와 함께 측정된 알레르기 증상지수는 설문조사 방식으로 진행되어 환자마다 느끼는 증상의 정도가 다를 수 있다. 그러나 알레르기 증상을 수치화하여 비교할 수 있다는 장점이 있기 때문에 그 동안 여러 임상 연구에서 이용되고 있다.

알레르기를 유발하는 꽃가루의 수치를 측정하고, 알레르기 질환을 겪는 환자들에게 이를 예보하는 시스템을 구축하는 것은 최근 증가하고 있는 알레르기 질환을 치료와 예방하는데 도움을 줄 수 있다. 꽃가루와 알레르기 질환과의 관계를 확인한 이전의 연구들은 꽃가루로 인한 알레르기비염 증상의 악화 여부만을 조사하였

다.^{19,20} 본 연구는 알레르기 증상을 수치화하여 알레르기 꽃가루 농도와와의 관계를 확인하였고, 이를 바탕으로 통계적으로 의미 있는 회귀식을 구현하였다. 본 연구 결과를 토대로 꽃가루의 농도에 따른 알레르기비염의 증상 지수를 도출하여 현재 운영하고 있는 알레르기 꽃가루 예보식을 구축하고, 이를 보완할 수 있는 우리나라 고유의 각 종별 인체 위험도를 작성할 수 있을 것으로 기대한다.

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. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Ariano R, Canonica GW, Passalacqua G. Possible role of climate changes in variations in pollen seasons and allergic sensitizations during 27 years. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2010;104:215-22.
10. Garcia-Mozo H, Galan C, Jato V, Belmonte J, de la Guardia C, Fernandez D, et al. Quercus pollen season dynamics in the Iberian peninsula: response to meteorological parameters and possible consequences of climate change. *Ann Agric Environ Med* 2006;13:209-24.
11. Teranishi H, Kenda Y, Katoh T, Kasuya M, Oura E, Taira H. Possible role of climate change in the pollen scatter of Japanese cedar *Cryptomeria japonica* in Japan. *Clim Res* 2000;14:65-70.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. 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.

16. Park HJ, Lee JH, Park KH, Kim KR, Han MJ, Choe H, et al. A six-year study on the changes in airborne pollen counts and skin positivity rates in Korea: 2008-2013. *Yonsei Med J* 2016;57:714-20.
17. Adkinson NF Jr, Middleton E Jr. *Middleton's allergy principles and practice*. 6th ed. Philadelphia: Mosby, 2003.
18. Gonzalez-Barcala FJ, Aboal-Viñas J, Aira MJ, Regueira-Méndez C, Valdes-Cuadrado L, Carreira J, et al. Influence of pollen level on hospitalizations for asthma. *Arch Environ Occup Health* 2013;68:66-71.
19. Feo Brito F, Mur Gimeno P, Carnés J, Fernández-Caldas E, Lara P, Alonso AM, et al. Grass pollen, aeroallergens, and clinical symptoms in Ciudad Real, Spain. *J Investig Allergol Clin Immunol* 2010;20:295-302.
20. Annesi-Maesano I, Rouve S, Desqueyroux H, Jankovski R, Klossek JM, Thibaudon M, et al. Grass pollen counts, air pollution levels and allergic rhinitis severity. *Int Arch Allergy Immunol* 2012;158:397-404.