

기후변화에 따른 알레르기 꽃가루 발생기간의 변화예측

이혜림^{1*}, 김규량¹, 최영진¹, 오재원²

¹국립기상연구소 응용기상연구과, ²한양대학교 의과대학

Predicted changes of the pollen seasons based on the climate change scenarios

H. R. Lee^{1*}, K. R. Kim¹, Y. J. Choi¹, and J. W. Oh²

¹Applied Meteorology Research Division, National Institute of Meteorological Research, ²College of Medicine, Hanyang University

(Correspondence: krk9@korea.kr)

1. 서 언

세계적으로 기후변화에 의하여 자연과 인간에 미치는 영향, 이에 적응하기 위한 능력과 취약성을 이해하는 것은 매우 중요하다. 기후시스템의 온난화는 지구평균기온과 해수온도의 상승, 광범위한 눈과 얼음의 용해 및 지구평균 해수면상승이 관측 자료에서 분명하게 나타나고 있다. 현재 기후변화 완화 정책과 지속가능발전수단을 가동하더라도 온실가스 배출량은 앞으로도 수십년 동안 계속 증가 할 것으로 전망된다. 즉, 기후변화에 따라 자연계에서 관측된 영향은 수권, 생물권, 해양에서 다양하게 일어나며, 인간에게는 기후변화로 적응 능력이 떨어진 사람들에 대한 전염병과 질환의 증가가 예상된다(National Institute of Meteorological Research, 2009).

특히 현재 알레르기 유발성 꽃가루의 농도는 온난화 현상 및 공해 증가와 아울러 증가하여 천식, 비염, 결막염 등 알레르기 질환 환자가 급증하게 하는 원인이다. 기후변화에 따라 알레르기 유발성 꽃가루의 인체에 대한 영향이 어떻게 변화할 것인가는 온실가스 증가와 평균 기온의 상승이 꽃가루의 양과 알레르기 유발성에 어떤 역할을 하는가를 밝힘으로써 평가할 수 있다. 예상되는 양적 변화는 지구 온난화에 따라 식물의 개화기가 앞당겨지게 되고 꽃이 피어있는 기간도 길어지게 되어 알레르기 꽃가루에 노출되는 기간이 더 길어지게 되는 것이다. 질적 변화로는 온실가스 및 오염물질의 증가로 꽃가루 알레르기 유발 물질의 농도가 증가하거나 알레르기 반응이 더 자극됨으로써 알레르기 질환 자체가 급증하게 되는 요인으로 작용할 수 있다는 점을 들 수 있다 (Beggs, 2004).

본 연구에서는 기후변화에 따른 꽃가루 영향평가의 일환으로서 양적변화 중 기후변화의 온도 영향의 따른 꽃가루 발생기간 변화를 예측하고자 하였다. 기후변화에 따른 알레르기 꽃가루 개화기간의 변화를 평가하는 것은 매우 큰 의의가 있다. 앞으로 모델의 변동성을 반영한 평가가 이루어진다면, 꽃가루의 양적변화를 정확히 평가가 가능할 것이며, 예측 평가의 기준으로 사용할 수 있다.

2. 재료 및 방법

2.1. 기후변화시나리오

본 연구에서 사용한 기후변화시나리오는 RCP시나리오로, IPCC 5차 평가보고서에서 인간 활동이 대기에 미치는 복사량으로 온실가스 농도를 정하였다. RCP는 하나의 대표적인 복사강제력에 대해 사회-경제 시나리오는 여러 가지가 될 수 있다는 의미에서 대표(Representative)라는 표현을 사용하며, 온실 가스 배출 시나리오의 시간에 따른 변화를 강조하기 위해 경로(Pathways)라는 의미를 포함한다(<http://www.climate.go.kr>). RCP시나리오의 대표 온실가스 농도는 2.6, 4.5, 6.0, 8.5로 최근 온실가스 농도 변화경향을 반영하여 온실가스 농도산출과정에서 사회경제적 가정을 미래사회 구조기반에서 기후변화 대응정책 수행여부로 변경하였다. RCP2.6은 인간 활동에 의한 영향을 지구 스스로가 회복 가능한 경우, RCP4.5는 온실가스 저감정책이 상당히 실현되는 경우, RCP6.0은 온실가스 저감 정책이 어느 정도 실현되는 경우, RCP8.5는 현재추세로 온실가스가 배출 되는 경우이다. 본 연구에서 사용된 시나리오는 RCP4.5와 RCP8.5로 전지구 기후변화 시나리오(135 km)를 산출한 후 지역 기후모델(HadGEM3-RA)로 산출된 한반도 기후변화 시나리오(12.5 km)를 이용하였다. 산출된 기후자료는 서울, 부산, 대구, 광주, 강릉의 1950~2099년 일별 평균온도, 최저온도, 최고온도, 일교차, 적산온도이다.

2.2. 알레르기 꽃가루 발생감지모델

기후변화시나리오에 적용할 꽃가루 개화기간의 변화를 살펴보기 위하여 일별 꽃가루 감지여부를 예측가능한 통계모델을 사용하였다(Lee et al., 2011). 이 모델은 기상조건에 따른 로지스틱 회귀모델(logistic regression model)로 일반적인 선형회귀모델과 달리 반응변수가 이항자료인 경우에도 사용 가능한 모델로(Agresti, 1996) 꽃가루 감지 여부에 따라 개화기간을 계산할 수 있다. 이 모델은 지역별(서울, 부산, 대구, 광주, 강릉), 알레르기 식물 수종별(수목류: 오리나무, 소나무, 자작나무, 참나무, 잡초류: 돼지풀, 쭉, 환삼덩굴)로 구축되었다. 꽃가루 발생에 영향을 주는 기상요소는 평균기온, 일교차, 적산온도, 풍속, 강수량, 7일 일조시간, 강수지속시간으로 이루어져있다. 서울의 돼지풀인 경우, 평균기온, 적산온도, 풍속, 7일 일조시간이 일별 꽃가루 발생 확률에 영향을 준다.

2.3. 모델의 적용

총 두 번의 모델 적용을 통하여 기후변화에 따른 꽃가루 개화기간을 예측하고자 하였다. 첫째, 알레르기 꽃가루 발생감지모델의 기후변화시나리오 적용가능성으로 꽃가루 농도와 기상 관측자료로 구축된 모델을 기후변화시나리오에서 계산된 과거 모델 기상요소 중 온도 입력자료를 변환하여 발생감지모델을 예측력을 평가하였다. 둘째, 꽃가루 발생 감지모형을 RCP4.5와 RCP8.5 기후변화시나리오에 적용함으로써 꽃가루의 개화일수를 계산하여 기후변화에 따른 미래 꽃가루 발생기간의 변화를 살펴보았다.

3. 결 과

구축된 기존모델 예측력(correct)과 기후변화시나리오 적용모델 예측력을 비교하였다. 서울의 돼지풀 경우 기존모델 65.1%, 기후변화시나리오 적용모델 65.3%의 예측력으로 비슷한 결과를 보였다. 다른 지역(부산, 대구, 광주, 강릉)은 기존 모델보다 과대적합하는 경향을 가졌다. 이 결과로부터 실제 알레르기 꽃가루 발생감지모델을 기후변화시나리오에 적용가능하다고 판단된다. 2010~2099년까지의 일별 기후변화 시나리오를 감지모델에 적용한 결과로부터 알레르기 꽃가루의 개화기간이 증가함을 알 수 있었다. 서울지역 돼지풀 꽃가루의 개화일수는 RCP4.5 시나리오에서 2000년대(1998-2008년) 50일, 2040년대 61.4일, 2090년대 85.6일로 돼지풀의 개화기간이 연간 0.53일, RCP8.5 시나리오에서는 연간 0.74일 증가하였다. 즉 온실가스가 현재와 같이 배출 된다고 가정하였을 때, 돼지풀의 개화기간은 더 증가하는 것을 알 수 있다. Table 1은 지역별 기후변화시나리오를 적용하였을 때 증가하는 꽃가루 개화일수이다. 이로부터 기후변화에 의한 온도의 변동으로 알레르기 꽃가루의 개화기간이 길어지며, 그에 따른 알레르기 질병 발생률도 높아질 것으로 판단할 수 있다. 특히 적정온도가 유지되면 성장을 멈추지 않는 돼지풀과 환삼덩굴의 경우는 개화기간의 증가뿐만 아니라, 꽃가루의 농도(개수)도 높아질 것이라고 예상된다. 그러므로 기후변화에 따른 꽃가루 알레르기 질환을 줄이기 위한 국가정책이 필요할 것이다. 이러한 면에서 기후변화에 따른 정량적인 꽃가루의 개화기간 예측은 기본적인 연구로 의의가 있으며, 꽃가루 질적 변화를 포함한 통합적인 취약성을 평가하여야 할 것이다.

Table 1. The increasing coefficient of flowering period of ragweed in RCP4.5 and RCP8.5 scenarios

Sites	Meteorological Variables	Climate Change Scenarios	
		RCP4.5(day)	RCP8.5(day)
Seoul	mean temperature	0.53	0.74
	accumulated temperature		
	wind speed		
	7-day sunshine hours		
Busan	mean temperature	0.46	0.64
	accumulated temperature		
Daegu	mean temperature	0.54	0.74
	accumulated temperature		
	wind speed		
	7-day sunshine hours		
Gwangju	mean temperature	0.53	0.78
	accumulated temperature		
	7-day sunshine hours		
Gangneung	mean temperature	0.51	0.71
	accumulated temperature		
	wind speed		
	rainfall		

인용문헌

Agresti, A., 1996: An introduction to categorical data analysis. Wiley, 290pp.

Beggs, P. J., 2004: Impacts of climate change on aeroallergens: past and future. *Clinical and Experimental Allergy* **34**, 1507-1513.

Lee, H. R., K. R. Kim, Y. J. Choi, and J. W. Oh, 2011: The study of vulnerability model of allergic pollen in South Korea. *Proceedings of the Spring Meeting of Korean Meteorological Society*, Korean Meteorological Society, Seoul, 18-19.

National Institute of Meteorological Research, 2009: Understanding the climate change -Based on the table and figure with synthesis report by working group I, II, III in the fourth assessment report-. *National Institute of Meteorological Research*, 1-7.

<http://www.climate.go.kr>(2012.6.20)