

IPCC AR5 모사자료를 이용한 남한의 벚꽃 개화일 변화 전망

허지나^{1*}, 안중배¹, 심교문², 박혜진¹

¹부산대학교 지구환경시스템학부, ²농촌진흥청 국립농업과학원

Projection of the Change in Cherry First-Flowering Date over South Korea Using IPCC AR5 Simulation

Jina Hur^{1*}, Joong-Bae Ahn¹, Kyo-Moon Shim², and Hye-Jin Park¹

¹Department of Earth Environmental System, Pusan National University,

²National Academy of Agricultural Science, RDA

(Correspondence: hjn586@pusan.ac.kr)

1. 서 언

1750년 이후 인간 활동의 증가는 대기 중 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 이산화질소(N₂O)와 같은 온실가스의 농도를 증가시켰다. 이러한 인위적인 온실가스의 증가는 온실 온난화를 강화시켰으며, 결과적으로 지구의 평균 온도를 높였다 (IPCC, 2007).

지구 온난화는 지구의 평균 온도 뿐만 아니라 다양한 규모의 기후를 광범위하게 변화시켰다. 최근 자연의 물리계 및 생물계의 변화의 주요 원인으로 온난화에 따른 기후변화로 보고되면서 많은 학자들에 의해 지역기후변화에 대한 식생 반응과 그에 따른 육상생태계 영향 및 농림업분야 적응에 대한 연구가 이루어지고 있다 (Hur *et al.*, 2013b; Ho *et al.*, 2006). 특히 밭아, 개엽, 낙화 및 낙엽 등 식물과 작물의 생물계절은 기후변화에 민감하게 반응하기 때문에 이산화탄소와 더불어 기후변화의 지표로서 많이 연구되고 있다 (Hur *et al.*, 2013a, Chung *et al.*, 2009).

지난 수 십년 동안 한반도를 포함하는 중·고위도의 이른 봄과 겨울철에 급격한 기온 증가가 관측되었다 (Kwon, 2005). 이러한 이유로 한반도의 생물계절에 관한 다양한 연구들은 겨울과 봄철 기온과 관련이 깊은 낙엽수목의 개화일 변화에 주목한다. 그 중에서 초봄에 개화되며, 1922년부터 현재까지 오랜 기간 동안 남한 전역에 고르게 관측된 벚꽃에 대한 개화일 변화 연구가 많이 이루어지고 있다 (Hur *et al.*, 2013b; Jeong *et al.*, 2011).

따라서 본 연구에서는 봄과 겨울철의 기온 변화가 낙엽수목의 개화일에 미치는 잠재적인 영향을 살펴보고자, AR5 기후변화 시나리오인 Historical (1986-2005), RCP4.5 (2071-2090), 그리고 RCP8.5 (2071-2090) 모사자료를 이용하여 기후변화에 따른 남한의 벚

꽃 개화일의 변화를 새롭게 추정하였다 (Hur *et al.*, 2013a).

2. 재료 및 방법

2.1 기후 변화 자료

다양한 복사 강제력에 따른 기온의 변화를 고려하기 위하여, 본 연구에서는 2100년까지 4.5W/m^2 과 8.5W/m^2 의 복사 강제력을 가진다고 가정하는 RCP4.5와 RCP8.5 기후 시나리오를 사용하였다. 사용된 자료는 Coupled Model Intercomparison Project 5 (CMIP5)에 참여한 6개의 모형에서 생산된 이른 봄철 (February-April, FMA) 동안의 일별 Historical (1986-2005), RCP4.5 (2071-2090), 그리고 RCP8.5 (2071-2090) 격자 기온 자료이다. ‘이른 봄철’은 Jeong *et al.* (2011)의 결과를 근거로 하여 기온과 벚꽃 개화일 간의 상관관계가 있는 기간을 선택하여 정의한 것이다. 사용된 6개의 모형은 BCC-CSM1-1M, CCSM4, CMCC-CM, EC-EARTH, MIROC5, MRI-CGCM3 이다 (Hur *et al.*, 2013a).

수집된 전지구 기온자료는 거리와 고도를 고려하는 Hypsometric 방법 (Daly *et al.*, 2003)으로 59개의 벚꽃 및 기온 관측 지점으로 규모축소하였다. 이때 영향반경은 각 모델의 수평 격자 간격의 절반으로 선택하였다. 보다 자세한 설명은 Hur *et al.* (2013a)에서 볼 수 있다.

2.2 벚꽃 개화일 자료

현재 벚꽃 개화일 특성 및 모형의 추정 능력을 살펴보기 위하여 기상청에서 관측한 59개 지점의 벚꽃 관측 자료를 사용하였다. Fig. 1 (Hur *et al.*, 2013a)은 남한의 고도 및 기온과 벚꽃이 관측된 59개 관측지점을 나타낸 것이다.

벚꽃 개화일 추정 모델은 일 기온 누적 모델인 the number of days transformed to standard temperature (DTS) 모델을 이용하였다 (Ono and Konno, 1999). 기온 관측 자료를 바탕으로 DTS 모델을 남한의 벚꽃에 적합하게 구축하였다 (Hur *et al.*, 2013a).

3. 결 과

먼저, 관측과 모사 자료를 이용하여 이른 봄철 동안의 남한의 기온 변화를 살펴보았다. 남한의 2090년의 기온은 RCP4.5와 RCP8.5의 시나리오 하에서 현재보다 각각 2.0K와 3.5K 가량 상승할 것으로 예측되었다. 이러한 기온 상승은 고도와 무관하게 균일하게 나타나, 현재의 지형적 특성이 85년 뒤에도 유사하게 나타날 것으로 분석되었다. 공간적으로 살펴보면, 현재의 등온선은 RCP4.5와 RCP8.5 시나리오 하에서 0.01와 0.03 °Nyear⁻¹의 북상 속도로 움직일 것으로 나타났다.

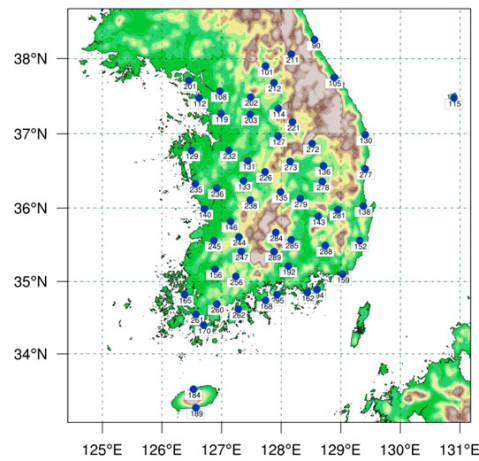


Fig. 1. Locations of 59 weather stations (blue dots) used to observe temperature cherry flowering data and topography (shaded, m) of South Korea

이러한 기온자료를 바탕으로 벚꽃 개화일의 변화를 추정하였다. 벚꽃 전망 자료에 따르면 이른 봄철 기온이 상승함에 따라 벚꽃이 2090년에는 현재보다 6.3일과 11.2일 가량 앞당겨 질 것으로 나타났다. 즉, 2, 3월의 기온 상승이 벚꽃의 성장 속도를 가속 시키면서, phenological spring을 앞당겨 현재 4월 초에 개화하는 벚꽃이 85년 뒤에는 3월 말에 개화할 것으로 예측되었다 (Hur *et al.*, 2013b). Fig. 2 (Hur *et al.*, 2013a)은 개화일의 공간적인 변화를 나타낸 것이다. Fig. 2를 살펴보면, 등개화일선의 변화는 등온선의 변화와 매우 유사하여, RCP4.5와 RCP8.5 시나리오 하에서 현재 등개화일선이 1.0 °N과 2.5 °N 가량 북으로 이동할 것으로 분석되었다 (Hur *et al.*, 2013a).

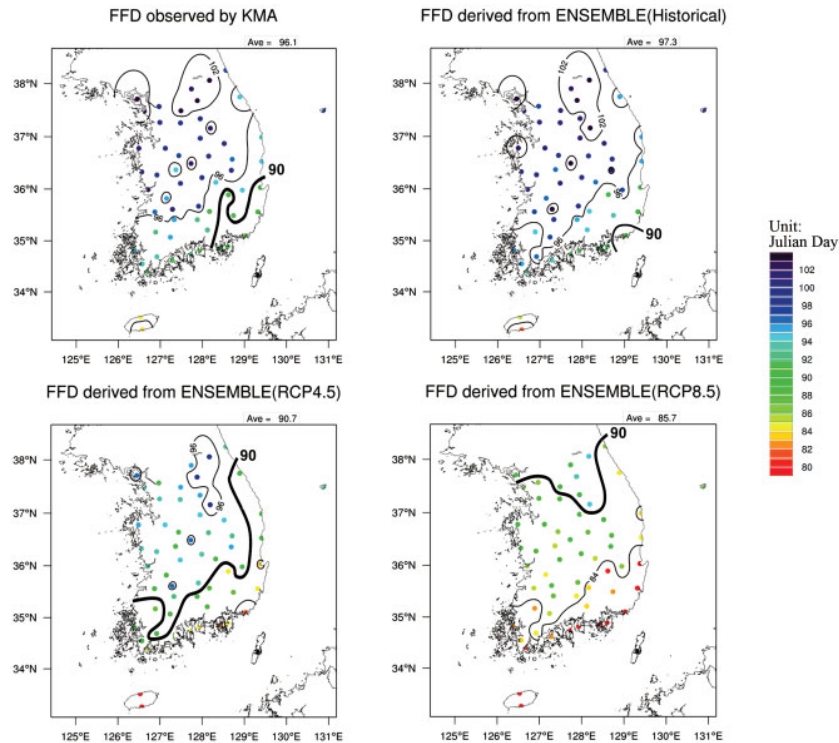


Fig. 2. Spatial distribution of cherry FFD derived from observation (for 1986–2005, a), and Historical (for 1986–2005, b), RCP4.5 (for 2071–2090, c), and RCP8.5 (for 2071–2090, d) simulations for the flowering period (February–April). Unit is Julian day.

감사의 글

본 성과물은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ009353)과 기상청 기후변화 감시·예측 및 국가정책 지원 강화 사업(CATER 2012-3083)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌

- Chung, U., J. E. Jung, H. C. Seo, and J. I. Yun, 2009: Using urban effect corrected temperature data and a tree phenology model to project geographical shift of cherry flowering date in South Korea. *Climatic Change* **93**, 447-463.
- Daly, C., E. H. Helmer and M. Quinones, 2003: Mapping the climate of Puerto Rico, Vieques and Culebra. *International Journal of Climatology* **23**, 1359-1381.

- Ho, C. H., E. J. Lee, I. Lee and S. J. Jeong, 2006: Earlier spring in Seoul, Korea. *International Journal of Climatology* **26**, 2117-2127.
- Hur, Jina, J. B. Ahn, K. M. Shim, 2013a: The Change of Cherry First-flowering Date over South Korea Projected from Downscaled IPCC AR5 Simulation. *International Journal of Climatology*. DOI: 10.1002/joc.3839
- Hur, Jina, J. B. Ahn, K. M. Shim, 2013b: The Change in Cherry First-flowering Date over South Korea Projected from Downscaled IPCC AR5 Simulation. *Proceedings of Autumn Meeting of KMS, 2013, Gwangju, Korean Meteorological Society*, 610-611.
- IPCC, 2007: Climate Change 2001: The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, S. Solomon *et al.* (eds), Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK
- Jeong, J. H., C. H. Ho, H. W. Linderholm, S. J. Jeong, D. Chen and Y. S. Choi, 2011: Impact of urban warming on earlier spring flowering in Korea. *International Journal of Climatology* **31**, 1488-1497.
- Kwon, W. T., 2005: Current status and perspectives of climate change sciences, *Journal of the Korean Meteorological Society* **41**, 325–336. (English Abstract).
- Ono, S., and T. Konno, 1999: Estimation of flowering date and temperature characteristics of fruit trees by DTS method. *Japan Agricultural Research Quarterly* **33**, 105-108.