

## 미래기후조건에서 고추의 발육단계 전망

김진희\*

경희대학교 식물환경신소재공학과

### An Outlook on Developmental Stage in Hot Pepper under the RCP8.5 Projected Climate

Jin-Hee Kim\*

College of Life Sciences, Kyung Hee University, Yongin, Korea

#### I. 서 언

지구온난화가 계속 진행되다 보면 한 지역의 기온이 과거의 변동범위를 벗어나는 시점에 도달하게 될 것이다. Mora *et al.*(2013)은 어떤 기후요소가 관측된 과거의 변동범위를 벗어나는 현상을 일컬어 ‘기후이탈’(climate departure)이라고 정의하고, 연평균기온을 기준으로 RCP (Representative Concentration Pathway) 4.5 및 8.5 시나리오에 근거하여 전지구 기후이탈시점을 전망하였다. Mora *et al.*(2013)에 의하면 서울의 경우 이르면 2042년(RCP8.5), 늦어도 2067년(RCP4.5)부터 기후이탈 국면에 접어든다. 농업분야 기후변화 적응전략은 대체로 기후의 평균적인 상태가 서서히 변하는 것을 전제로 입안되고 추진되어 왔지만, 기후이탈 예상연도가 밝혀진 이상 기후이탈에 따른 극한기후 혹은 기상이변 빈도증가에도 대비해야 할 것이다. 2042년은 그렇게 먼 미래가 아니므로 농작물의 생육과 재배농민의 건강에 영향을 줄 수 있는 농업기후가 기후이탈에 따라 어떤 양상을 보일지 파악하는 일이 시급하다.

본 연구에서는 서울지역을 대상으로 온도상승이 주요 재배작물인 고추의 정식기, 수확기 등 생육단계에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 1km 격자 형태의 기후변화 시나리오 일별자료를 기반으로 남한 전역에 대해 고추 주요 생육단계의 지리적 분포를 살펴보고자 하였다. 연구결과는 향후 농촌지역을 대상으로 하는 더욱 복잡한 연구에 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

#### II. 재료 및 방법

##### 2.1. 기후변화 시나리오

미래 기후자료는 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 5차보고서에 채택된 RCP (Representative Concentration Pathway) 시나리오 기반의 미래 기후전망을 이용하였다. 국립기상연

\* Correspondence to : 7jhee@naver.com

구소는 영국 기상청 해들리센터 지역기후모델인 HadGEM3-RA (Atmospheric Regional climate model of Hadley Centre Global Environment Model version 3)로부터 우리나라 지역에 대하여 복잡한 지리적 특성을 반영한 12.5 km 해상도의 지역 기후변화 시나리오를 산출하였다(국립기상연구소, 2011; 2012).

지역 기후변화 시나리오는 과거기후모의(1950~2005년)와 RCP 시나리오에 기초한 미래 기후 전망(2006~2100)으로 구성되는데, 시간해상도에 따라 월별 및 일별 자료가 제공되며, 본 연구에서는 이들 중 서울관측소 위치에 해당하는 격자점의 RCP8.5 기반 일별 최고 및 최저기온 자료를 추출한 후, 150년간 30년씩 나누어 총 5개의 기후학적 평년기간(1951-1980, 1981-2010, 2011-2040, 2041-2070 및 2071-2100) 자료세트로 구분하여 사용하였다. 또한 남한 전역의 고해상도 고추 주요 생육단계 분포도 제작은 12.5km 해상도의 지역규모 시나리오 자료를 PRIDE (PRISM based Downscaling Estimation) 모델을 이용하여 통계적 규모 축소한 남한지역 1km 해상도 자료를 활용하였다. 1km 해상도 자료의 총기간은 2000년부터 2099년까지 총 100년이며 이중 2000년부터 2010년까지는 격자형 관측값이다(Kim *et al.*, 2012). 이에 따라 생육단계 분포도는 4개의 기후학적 평년기간(2001-2010, 2011-2040, 2041-2070 및 2071-2100)으로 구분하여 지리적분포를 전망하였다.

## 2.2. 자료분석

주요 재배작물인 고추에 대해 매년 최초 정식(아주심기) 날짜와 최종 수확날짜를 추정하였다. 고추의 생장개시온도는 12°C로서 마지막 서리가 내린 후 지온이 15°C 이상으로 올라가면 아주심기를 하며, 첫서리가 내릴 때까지를 재배기간으로 간주한다(이병일, 2013). 일 최고기온과 일 최저기온으로부터 일 평균기온을 계산하고, Do *et al.*(2012)이 제시한 지온과 평균기온과의 관계식으로부터 지온 15°C에 해당하는 기온으로 17°C를 추정하였다. 일 평균기온이 17°C에 도달한 첫 날을 탐색하여 최초 정식날짜로 두고, 일 평균기온이 생육정지온도인 12°C 이하로 떨어지는 첫 날을 최종 수확날짜로 간주하였다. 다섯 개 평년기간에 대하여 매년 최초 정식일과 최종 수확일을 추정한 다음, 추정된 두 날짜 사이의 기간을 고추재배 가능기간, 즉 최대 생육기간으로 간주하였다.

## III. 결과 및 고찰

과거평년(1951-1980) 기후자료로부터 서울지방의 노지고추 정식일을 추정해보면 아무리 빨라도 4월 중순에 시작되고 늦어도 5월 하순에는 종료된다(Fig. 1). 만약 미래 어느 시기의 계산된 정식일 평균값이 이 범위를 벗어난다면 그 때가 농업기후의 이탈시점이라고 봐도 될 것이다. 기후이탈시점이 예상되는 미래2평년(2041-2070)은 그런 의미에서 노지고추 정식일이라는 한 가지 중요한 농업기후도 이탈이 시작된다고 전망할 수 있다. 미래3평년(2071-2100)에는 평균값뿐 아니라 변동범위 전체가 과거평년의 범위를 완전히 벗어난다. 같은 의미에서 노지고추의 수확

일 역시 미래2평년에는 과거평년의 농업기후로부터 이탈이 시작된다. 최초 정식일로부터 최종 수확일까지 전 기간을 노지고추 재배가능기간이라고 가정하면, 서울지방에서 과거평년에는 이 기간이 평균 160일로 그 변동범위가 140일에서 180일 정도 된다. 재배가능기간 평균값이 180일을 넘는 시기 역시 농업기후의 이탈시기라 할 수 있는데, 이 시기는 미래2평년이 아니라 미래1평년(2011-2040)일 것으로 전망된다(Fig. 1).

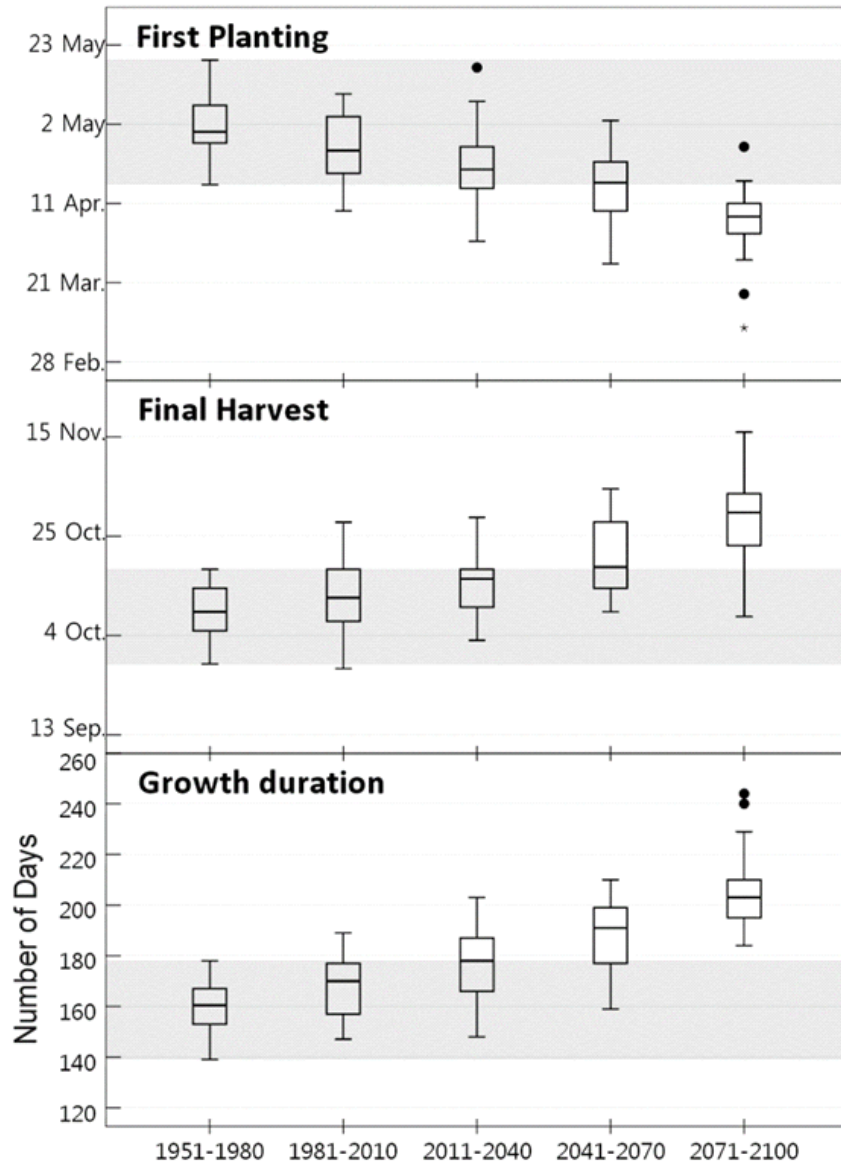


Fig. 1. 12.5km 한반도 영역의 RCP 8.5 시나리오에 따른 5개 평년 기간 서울의 최초 정식일(위), 최종 수확일(가운데), 고추재배 가능기간(아래)에 대한 상자수염도. 1951-1980 기간에 대한 변동범위를 회색 영역으로 표시.

남한전역의 1km 고해상도 시나리오자료로부터 고추의 발육단계를 살펴보면 2001-2010 기간 고추의 최초 정식 가능일은 4월18일부터 7월20일로 나타난다. 강원도 산간지대를 제외한 중부 및 남부지역 내륙의 대부분이 5월 상순부터 중순까지 정식이 가능한 것으로 나타나는데, 미래에는 점차 앞당겨져 5월 이전에 대부분의 정식이 끝날 것으로 보인다. 최종 수확일 또한 빠른 지역은 9월23일부터 최대 11월17일까지였으나 미래에는 10월2일부터 최대 12월26일까지 수확이 가능해질 것으로 예상되며, 평균적으로 약 163일간 가능했던 고추재배는 198일까지 연장될 것으로 전망된다(Table 1).

Table 1. 1km 남한전역 고해상도 시나리오에 따른 4개 평년의 최초 정식일, 최종 수확일, 고추 재배 가능기간에 대한 공간평균값

	Period	Max	Min	Mean	Std.
First Planting	2001-2010	Apr. 18	Jul. 21	May. 13	13.4
	2011-2040	Apr. 15	Jul. 18	May. 10	12.6
	2041-2070	Apr. 07	Jun. 26	May. 03	9.7
	2071-2100	Mar. 29	Jun. 19	Apr. 25	9.6
Final Harvest	2001-2010	Sep. 23	Nov. 17	Oct. 21	8.3
	2011-2040	Oct. 01	Nov. 19	Oct. 24	7.6
	2041-2070	Sep. 29	Dec. 15	Oct. 31	9.9
	2071-2100	Oct. 02	Dec. 26	Nov. 09	9.2
Growth duration	2001-2010	113	202	163	17.1
	2011-2040	108	218	168	17.1
	2041-2070	107	251	181	17.6
	2071-2100	112	272	198	17.4

고추의 생육적온 범위는 25-30℃이며 최고한계온도는 35℃로 알려져 있지만(농촌진흥청, 2014), 다른 여름작물과 마찬가지로 일사량과 토양수분만 충분하다면 주변 온도 40℃까지도 최대 성장속도를 유지할 수 있다. 재배가능기간이 길어지면 생육기간이 긴 신품종을 도입하거나 기존 고추품종의 2기작을 시도할 수 있을 것이다. 나아가 다른 작물과의 다모작을 고려할 수 있으므로 도시농업의 작부체계를 다양화 할 수 있을 것으로 예상된다.

## 감사의 글

이 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ009292)에 의해 이루어진 것임.

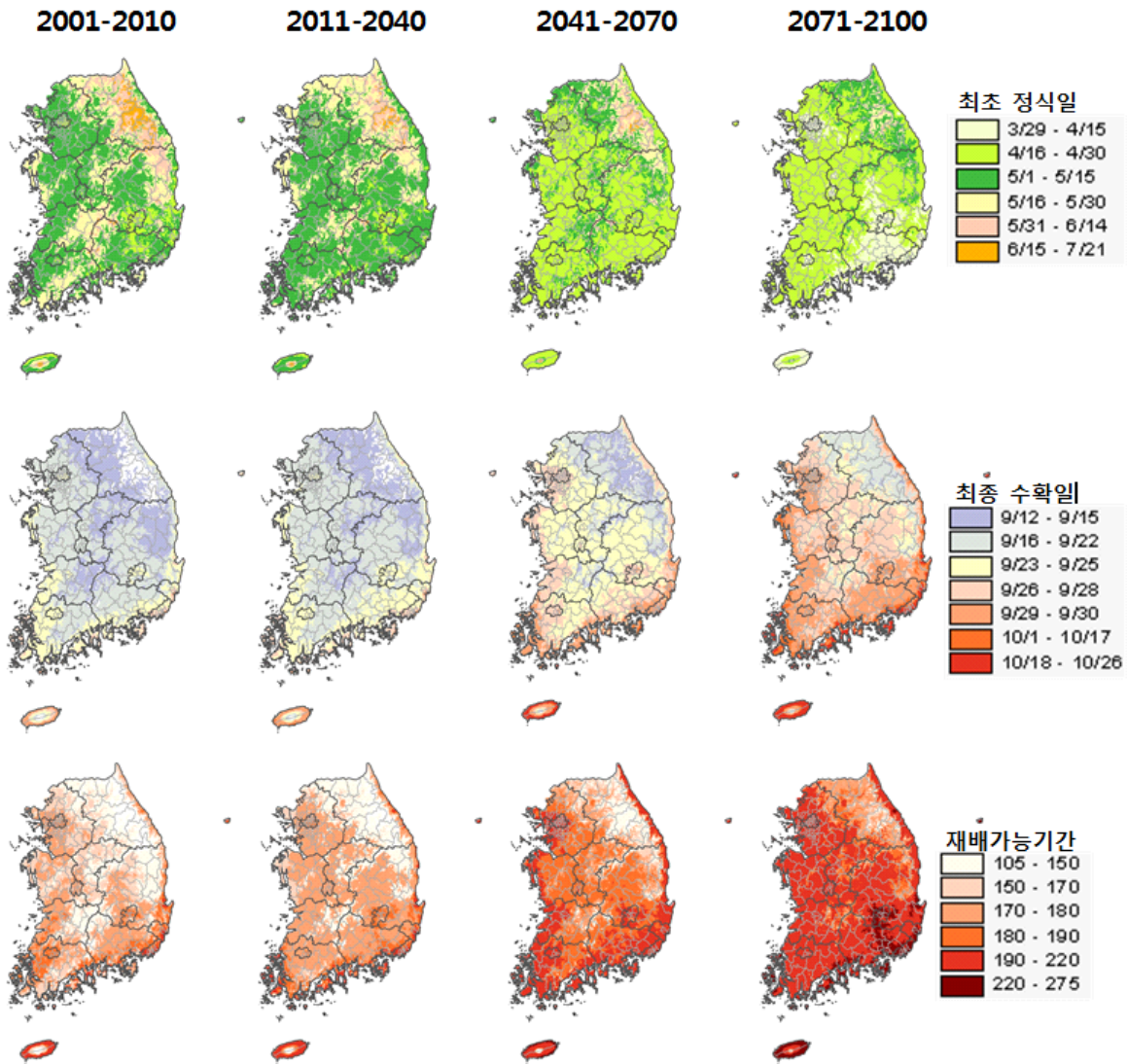


Fig. 2. 1km 남한전역 고해상도 시나리오에 따른 4개 평년의 최초 정식일(상단), 최종 수확일(가운데), 재배 가능기간(하단)에 대한 분포도.

### 인용문헌

- Do, K. S., W. S. Kang, and E. W. Park., 2012: A forecast model for the first occurrence of phytophthora blight on chili pepper after overwintering. *The Plant Pathology Journal* **28**(2), 172-184.
- Kim, M. .K., M. S. Han, D. H. Jang, S. G. Baek, W. S. Lee, Y. H. Kim and S. Kim, 2012: Production technique of observation grid data of 1km resolution. *Journal of Climate Research* **7**(1), 55-68
- Mora, C., A. G. Frazier, R. J. Longman, R. S. Dacks, M. M. Walton, E. J. Tong, J. J. Sanchez, L.

R. Kaiser, Y. O. Stender, J. M. Anderson, C. M. Ambrosino, I. Fernandez-Silva, L. M. Giuseffi, and T. W. Giambelluca 2013: The projected timing of climate departure from recent variability. *Nature* **502**, 183-187.

국립기상연구소, 2011: IPCC 5차 평가보고서 대응을 위한 기후변화 시나리오 보고서 2011, p79-81.

국립기상연구소, 2012: IPCC 5차 평가보고서 대응을 위한 전지구 기후변화 보고서 2012, p60-72.

농촌진흥청, 2014: 농업기술길잡이 고추, 농촌진흥청, 110p.

이병일, 2013: 삼고채소원예총론, 향문사, 160-161p.