

미래 서울의 여름날씨 전망과 도시농업에의 영향

김진희 · 윤진일*

경희대학교 생명과학대학

(2015년 6월 15일 접수; 2015년 6월 25일 수정; 2015년 6월 28일 수락)

Projections of Future Summer Weather in Seoul and Their Impacts on Urban Agriculture

Jin-Hee Kim and Jin I. Yun*

College of Life Sciences, Kyung Hee University, Yongin 446-701, Korea

(Received June 15, 2015; Revised June 25, 2015; Accepted June 28, 2015)

ABSTRACT

Climate departure from the past variability was projected to start in 2042 for Seoul. In order to understand the implication of climate departure in Seoul for urban agriculture, we evaluated the daily temperature for the June-September period from 2041 to 2070, which were projected by the RCP8.5 climate scenario. These data were analyzed with respect to climate extremes and their effects on growth of hot pepper (*Capsicum annuum*), one of the major crops in urban farming. The mean daily maximum and minimum temperatures in 2041-2070 approached to the 90th percentile in the past 30 years (1951-1980). However, the frequency of extreme events such as heat waves and tropical nights appeared to exceed the past variability. While the departure of mean temperature might begin in or after 2040, the climate departure in the sense of extreme weather events seems already in progress. When the climate scenario data were applied to the growth and development of hot pepper, the departures of both planting date and harvest date are expected to follow those of temperature. However, the maximum duration for hot pepper cultivation, which is the number of days between the first planting and the last harvest, seems to have already deviated from the past variability.

Key words: Climate departure, Urban agriculture, Climate extremes, RCP8.5

I. 서 론

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, 연평균 기온을 기준으로 RCP (Representative Concentration Pathway) 4.5 및 8.5 시나리오에 근거하여 전지구

기후이탈시점을 전망하였다. Mora *et al.*(2013)에 의하면 서울은 이르면 2042년(RCP8.5), 늦어도 2067년(RCP4.5)부터 기후이탈 국면에 접어든다. 물론 연평균기온 기준이므로 그보다 짧은 주기의 월 평균기온이나 일평균기온은 이탈연도 이후에도 과거 기후의 변동범위와 겹칠 수 있을 것이다. 이 경우에도 과거 기온분포 상에서 고온극단 10%에 포함되어 비정상(극한기후, 기상이변)으로 분류되던 것이 이탈연도 이후에는 정상적인 것으로 간주될 확



* Corresponding Author : Jin I. Yun
(jiyun@khu.ac.kr)

률이 높다.

지역특산물로 불리는 농작물은 한 지역의 기후에 오랜 기간 순응하여 다른 기후지역에서 재배되는 사실상 동일 유전조성의 농작물과 차별화 된 형태-기능적 특성을 갖게 된 것으로서, 일종의 생태형(ecotype)이다. 이 때 ‘오랜 기간’의 기후는 정규분포로 나타낼 수 있으며 10년에 한 번 정도 겪게 되는 양극단의 극한기후만 아니라면 지역특산물로서의 위치는 공고할 것이다. 하지만 기후이탈은 필연적으로 극한기후의 출현빈도 증가를 수반하므로 과거의 지역기후에 순응한 현재의 생태형이 미래에도 계속 유지될 것이라 보장은 없다. 지금까지 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. 하지만 전국의 농촌과 주요 작목을 대상으로 하는 작업은 규모가 방대하고 내용이 복잡하여 쉽게 이루어질 수 없다. 만약 기후이탈 연도가 밝혀진 서울로 대상지역을 한정하고 도시농업의 주작목 가운데 하나만을 선정하여 작업을 단순화한다면 그 가능성이 높아질 것이다.

‘도시농업’(urban agriculture)은 대도시 지역의 도심은 물론 변두리에서 식량 등 농산물을 재배하고 판매하는 행위를 가리키며, 여기에 사용되는 토지는 마을공터, 학교정원, 옥상정원은 물론 그린벨트 내 가족농장, 주말농장이 있다(Surls *et al.*, 2014; Tornaghi, 2014). 마야문명, 비잔틴문명 등 고대로부터 세계 여러 지역의 도시에서 시민의 식량안보를 튼튼히 해온 도시농업은 현대에 들어와 남반구 도시에서부터 부활하기 시작하여 지금은 북반구 여러 도시로 확산되는 양상을 보이고 있다(Barthel and Isendahl, 2013). 여기에는 경제성장을 촉진하고, 식량안보체계를 개선하며, 비만당뇨를 예방할 수 있다는 도시농업의 순기능이 크게 작용하였으며(Taylor and Lovell, 2012), 양질의 생태

계 서비스 제공, 농업생물종의 다양성과 문화 재생산 공간으로서의 기능도 한몫하였다. 우리나라의 경우 서울특별시에서 2007년 ‘친환경농업 및 주말체험농업 육성지원에 관한 조례’를 제정하였으며, 정부에서는 2011년 ‘도시농업의 지원 및 육성에 관한 법률’을 제정하여 지원근거를 마련하였다. 이를 통해 식량생산, 도시환경 개선, 여가활동 등 다원적 기능과 함께 서울만 하더라도 도시농업의 경제적 가치가 연간 1천억 원이 넘고, 도시농업 민간 전문가 양성 등 고용창출 효과까지 기대하고 있다(Park and Ahn, 2013). 하지만 도시농업 관련 국내 연구는 주로 제도와 경관 외에 농산물의 안정성(Kim *et al.*, 2014), 도시열섬 개선효과(Eom *et al.*, 2012) 등 도시농업이 도시지역에 미치는 영향에 국한되며, 기후변화가 도시농업에 미치는 영향에 대한 연구는 찾아보기 어렵다.

본 연구의 목적은 서울지역을 대상으로 첫째, 기상청 기후변화 시나리오에 근거한 기후이탈시점의 여름날씨를 전망하고, 둘째, 이를 토대로 도시농업 종사자의 생활쾌적도를 현재와 비교하며, 셋째, 주요 재배작물인 고추의 정식기, 수확기 등 생육단계에 미치는 영향을 간단히 분석하는 것이다. 연구결과는 향후 농촌지역을 대상으로 하는 더욱 복잡한 연구에 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

II. 재료 및 방법

2.1. 기후변화 시나리오

기상청에서 제공하는 기후변화시나리오는 다음 2 단계를 거쳐 제작되었다(국립기상연구소, 2011; 2012). 먼저 온실가스 배출 시나리오인 RCP 시나리오에 기초해 영국 기상청 해들리 센터의 대기-해양/해빙 결합 지구시스템모델인 HadGEM2-AO (Atmosphere-Ocean coupled model of Hadley Centre Global Environment Model version 2)를 구동하여 약 135km 해상도로 전지구 기후변화 시나리오를 제작한다. 다음에는 이 전지구 기후변화 시나리오 자료에 기초해 영국 기상청 해들리 센터의 지역기후모델 HadGEM3-RA (Atmospheric Regional climate model of Hadley Centre Global Envi-

ronment Model version 3)로 한반도 지역에 대한 약 12.5km 해상도의 지역 기후변화 시나리오를 산출한다. 이들 모델의 적분영역은 적도 위경도 격자(equatorial latitude-longitude grid) 체계로서 한반도 지역은 12.5km 수평 분해능의 200×180 격자로 이루어진다. 지역 기후변화 시나리오는 과거기후모의(1950~2005년)와 RCP4.5 및 8.5에 기초한 미래 기후전망(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 사용하였다.

2.2. 자료분석

여름작물 재배기간에 해당하는 6월 1일부터 9월 30일까지 4개월을 '여름'으로 설정하고 기후변화 시나리오 자료에서도 동일 기간을 발췌하였다. 비록 서울의 기후이탈시점이 2042년 혹은 2067년으로 확정되어 있으나(Mora *et al.*, 2013), 기후의 속성인 연차변이를 감안한다면 반드시 이들 연도에 기후이탈이 일어날 것으로 단정할 수는 없다. 당연히 이들 특정연도의 기온자료만 분석해서는 기후이탈시점의 농업기후특성을 파악하기 어렵다. 오히려 한 지역의 기후는 30년 기간의 날씨를 통계적으로 요약한 '기후표'에 의해 더욱 정확하게 파악할 수 있다. 이런 점을 고려하여 150년간 일 최고기온 및 최저기온자료를 30년씩 나누어 총 5개의 기후학적 평년기간(1951-1980, 1981-2010, 2011-2040, 2041-2070 및 2071-2100) 자료세트를 얻었다. 이 단보에서는 편의상 이들을 각각 '과거평년', '현재평년', '미래1평년', '미래2평년', 그리고 '미래3평년' 자료라는 약칭으로 부르기로 한다. 이들 5개 평년기간의 기온자료는 최고기온, 최저기온 각각 120일×30년=3,600점씩이 된다. 이들 3,600개의 일 최고 혹은 일 최저기온 값을 크기순으로 배열한 다음 5°C 간격의 계급으로 나누어 각 계급에 포함되는 자료개수(도수)를 파악하였다. 덧붙여 여름철 생활 쾌적도 평가에 중요한 요소인 폭염특보 기준온도(일 최고기온 33°C 및 35°C)와 열대야 기준온도(일 최저기온 25°C)를 충족하는 도수를 추출하였다. 미래

평년자료 중에는 RCP4.5와 8.5에 근거한 두 개의 기후이탈연도를 모두 포함한 '미래2평년'(2041-2070) 자료가 기후이탈시점의 기후특성을 잘 반영할 것으로 간주하여 중점적인 분석대상으로 삼았다.

도시농업의 주작물 가운데 하나인 고추를 선정하여 매년 최초 정식(이주심기) 날짜와 최종 수확날짜를 추정하였다. 고추의 생장개시온도는 12°C로서 마지막 서리가 내린 후 지온이 15°C 이상으로 올라가면 이주심기를 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 고추 재배 가능기간, 즉 최대 생육기간으로 간주하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 서울의 여름날씨 전망

과거, 현재, 미래1, 미래2, 미래3 등 5개 기후학적 평년기간에 대해 각각 6월1일부터 9월30일까지 일 최고기온자료 3,600점을 5°C 간격 구간별 출현빈도로 표현해보면 과거로부터 먼 미래로 갈수록 분포곡선이 오른쪽으로 이동하는 것을 볼 수 있다(Fig. 1). 과거평년(1951-1980)과 현재평년(1981-2010) 사이에는 차이가 적지만 미래1평년(2011-2040), 미래2평년(2041-2070), 미래3평년(2071-2100)으로 갈수록 곡선 간 거리가 더욱 멀어진다. 과거평년의 분포곡선을 보면 상위 10% (90%ile), 즉 기후극한에 해당하는 고온구간은 일 최고기온이 30.8°C를 넘을 때부터 시작된다(Table 1). 물론 이 값은 서울관측소에서 실제 측정된 값과는 다르다. 실측자료에 의하면 과거평년의 6월1일부터 9월30일까지 일 최고기온의 평균값은 27.5°C로서 시나리오에 비해 1.1°C 높았고, 고온 극한기준도 32.1°C로서 시나리

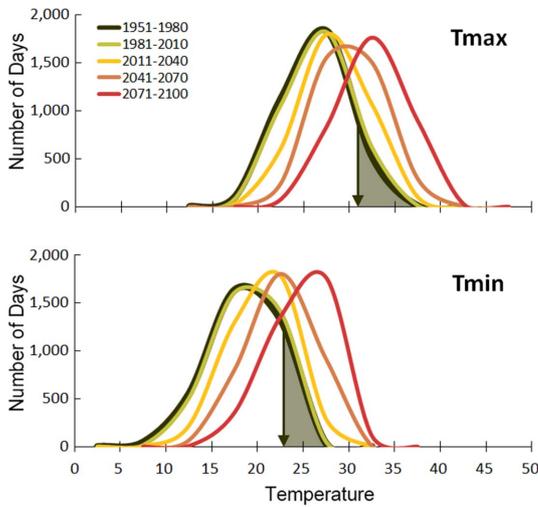


Fig. 1. Smoothed histograms of daily temperatures in Seoul projected by the RCP8.5 climate scenario for the 5 climatological periods. Arrows indicate the 90th percentile temperatures (30.8°C for Tmax and 22.9°C for Tmin) in the past period (1951-1980).

오에 비해 1.3°C 높았다. 지역기후모델에 의해 공간해상도를 12.5km로 높였음에도 불구하고 시나리오 기후는 서울관측소의 실제 대기상황(접지층)과 차이가 있는 것이다. 원인은 여러 가지가 있겠지만, 시나리오기후의 격자점 값이 서울관측소를 포함하는 넓은 지역(12.5km×12.5km)의 평균값이며, 도시 열섬과 같은 경계층 하부의 특성이 제대로 반영되지 않았기 때문이다.

서울의 기후이탈시점(2042년 혹은 2067년)에 해당하는 미래2평년의 일 최고기온 평균값은 30.1°C로서 과거평년의 기후극한 구간에 들지는 못하지만 극한기준에 근접하며, 미래3평년의 평균값은 32.5°C로서 과거평년의 기후극한 기준을 초과한다.

즉 이 시기에는 지극히 정상적인 기온이 과거나 현재 기준으로 볼 때는 기후극한에 해당하며, 기존의 기온 관련 안전기준을 바꾸지 않을 경우 기상 이변에 의한 재해를 겪을 수 있음을 보여준다.

일 최저기온의 각 평년별 도수분포곡선 역시 미래로 갈수록 상대편차가 커지는 경향인데, 좌우대칭에 가까운 일 최고기온에 비해 왼쪽꼬리(저온구간)가 긴 형태를 보이며 이런 추세는 미래에도 지속된다. 서울관측소의 실측자료와는 거리가 있지만, 과거평년의 90분위 극한구간은 22.9°C에서 시작되는데, 기후이탈에 해당하는 미래2평년의 평균값은 22.5°C로서 약간 미치지 못한다. 물론 미래3평년에는 평균값이 24.8°C로서 과거평년의 극한 기준을 넘게 된다. 이 시기에는 과거평년의 일 최고기온 평균값 26.4°C와 편차가 1.6°C밖에 나지 않아, 미래의 최저기온이 과거의 최고기온 위치에 근접하는 것을 확인할 수 있다.

3.2. 생활쾌적도

여름철 최고기온은 폭염특보의 기준으로 사용되는데, 기상청에서는 어느 지역의 일 최고기온이 33°C에 달할 때부터 관심을 가지며, 만약 이틀 연속 33°C 이상이 예상되면 폭염주의보를 발표한다. 더 나아가 35°C 이상이 예상되면 폭염경보를 발령하여 시민들의 야외활동 자제를 유도한다. 시나리오로부터 도출된 2100년까지 매일 기온은 장기추세 파악에는 도움이 되나, 이틀 연속 33°C 혹은 35°C 이상이라는 특정일의 구체적인 기온예보에는 전혀 도움이 되지 않는다. 따라서 각각의 5개 평년 기간 중 33°C 이상인 날짜를 계수하여 상대비교를 통해 각 시기의 폭염정도를 예상해보았다.

Table 1. Summary statistics of daily temperature data in Seoul for the 5 climatological periods projected by the RCP8.5 climate scenario

	Maximum temperature (°C)					Minimum temperature (°C)				
	1951-1980	1981-2010	2011-2040	2041-2070	2071-2100	1951-1980	1981-2010	2011-2040	2041-2070	2071-2100
Mean	26.4	26.7	28.4	30.1	32.5	18.6	18.9	20.5	22.5	24.8
Standard Deviation	3.4	3.4	3.5	3.5	3.6	3.5	3.4	3.4	3.4	3.4
10 th Percentile	22.0	22.4	24.0	25.6	27.8	13.9	14.3	15.8	17.8	20.0
90 th Percentile	30.8	31.3	33.0	34.6	37.1	22.9	23.2	24.7	26.6	28.8

Table 2. Frequency distribution of daily temperatures in Seoul for the 5 climatological periods

Class	Maximum temperature					Minimum temperature				
	1951 -1980	1981 -2010	2011 -2040	2041 -2070	2071 -2100	1951 -1980	1981 -2010	2011 -2040	2041 -2070	2071 -2100
T<10	0	0	0	0	0	48	17	6	1	0
10 ≤ T<15	2	0	0	0	0	553	507	220	67	7
15 ≤ T<20	109	88	30	4	0	1,637	1,611	1,300	806	358
20 ≤ T<25	1,127	1,060	609	244	78	1,329	1,416	1,786	1,803	1,355
25 ≤ T<30	1,832	1,821	1,794	1,553	832	33	49	288	914	1,766
30 ≤ T<33	468	528	820	1,066	1,095	0	0	0	9	114
33 ≤ T<35	52	89	245	436	666	0	0	0	0	0
35 ≤ T<40	10	14	102	292	897	0	0	0	0	0
T ≥ 40	0	0	0	5	32	0	0	0	0	0

시나리오 기후에 의하면 과거평년(1951-1980) 기간 중 33°C 이상 52일, 35°C 이상이 10일로 폭염기준을 충족하는 일수가 총 62일이었다(Table 2). 현재평년(1981-2010)에는 33°C 이상 일수가 103일로서 과거에 비해 66% 증가한 것으로 전망되었다. 과거평년 기간 중 서울특별시 종로구 송월동 소재 서울관측소에서 실제 관측한 자료에 의하면, 기온이 33°C를 넘은 날은 시나리오보다 훨씬 많은 157일이었고, 35°C 이상도 14일이나 되어 합이 171일이었다. 하지만 현재평년 기간에는 183일에 그쳐 실제 폭염일수 증가율은 시나리오에 미치지 못하는 7% 이었다.

기후이탈시점이 예상되는 미래2평년(2041-2070)의 경우 일 최고기온이 33°C 이상으로서 폭염주의보 기준을 채운 날은 모두 733일이었다. 그 가운데 35°C 이상으로 폭염경보 기준을 넘긴 날은 297일인데 그 중에서도 5일은 무려 40°C를 웃도는 날이다. 폭염기준 충족일수를 과거평년과 비교하면 10배 이상 늘어난 수치이다(Table 2). 미래2평년에서 서울시민은 여름 내내 닷새에 한번 꼴로 폭염에 시달릴 것이며, 나아가 미래3평년(2071-2100)에는 이틀에 한번 꼴로 폭염을 겪게 되어 미래 서울의 야외활동에 큰 제약요인이 될 전망이다.

일 최저기온은 주로 야간에 발생하며 기상청에서는 야간기온이 너무 높아서 수면에 장애를 줄 정도의 온도기준을 25°C로 설정하고, 일 최저기온이 이 기준을 넘을 경우 ‘열대야’라고 부른다. 과거평년의 열대야는 시나리오 기후자료 3,600점 가운데

겨우 33번에 그쳐 거의 무시할 정도였지만, 기후이탈시점의 열대야는 무려 923회로 늘어나며 이들 가운데 야간기온이 30°C 이하로 떨어지지 않는 ‘초열대야’에 해당하는 날도 9일이다. 즉 이 시기에는 6월부터 9월까지 4개월 동안 서울시민이 모두 나홀에 한번 꼴로 열대야를 겪게 된다는 것이다. 미래3평년에는 열대야 빈도가 더욱 늘어나 이틀에 한번 꼴로 나타난다.

종합해보면, 기후이탈 예상시점인 미래2평년의 서울시민은 6월 1일부터 9월 30일까지 여름 내내 나홀에 한번 꼴로 폭염과 열대야에 시달릴 것이란 전망이 가능하다. 여기서 주의해야 할 점은 실제 관측자료에 근거한 발생횟수는 시나리오 자료에 근거한 전망보다 더 증가할 수 있다는 사실이다. 시나리오자료에서 겨우 33회 확인된 과거평년의 열대야 횟수가 서울관측소 실측자료에서는 같은 기간 중 83회로, 시나리오에서 49회였던 현재평년에는 실제 201회로 나타나기 때문이다.

Table 2에서 폭염특보와 열대야 기준을 충족하는 자료만 발췌하여 상자수염그림(Box and Whisker Plot)으로 나타내보면, 기후이탈시점까지 가기도 전인 가까운 시기 즉 미래1평년(2011-2040)에 이미 중앙값이 과거에 관측된 변동범위를 모두 벗어나는 것을 확인할 수 있다(Fig. 2). 기온의 평균값을 기준으로 본 기후이탈시점은 2040년 이후이지만, 폭염이나 열대야 같은 기후극한지수 차원에서는 기후이탈이 이미 시작되었고, 서울시민은 그동안 경험했던 보통의 날씨와는 전혀 다른 모습의 기상이변을

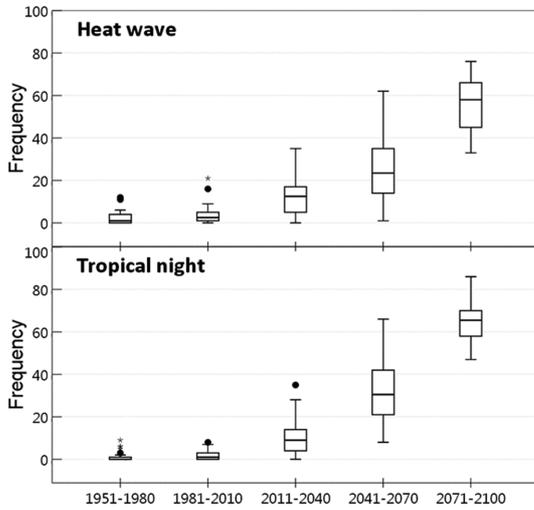


Fig. 2. Box-whisker plots of the number of days with 33°C or higher temperatures (top), and the number of nights with 25°C or higher temperatures (bottom) in Seoul under the RCP8.5 projected climatic conditions of the 5 periods.

일상적인 것으로 받아들여야 할 것이다.

3.3. 고추의 생육단계

과거평년(1951-1980) 기후자료로부터 서울지방의 노지고추 정식일을 추정해보면 이무리 빨라도 4월 중순에 시작되고 늦어도 5월 하순에는 종료된다 (Fig. 3). 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 수확일 역시 미래2평년에는 과거평년의 농업기후로부터 이탈이 시작된다. 최초 정식일로부터 최종 수확일까지 전 기간을 노지고추 재배가능 기간이라고 가정하면, 서울지방에서 과거평년에는 이 기간이 평균 160일로 그 변동범위가 140일에서 180일 정도 된다. 재배가능기간 평균값이 180일을 넘는 시기 역시 농업기후의 이탈시점이라 할 수 있는데, 이 시기는 미래2평년이 아니라 미래1평년(2011-2040)일 것으로 전망된다(Fig. 3).

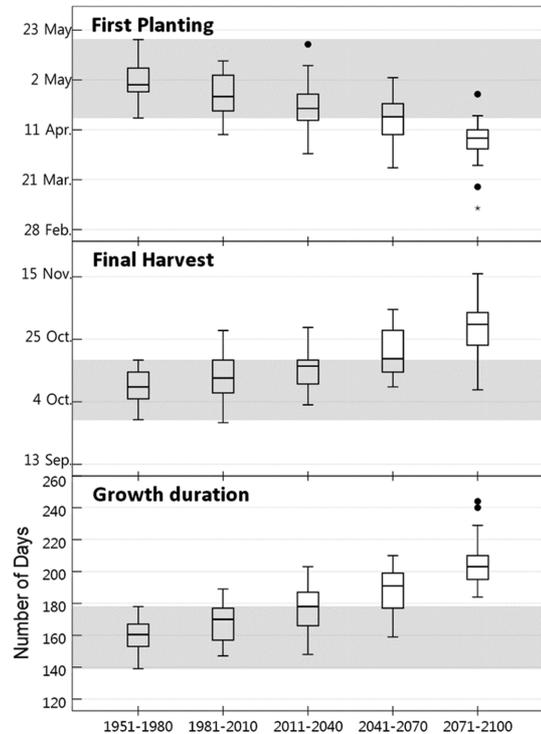


Fig. 3. Box-whisker plots of the first day for planting (top), the last day for harvest (center) and the potential duration for growth of hot pepper (bottom) in Seoul under the RCP8.5 projected climatic conditions of the 5 periods. The shade is the variability found in the past 30 years (1951-1980).

고추의 생육적온 범위는 25-30°C이며 최고한계온도는 35°C로 알려져 있지만(농촌진흥청, 2014), 다른 여름작물과 마찬가지로 일사량과 토양수분만 충분하다면 주변 온도 40°C까지도 최대 생장속도를 유지할 수 있다. 시나리오 기후에 근거한 일 최고기온 40°C 초과일수는 미래2평년에 5일, 미래3평년에 32일로서 우려할 만한 수준은 아니다(Table 2). 따라서 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 있다.

IV. 결 론

어떤 기후요소가 관측된 과거의 변동범위를 벗어

나는 현상인 기후이탈은 그 자체만으로도 진지한 연구의 대상이지만, 기후와 연관된 시민생활과 자연 생태계에도 심각한 영향을 미칠 것이 분명하다. 서울을 포함한 수도권에는 전체 인구의 절반가량이 살고 있으므로 서울을 대상으로 한 연구가 필요하다. 연평균기온을 기준으로 RCP8.5 시나리오에 근거하여 기후이탈시점을 전망한 결과, 대도시 서울은 2042년으로 나타났다(Mora *et al.*, 2013). 이 시점의 기후를 상세하게 들여다 볼 수 있도록 2041-2070 기간의 기상청 시나리오기후자료를 분석하여 서울지방의 여름(6월1일-9월30일) 날씨를 일 최고기온과 최저기온 측면에서 전망하였다. 그 결과 과거평년(1951-1980)과 비교해 보면 이 시기의 일 최고기온 및 최저기온 평균값이 현재 우리가 사용하고 있는 극한기후의 기준(90분위)에 근접하였다. 폭염과 열대야의 경우, 기후이탈시점 이전인 미래1평년(2011-2040) 기간에 이미 중앙값이 과거 관측 변동범위를 모두 벗어났다. 즉 기온의 평균값을 기준으로 본 기후이탈시점은 2040년대이지만 폭염이나 열대야 같은 기후극한지수 차원에서는 이탈이 이미 시작되었고, 서울시민은 그동안 경험했던 보통의 날씨와는 전혀 다른 모습의 기상이변을 일상적인 것으로 받아들여야 한다.

이러한 서울의 기후이탈현상이 도시농업의 주작목인 고추의 생육에 미치는 영향을 분석하기 위해 시나리오 기후자료를 적용한 결과 노지고추 최초 정식일, 최종 수확일 등 주요 농업기후의 이탈도 기후의 이탈과 거의 함께 시작될 것으로 전망되었다. 최초 정식일로부터 최종 수확일까지 전 기간, 즉 노지고추 재배가능기간은 과거평년 변동범위로부터 이탈시기가 정식일이나 수확일보다 훨씬 일찍 시작될 것으로 판단되므로, 길어진 재배가능기간을 활용하기 위한 도시농업 발전 방안도 마련되어야 할 것이다. 하지만 생육기간이 길어진 이면으로 우박 등 돌발 악기상의 발생도 늘어날 것이기 때문에 이에 대한 관심뿐만 아니라 지속적인 연구도 필요하다. 또한 여름철 기상요소 가운데 큰 비중을 차지하는 강수에 대해서는 이번 연구에서 다루지 못했는데, 기온과 강수 양상이 함께 다루어져야 좀 더 현실에 가까운 미래 여름날씨를 전망할 수 있

을 것이다.

적 요

기후이탈이 예상되는 2041-2070년 기간의 서울 지방 여름(6월1일-9월30일) 날씨를 기상청 시나리오 기후자료(RCP8.5 기반) 가운데 일 최고기온과 최저기온 측면에서 전망하고, 이것이 도시농업의 주작목인 고추의 생육에 미치는 영향을 평가하였다. 이 시기의 일 최고기온 및 최저기온 평균값은 과거평년(1951-1980)의 극한기후 기준(90분위)에 근접하였다. 반면 폭염과 열대야의 경우 기후이탈시점까지 가기 전인 가까운 미래1평년(2011-2040) 기간에 이미 최빈값이 과거에 관측된 변동범위를 벗어났다. 기온의 평균값을 기준으로 본 기후이탈시점은 2040년 이후이지만, 폭염이나 열대야 같은 기후극한지수 차원에서는 기후이탈이 이미 시작된 것으로 판단된다. 도시농업의 주작목인 고추의 생육을 대상으로 시나리오기후를 적용한 결과, 기후이탈시점과 거의 함께 노지고추 최초 정식일, 최종 수확일 등 주요 농업기후도 이탈이 시작될 것으로 전망되었다. 최초 정식일로부터 최종 수확일까지 전 기간, 즉 노지고추 재배 가능기간은 과거평년 변동범위로부터 이탈시기가 정식일이나 수확일보다 30년 일찍 시작되었다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ010007)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- Barthel, S., and C. Isendahl, 2013: Urban gardens, agriculture, and water management: Sources of resilience for long-term food security in cities. *Ecological Economics* **86**, 224-234.
- 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.
- Eom, K. C., P. K. Jung, S. H. Park, S. Y. Yoo, and T. W. Kim, 2012: Evaluation of the effect of urban-agriculture

- on urban heat island mitigation. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* **45**, 848-852. (in Korean with English abstract)
- Kim, J. W., Y. M. Yun, W. S. Na, E. Baljii, I. W. Choi, Y. N. Youn, and Y-H. Lee, 2014: Monitoring of biosafety of agricultural products from urban community gardens and roof gardens in Korea. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* **32**(3), 400-407. (in Korean with English abstract)
- 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.
- Park, J. W., and G. B. Ahn, 2013: The current status of the Korean urban farming researched from an institutional perspective and tasks for the future. *Rural Planning* **19**(3), 61-73. (in Korean with English abstract) DOI: 10.7851/ksrp.2013.19.3.061
- Surls, R., G. Feenstra, S. Golden, R. Galt, S. Hardesty, C. Napawab, and C. Wilen, 2014: Gearing up to support urban farming in California: Preliminary results of a needs assessment. *Renewable Agriculture and Food Systems* **30**(1), 33-42.
- Taylor, J. R., and S. T. Lovell, 2012: Mapping public and private spaces of urban agriculture in Chicago through the analysis of high-resolution aerial images in Google Earth. *Landscape and Urban Planning* **108**, 57-70.
- Tornaghi, C., 2014: Critical geography of urban agriculture. *Progress in Human Geography* 1-17.
- 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: 농업기술잡이 고추, 농촌진흥청, 110p.
- 이병일, 2013: 삼고채소원예총론, 향문사, 160-161p.