

온도 및 CO₂ 상승이 고추의 생육 및 과실품질에 미치는 영향

송은영 · 문경환 · 손인창 · 위승환 · 김천환 · 임찬규 · 오순자*
농촌진흥청 국립원예특작과학원 온난화대응농업연구소
(2016년 8월 18일 접수; 2016년 10월 7일 수정; 2016년 10월 10일 수락)

Impact of Elevated Temperature and CO₂ on Growth and Fruit Quality of Pepper (*Capsicum annuum* L.)

Eun Young Song, Kyung Hwan Moon, In Chang Son, Seung Hwan Wi,
Chun Hwan Kim, Chan Kyu Lim and Soonja Oh*

National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Jeju 690-150, Korea
(Received August 18, 2016; Revised October 7, 2016; Accepted October 10, 2016)

ABSTRACT

This study was conducted to determine the impact of elevated temperature and CO₂ concentration based on climate change scenario on growth and fruit quality of pepper (*Capsicum annuum* L. cv. *Muhanjilju*) with SPAR (Soil Plant Atmosphere Research) chamber. The intraday temperatures of climate normal years fixed by 20.8°C during the growing season (May 1 ~ October 30) of climatic normal years (1971 ~ 2000) in Andong region. There were treated with 4 groups such like a control group (ambient temperature and 400ppm CO₂), an elevated CO₂ group (ambient temperature and 800ppm CO₂), an elevated temperature group (ambient temperature+6°C and 400ppm CO₂) and an elevated temperature/CO₂ group (ambient temperature+6°C and 800ppm CO₂). Compared with the control, plant height, branch number and leaf number increased under the elevated temperature and elevated temperature/CO₂ group. However, leaf area and chlorophyll content showed a tendency of decreasing in the elevated temperature group and elevated temperature/CO₂ group. The number of flower and bud were decreased in the elevated temperature and elevated temperature/CO₂ group (mean temperature at 26.8°C) during the growth period. The total number and the weight of fruits were decreased in the elevated temperature group and elevated temperature/CO₂ group more than the control group. While the weight, length and diameter of fruit decreased more than those of control as the temperature and CO₂ concentration increased gradually. This result suggests that the fruit yield could be decreased under the elevated temperature/CO₂ (6°C higher than atmospheric temperature/2-fold higher than atmospheric CO₂ concentration), whereas the percentage of ripen fruits after 100 days of planting was increased, and showed earlier harvest time than the control.

Key words: Climate change, Temperature, CO₂, Fruit quality, Fruit yield



* Corresponding Author : Soonja Oh
(osoonja@korea.kr)

I. 서 론

고추는 한국의 채소류 재배면적 292,000ha의 약 20%를 차지하는 중요한 경제작물이며, 안동을 중심으로 한 경북지역은 한국 최대의 고추 생산지이다(Seo *et al.*, 2011). 고추의 수량 및 품질은 작과 및 성숙기의 일조량, 강수량, 기온 등과 같은 기상환경과 재배지 토양조건에 의해서 큰 영향을 받는다(Hwang and Lee, 1978; Kim *et al.*, 1995; Jang *et al.*, 2000). 특히, 온도, 강우와 같은 기후 조건은 작물 생육에 중요할 뿐만 아니라 농업생태계의 변화를 초래하므로 최근 각국에서 기후변화에 의한 식물의 반응을 파악하기 위하여 작물의 재배적지 변화, 수확량 변동예측 모형 개발 등에 관한 연구들이 활발하게 진행되고 있다(Hadley *et al.*, 1995; Poster and Semenov, 2005).

기후변화에 관한 정부간 패널(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)에서는 지구 평균기온이 지구온난화로 인해 지난 133년간(1880~2012년) 0.85°C 상승하였고, 21세기 첫 10년이 가장 높았던 것으로 나타나 지구온난화가 급격하게 진행되고 있는 것으로 추정하고 있다(IPCC, 2013). 지금까지 온실기체 배출시나리오로 사용되어 온 SRES (Special Report on Emission Scenarios) 대신 인간활동이 대기에 미치는 복사량으로 온실가스 농도를 정하는 대표농도경로(Representative Concentration Pathway, RCP)를 5차 보고서 작성을 위한 표준으로 채택하였다. RCP8.5는 특별한 감축노력 없이 현재 추세대로 온실기체가 배출되는 경우로서 2100년의 예상 이산화탄소 농도는 940ppm, 30년(1971~2000) 기준기간 대비 미래 30년(2070~2100)의 지구평균 기온 상승 4.8°C, 강수량 증가 6%, 해수면 상승 90cm로 전망하고 있다(Kim *et al.*, 2012). 한반도 기후변화시

나리오에 의하면 20세기말(1971~2000)에 비해 2030년경에는 기온이 1.2°C 상승하고, 21세기말(2071~2100)에는 약 4°C 상승할 것으로 예측하고 있다(NIMR, 2011). 작물재배에 있어 온도가 1°C 상승하게 되면 재배 가능지역이 위도상으로 81km 북상하게 되고, 해발고도 상으로는 154m 높아지게 된다(Heo *et al.*, 2013). Houghton *et al.*(1996)은 21세기말 경에는 작물은 현재 보다 대기 중 CO₂ 농도는 2배, 기온은 2~5°C 높은 환경에서 생육할 것으로 예측하고 있다. 이와 같이 대기 중 CO₂ 농도의 증가와 기온의 상승은 작물의 생육에는 물론 궁극적으로는 작물의 수량과 인류의 식량생산에 중대한 영향을 줄 것으로 예측하고 있고(Hansen *et al.*, 2000), 지구온난화는 작물의 개화, 출수시기 변화 등 생리적 변화를 일으키고 작물의 품질변화, 재배적지를 이동시켜 큰 영향을 미칠 것으로 판단하고 있으며(FAO, 2004), 특히 기온 상승은 작물에 따라 다르지만 대체적으로 농업생산에 부정적 영향을 미칠 것으로 예측하고 있다(Wolfe *et al.*, 2005).

따라서 본 연구에서는 우리나라 대표적 노지채소인 고추를 전 생육기간 동안 미래 기후변화 시나리오를 적용한 고온(+6°C)과 대기 중 이산화탄소 농도(800ppm) 상승 조건에서 재배하였을 때 생육 및 생산성에 미치는 영향을 분석하고 향후 온난화 기후 하에서 작물의 안정생산 및 품질향상을 위한 대응방안을 마련하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

2.1. 실험재료 및 재배조건

실험재료는 노지 전용고추인 무한질주(*Capsicum annum* L. cv. Muhanjilju, Syngenta Korea, Seoul, Korea)를 사용하였으며, 모든 실험은 국립특작과학원

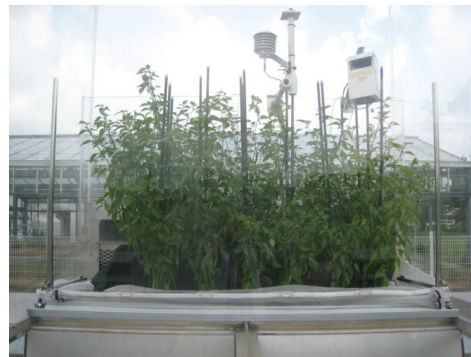


Fig. 1. Photos of SPAR(Soil Plant Atmosphere Research) chamber used in this study.

온난화대응농업연구소내 온도 및 이산화탄소 제어가 가능하고 자연광을 이용할 수 있는 SPAR (Soil Plant Atmosphere Research) 챔버에서 수행하였다(Fig. 1).

고추 종자는 2015년 2월 25일에 원예용 상토를 채운 50구 육묘용 플러그 트레이에 1립씩 파종하여 20±1°C (주간)/15±1°C(야간)의 조건으로 육묘하였다. 파종 70일 후 본엽이 10~13매 나온 균일하게 자란 개체를 선발하여 원예상토와 펄라이트를 4:1 (v:v)로 혼합된 배양토가 들어 있는 4개의 SPAR (2.0×0.5×1.0m) 챔버에 각각 20주씩 정식하였고, 시험구 배치는 균일한 개체 1주를 1반복으로 한 완전임의배치 3반복이었다. 이후 정식된 고추는 양액재배용 제4종 복합비료(코셀)를 주 2회 관주하여 재배하였고, 온도와 이산화탄소 농도를 달리한 옥외 정밀환경조절시설에서 재배하면서 식물의 생육 및 과실 특성을 조사하기 위한 재료로 사용하였다.

처리구는 기후변화 시나리오를 근거하여 온도 및 이산화탄소 농도에 따라 대조구(대기온도, 400ppm CO₂), 이산화탄소 상승구(대기온도, 800ppm CO₂), 온도 상승구(대기온도+6°C, 400ppm CO₂), 이산화탄소+온도 상승구(대기온도+6°C, 800ppm CO₂)로 각각 설정하였다. 챔버 내부의 대기온도는 노지고추 주산지인 안동지역의 30년간(1971~2000) 기상자료 중에서 생육기에 해당하는 5월~10월까지의 일평균 기온자료를 토대로 산출된 평균기온(20.8°C)으로 설정하였다. 실험은 2015년 5월 6일부터 8월 14일까지 총 100일간에 걸쳐 수행하였으며, 실험기간 중 일 대기온도는 Fig. 2A과 같이 전환되

도록 하였고, 재배기간 동안의 일평균 온도는 Fig. 2B에 나타내었다.

2.2. 고추의 생육특성 조사

고추의 생육 특성은 정식 후 20, 40, 60, 80, 100일씩 각 처리구별로 3주씩 무작위로 선발하여 초장, 분지수, 엽수, 총 엽면적, 개당 엽면적, SPAD값을 조사하였다. 초장은 지면에서 식물의 정단부까지의 길이를 측정하였으며, 분지수는 가장 길게 신장된 가지를 선정해 처음 갈라지는 위치에서 그 가지의 마지막으로 갈라지는 부분의 개수를 조사하였다. 엽수는 잎의 길이가 1cm 이상인 것을 모두 조사하여 개체당 총 엽수로 나타내었으며, 총 엽면적은 이들 잎을 엽면적 측정기(LI-3100, LI-COR, USA)를 이용하여 측정하였다. 고추 1개엽의 엽면적은 개체당 총 엽면적을 개체당 총 엽수로 환산하여 나타내었다. SPAD값은 줄기 정단부부터 아래로 완전히 전개된 잎을 휴대용 엽록소측정기(SPAD-502, Minolta Co., Japan)를 이용하여 중간 잎에서 5회 반복 조사하였다. 개체당 꽃봉오리수와 개화수는 정식 후 40, 60, 80일까지 3회 조사하였고, 개체당 총 착과수는 정식 후 60, 80, 100일까지 3회 조사하였다. 고추 정식 후 100일째에 개체당 과실길이 5cm 이상의 과실을 수확하여 착과수, 총 생체중과 과실의 특성(과장, 과경, 과중)을 조사하였다. 그리고 붉은 색으로 완숙된 고추를 선별하여 개체당 완숙과실수, 완숙 과실의 총 생체중, 과실의 특성(과장, 과경, 과중)을 조사하였다.

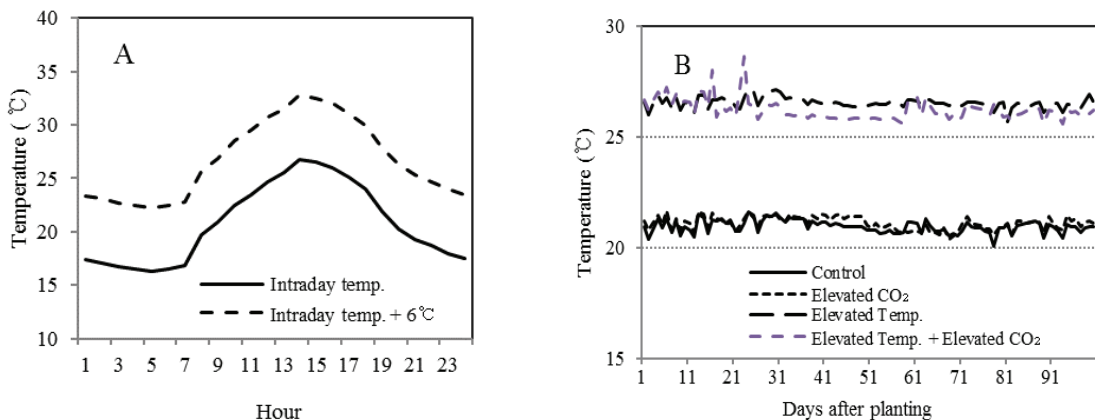


Fig. 2. Fluctuation of intrainday temperatures designed based on climate change scenarios for cultivation of red pepper (A). The intrainday temperatures of climate normal years were determined using intrainday mean temperatures of climatic normal years (1971~2000) in the Andong province during the growing season (May 1~October 30). Fluctuation of ambient temperatures during the investigation period (B).

2.3. 통계분석

조사된 자료의 통계분석은 SAS(Statistical Analysis System Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하였으며, Duncan의 다중검정($p < 0.05$)으로 평균치간의 차이에 대한 유의성을 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

미래 기후변화 시나리오에 근거하여 예측되는 온도 및 이산화탄소 농도 상승조건에서 ‘무한질주’ 고추의 생육에 미치는 영향을 검토한 결과는 Fig. 3에서 보는 바와 같다. 고추를 100일동안 재배하였을 때, 온도 상승구와 이산화탄소+온도 상승구에서 초장은 길게 신장하였고, 분지수와 엽수는 많아졌으며, 총 엽면적도 증가하였다. 초장은 대조구인 안동지역의 5~10월 생육기 온도(20.8°C)조건으로 재배하였을 때 147.2cm인데 반해, 이산화탄소 상승구에서 117.0cm로 가장 낮은 수치를 보였고, 이산화탄소+온도 상승구에서 161.2cm, 온도 상승구에서 169.5cm 순으로 초장이 신장하였다(Fig. 3A).

분지수도 정식 후 100일까지 이산화탄소+온도 상승구와 온도 상승구에서 더 많이 발생하였다. 분지수는 정식 후 40일까지는 처리간에 큰 차이를 보이지 않았으나 그 이후부터 이산화탄소+온도 상승구와 온도 상승구에서 많아져 재배온도간에 뚜렷한 차이를 보였다. 특히, 정식 후 100일에는 이산화탄소+온도 상승구와 온도 상승구에서 분지수가 16.3개로 대조구의 12.0개에 비해 1.4배로 분화의 정도가 큼을 알 수 있었다(Fig. 3B). 분지수는 갈라지는 마디의 수를 측정한 것으로 개화 및 과실의 착과와 밀접한 관련이 있으므로 그 수가 많을수록 많은 열매를 맺을 것으로 판단된다.

Reddy *et al.*(1995)은 온도와 이산화탄소의 상호작용이 목화의 생육에 미치는 영향을 조사한 결과, 온도가 상승하고 이산화탄소의 농도가 증가할수록 초장의 생장이 촉진되고 주지의 마디수가 많아진다고 하였는데, 본 연구에서도 이와 유사한 결과를 얻었다. 엽수도 재배기간 동안 꾸준히 증가하여 정식 후 100일까지 온도 상승구에서 470개, 이산화탄소+온도 상승구에서 447개로 대조구의 353개보다 117개, 94개나 많았다(Fig. 3C). Heo *et al.*(2013)은 고추는 고온인 30°C에서 재배하면 엽수가 증가하며 생육일수가 늘어날수록 뚜렷한 차이를 보이는 것으로 보고하였다. 고온성 작물에서 적정 범위 내에서의 기온상승은 작물의 생육가능 기간을 연장하여 생산성과 품질 향상에 유리하게 작용할 수 있는데(Shin

and Yun, 2011), 본 연구에서도 대조구보다 6°C 상승된 조건에서 고추를 재배하였을 때 엽수가 증가하였다.

식물체당 총 엽면적은 정식 후 100일까지 대조구가 4799.6 cm²/plant, 이산화탄소 상승구가 3234.5 cm²/plant로 대조구에 비해 대기 중 이산화탄소 농도가 증가하였을 때 고추의 총 엽면적이 32.6%나 감소하였다. 엽면적은 새로운 잎의 유기율, 확장기간 및 확장율에 의해서 결정되는데, 엽면적에 영향을 미치는 요인들은 일차적으로 온도에 의존한다(Reddy *et al.*, 1993). 본 연구에서도 온도 상승구에서는 총 엽면적이 5430.5 cm²/plant로 대조구보다 6°C 온도 상승할 경우 약 13% 증가하는 경향을 보였다(Fig. 3D). 고추 1개엽의 엽면적은 초기 생육기인 정식 후 20일에 조사한 결과 대조구의 6.0 cm²에 비해 이산화탄소 상승구 7.6 cm², 온도 상승구 11.0 cm², 이산화탄소+온도 상승구 13.1 cm² 순으로 개당 엽면적이 컸으나 정식 후 100일에는 대조구의 14.1 cm²에 비해 이산화탄소 상승구 12.3 cm², 이산화탄소+온도 상승구 13.1 cm²로 대조구에 비해 이산화탄소 상승조건에서는 고추의 엽 크기가 작아지는 경향을 보였다(Fig. 3E).

작물에 따라 이산화탄소 증가에 따른 작물의 광합성 반응은 다르게 나타나는데, 일반적으로 고농도의 이산화탄소에 장기간 노출시 엽내 전분이 축적되고, 축적된 전분입자는 엽내 이산화탄소 확산을 방해하거나 엽록소 파괴로 인해 광합성 저하의 원인이 된다(Paul and Foyer, 2001). 본 실험에서도 SPAD값이 생육 초기인 정식 후 20일까지는 처리간 뚜렷한 차이를 보이지 않았으나 생육 후기로 갈수록 대조구의 47.3에 비해 이산화탄소+온도 상승구에서 35.3로 낮아졌으며, 고온 및 이산화탄소 상승조건에서는 생육 후기로 갈수록 잎이 황백화되고 조기 탈리가 일어나는 등 노화가 빨리 진행되는 경향을 보였다(Fig. 3F).

고추의 개화 및 꽃봉오리수는 정식 후 40, 60, 80일까지 3차례 조사하였다. 고추의 주 개화시기인 정식 후 60 일째에서 개화 및 꽃봉오리수가 많이 관찰되었고, 조사 기간 동안 대조구와 이산화탄소 상승구에서 가장 많았고, 초기에는 꽃봉오리수가 온도 상승구와 이산화탄소+온도 상승구도 좋았으나 시간이 지날수록 떨어졌다(Fig. 4A와 4B). 고추의 개화에 적절한 온도는 18~23°C이며, 30°C 이상에서는 꽃눈 분화가 불량하거나 분화가 되더라도 화분발아와 화분관 신장이 원활하게 이루어지지 않아 착화 및 착과율이 낮아질 수 있다(Kim *et al.*, 2013). 고추의 성장 및 발달에 있어서 중요한 개화 및 착과는 정식 후 30~60일 경에 주로 이루어지는데, 이 시기에 대조

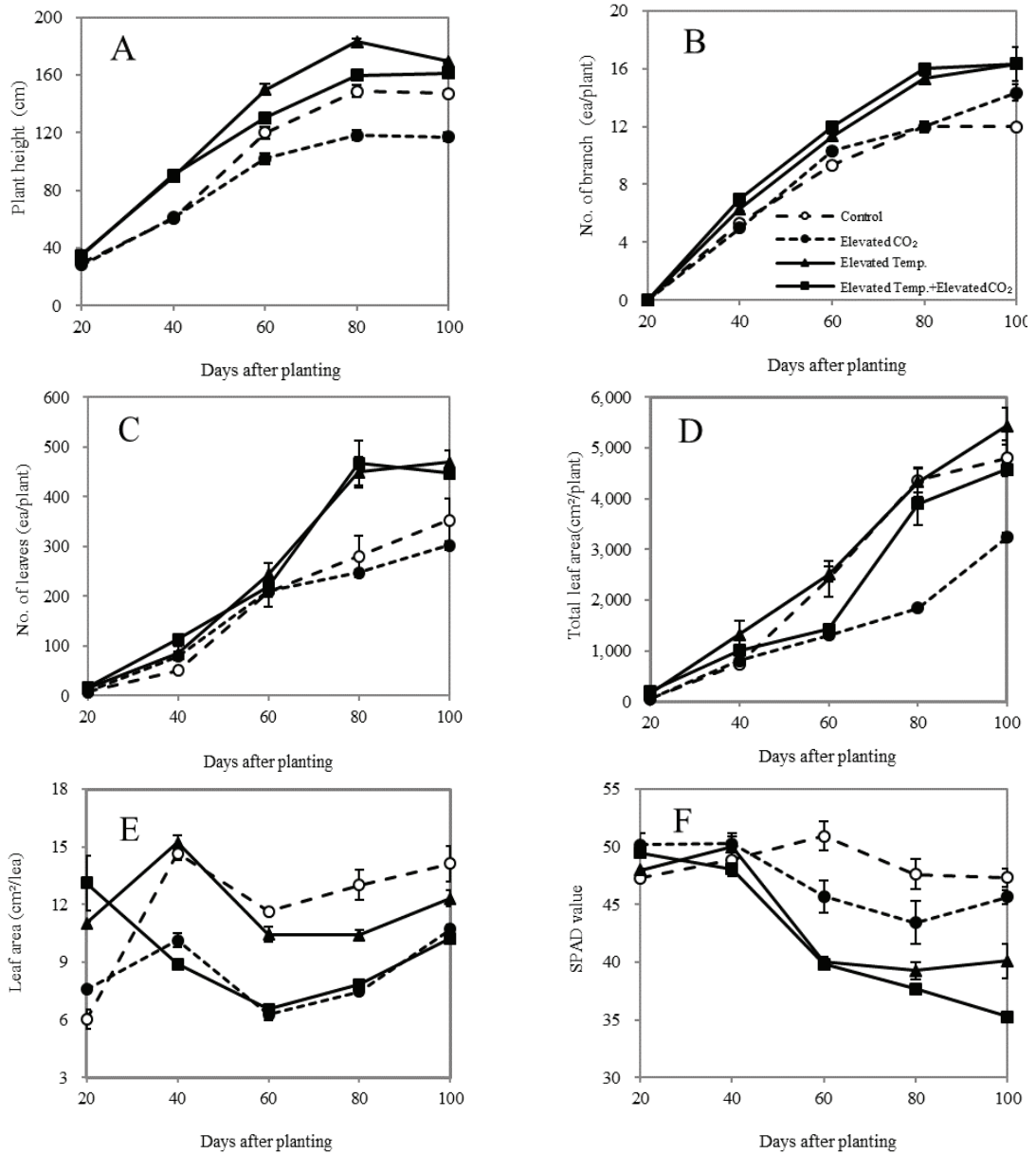


Fig. 3. Changes in plant height (A), branch number (B), leaf number (C), total leaf area (D), leaf area (E) and SPAD value (F) of pepper (*Capsicum annuum* L.) grown under different conditions of CO₂ and temperature in the SPAR chamber.

구와 이산화탄소 상승구의 평균온도는 Fig. 2에서 살펴본 바와 같이 각각 20.8℃로 개화 적정온도 범위에 속한다. 온도 상승구와 이산화탄소+온도 상승구에서는 평균온도가 26.8℃로 개화 적정온도보다 높아 착화율이 저조한 것으로 보인다. 식물체가 정상적으로 개화하고 수분과 수정이 원활하게 이루어져 많은 수의 과실이 착과

되도록 하여 수량을 증가시키는 것이 바람직하나, 기후변화 시나리오에 근거하여 평년보다 4℃ 이상 온도가 높아지면 꽃눈분화와 수분, 수정 등 생식생장이 원활하게 이루어지지 않아 수확량이 급격하게 낮아질 것으로 예상된다(Song *et al.*, 2015). 고추의 개체당 총 착과수를 조사한 결과(Fig. 4C), 시기별 고추의 총 착과수는 대조

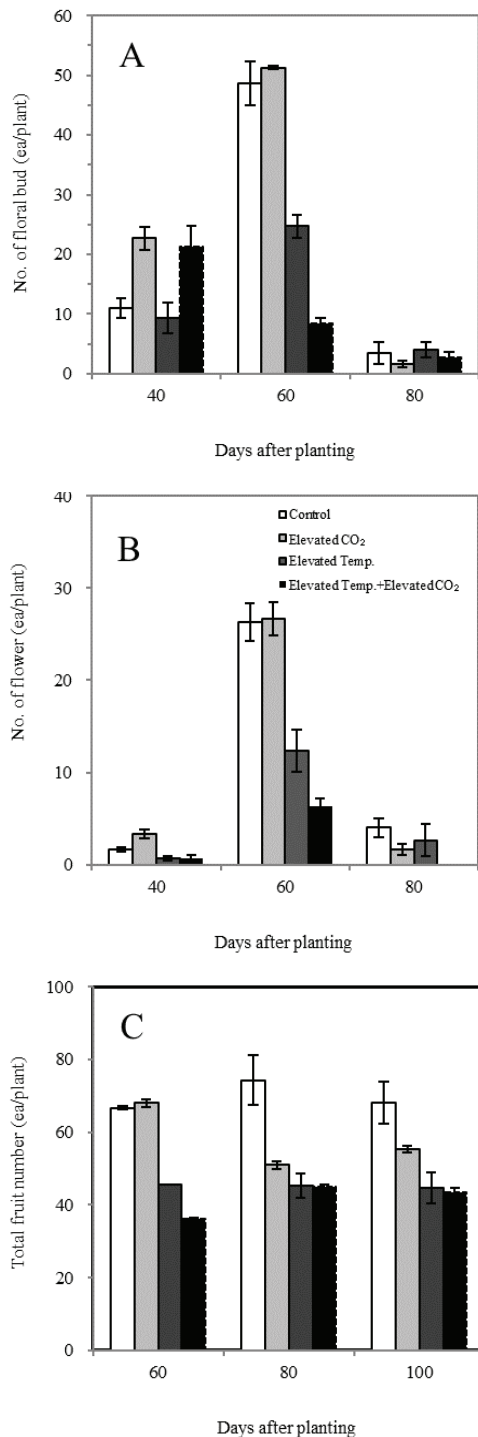


Fig. 4. Changes in floral bud number (A), flower number (B) and fruit number (C) of pepper (*Capsicum annuum* L.) grown under different conditions of CO₂ and temperature in the SPAR chamber.

구에서 가장 많았고, 이산화탄소 상승구, 온도 상승구와 이산화탄소+온도 상승구에서는 현저하게 감소하였다. 고추 정식 후 60일째에 타처리에 비해 총 착과수는 대조구(66.7개), 이산화탄소 상승구(68.0개)에서 많았고, 정식 후 100일에는 대조구(68.3개)에서 많았고 이산화탄소 상승구(55.3개), 온도 상승구(44.7개)와 이산화탄소+온도 상승구(43.3개) 순으로 착과수가 급격히 감소하였다. Willits and Peet(1981)는 4주간 1000ppm의 이산화탄소 환경하에 고추를 노출하였을 때 두 배 가량의 수량 증가 효과가 인정된다고 하였다. 본 실험에서는 고추 생육 초기에는 이산화탄소 상승 환경에도 약간의 착과수 증가를 보였으나 장기간의 이산화탄소 상승 환경에서는 대조구에 비해 18.8%나 감소하는 경향을 보였다.

고추 정식 후 100일째에 과실 길이 5cm 이상의 과실을 수확하여 과실 특성을 살펴본 결과, 대조구에서 수확한 과실이 가장 크고 무거웠다(Table 1). 과중은 대조구에서 14.0g으로 가장 무거웠고, 그 다음은 이산화탄소 상승구 12.7g, 온도 상승구와 이산화탄소+온도 상승구에서 각각 10.8g과 9.1g으로 온도가 높아졌을 때 과실 무게가 감소하였다. 과실 두께는 대조구 및 이산화탄소 상승구에서 각각 20.0mm와 19.9mm로 가장 두꺼웠고, 이산화탄소+온도 상승구에서 18.2mm로 짧은 경향이 있었으나 통계적인 차이가 없었으며, 과실 길이도 전 처리에서 10.1~10.5cm로 차이를 보이지 않았다. 개체당 5cm 이상의 과실 착과수는 대조구에서 54.3개로 타 처리에 비해 많았는데 이산화탄소+온도 상승구의 37.7개보다 16.6개나 더 많았다. 개체당 과실 총 생체중은 대조구에서 개체당 741.9g인데 반하여 이산화탄소 상승구에서 재배하였을 때 개체당 499.0g으로 감소하여 이산화탄소 상승조건에서는 수확량이 대략 33% 감소될 것으로 보인다. 특히, 이산화탄소+온도 상승구에서는 과실 총 생체중이 342.6g으로 낮아져 대기온도 6℃ 상승 및 800ppm CO₂ 상승조건에서는 수확량이 약 54%나 감소될 것으로 판단된다.

고추 정식 후 100일째에 과실 길이 5cm 이상 과실 중에서 붉은 색으로 착색된 완숙과를 조사한 결과는 Table 2에 나타내었다. 붉은 고추의 과실수는 대조구에서는 개체당 7.3개로 가장 적었고, 이산화탄소 상승구에서 13.7개, 온도 상승구 27.3개, 이산화탄소+온도 상승구 35.0개 순으로 증가되는 경향을 보였다. 고추의 개체당 총 착과수를 조사한 결과(Fig. 4C)와 완숙과수와 비교하였을 때 정식 후 100일에 대조구의 총 착과수 68.3개 중 완숙과가 7.3개로 10.7% 정도 착색이 진행된 반면에, 이산화

Table 1. Morphological traits, total number and total weight of pepper fruits (more than 5cm) harvested at 100 days after planting

Treatment	Morphology trait of fruit			Total number of fruit (ea/plant)	Total weight of fruit (g/plant)
	Length (cm)	Diameter (mm)	Fresh weight (g/ea)		
Control	10.5±1.0 a ^Z	20.0±0.5 a	14.0±2.6 a	54.3±2.5 a	741.9±163.2 a
Elevated CO ₂	10.5±0.6 a	19.9±1.6 a	12.7±1.1 ab	39.7±8.4 b	499.0±68.9 b
Elevated Temp.	10.3±0.3 a	18.3±1.5 a	10.8±1.2 bc	47.3±4.7 ab	512.4±85.3 b
Elevated Temp. + Elevated CO ₂	10.1±0.6 a	18.2±1.0 a	9.1±0.6 c	37.7±4.0 b	342.6±37.0 b

^ZThe data are represented as mean ± standard deviation (SD) of three replicates. The different letters in each column indicate significant differences among different temperature levels ($p < 0.05$).

Table 2. Morphological traits, total number and total weight of ripen pepper fruits harvested at 100 days after planting

Treatment	Morphology trait of fruit			Total number of ripened fruit (ea/plant)	Total weight of ripened fruit (g/plant)
	Length (cm)	Diameter (mm)	Fresh weight (g/ea)		
Control	12.6±1.0 a ^Z	20.1±0.7 a	17.9±2.6 a	7.3±2.5 c	135.8±65.6 c
Elevated CO ₂	11.4±0.1 ab	20.7±1.5 a	15.0±0.6 b	13.7±2.1 c	204.7±32.0 bc
Elevated Temp.	10.9±0.6 b	19.0±0.7 a	10.1±0.8 c	27.3±2.6 b	272.4±36.5 ab
Elevated Temp. + Elevated CO ₂	10.9±0.6 b	16.8±0.5 b	9.6±0.8 c	35.0±5.5 a	336.1±42.2 a

^ZThe data are represented as mean ± standard deviation (SD) of three replicates. The different letters in each column indicate significant differences among different temperature levels ($p < 0.05$).

탄소 상승구에는 총 착과수 중 완숙과 비율이 24.8%, 온도 상승구에서는 완숙과 비율이 61.1%, 이산화탄소+온도 상승구에서는 완숙과 비율이 80.8% 순으로 급격히 증가하는 경향을 보였다.

본 연구결과에서 미래 기후변화 시나리오에 근거한 대기온도보다 6°C 높고, 대기의 두 배 수준에 이르는 CO₂ 환경 조건에서 고추를 재배하였을 때 과실 수량은 크게 감소되며 과실 크기도 작아질 것으로 보인다. 그러나, 완숙 과실의 비율은 증가하여 수확시기가 앞당겨지는 것으로 나타났다. 앞으로 미래 기후 환경하에서 현재와 같은 고추의 생산성을 확보하기 위해서는 고온 피해를 최소화할 수 있는 재배기술 개발 및 고온 적응성 품종 개발이 필요할 것으로 판단된다.

적 요

본 연구는 미래 기후변화 시나리오에 근거하여 예측되는 온도 및 이산화탄소 농도 상승조건에서 노지채소인 ‘무한질주’ 고추의 생육 및 과실품질에 미치는 영향을

구명하기 위해 SPAR (Soil Plant Atmosphere Research) 챔버에서 수행하였다. 대조구인 대기온도는 노지고추 주산지인 안동지역의 평년(1971~2000; 30년) 5~10월의 생육기 평균기온(20.8°C)을 기준으로 설정하였다. 처리구는 대조구(대기온도, 400ppm CO₂), 이산화탄소 상승구(대기온도, 800ppm CO₂), 온도 상승구(대기온도 +6°C, 400ppm CO₂), 이산화탄소+온도 상승구(대기온도 +6°C, 800ppm CO₂) 등 4수준으로 설정하였다. 대조구보다 고온 및 상승 이산화탄소 농도 조건에서 재배하였을 때 초장, 분지수, 엽수 등이 증가하였으나, 엽면적과 SPAD값은 급격히 감소하였다. 개화 및 꽃봉오리수도 온도 및 이산화탄소 농도가 증가할수록 급격히 감소되었다. 또한, 개체당 총 착과수와 총 착과중도 대조구에 비해 감소하였는데 과실무게도 약간 적었고 과실 길이와 과실 두께도 약간 줄었다. 이상의 결과로 보아 기후변화 시나리오에 근거로 대기 중 CO₂ 농도는 2배, 기온은 6°C 높은 환경 조건에서는 고추의 착과가 저해되고 과실 수량도 크게 감소하였으나, 완숙 과실의 비율은 증가하여 수확시기가 다소 앞당겨질 것으로 보인다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 시험연구사업(과제번호: PJ011383)의 지원으로 이루어졌습니다.

REFERENCES

- FAO, 2004: Impact of climate change on agriculture in Asia and the Pacific. *Twenty-seventh FAO Regional Conference for Asia and the Pacific*. Beijing, China, 17-21.
- Hadley, P., G. R. Batts, R. H. Ellis, J. I. L. Morison, S. Pearson, and T. R. Wheeler, 1995: Temperature gradient chamber for research on global environment change. II. A twin-wall tunnel system for low-stature, field-grown crops using a split heat pump. *Plant, Cell & Environment* **18**, 1055-1063.
- Hansen, W. J., Sato, M., Ruedy, R., Lacis, A., and V. Oinas, 2000: Global warming in the twenty-first century: an alternative scenario. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **97**: 9875-9880.
- Heo, Y., E. G. Park, B. G. Son, Y. W. Choi, Y. J. Lee, Y. H. Park, J. M. Suh, J. H. Cho, C. O. Hong, S. G. Lee, and J. S. Kang, 2013: The Influence of abnormally high temperature on growth and yield of hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Agriculture & Life Science* **47**(2), 9-15. (in Korean with English abstract)
- Houghton, J. T., L. G. Meira Filho, B. A. Callander, N. Harriss, A. Katenberg, and K. Maskell, 1996: *Climate change 1995. The science of climate change*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Hwang, J. M., and B. Y. Lee, 1978: Studies on some horticultural characters influencing quality and yield in the pepper (*Capsicum annuum* L.). II. Correlations and selection. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **19**, 48-55. (in Korean with English abstract)
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007: *Climate change 2007: Mitigation of climate change, contribution of working group III. contribution to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, New York, USA.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2013: *Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jang, K. S., D. J. Choi, D. H. Pae, J. T. Yoon, and S. K. Lee, 2000: Effects of altitudes on growth and fruit quality in red pepper (*Capsicum annuum* L.). *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **41**(5), 485-489. (in Korean with English abstract)
- Kim, B. S., K. Y. Kim, S. K. Kim, and J. K. Sung, 1995: *Pepper profitable techniques and marketing strategy*. Nongminshinmunsa.
- Kim, S. H., H. You, E. G. Park, B. G. Son, Y. W. Cho., Y. J. Lee, Y. H. Park, J. M. Suh, J. M. Suh, J. H. Cho, C. O. Hong, S. G. Lee, and J. S. Kang, 2013: The influence of temperature, amino acid and polyamin on pollen germination of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Agriculture & Life Science* **47**(2), 1-8. (in Korean with English abstract)
- Kim, S. O., D. J. Kim, J. H. Kim, and J. I. Yun, 2012: Freeze risk assessment for three major peach growing areas under the future climate projected by RCP8.5 emission scenario. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **14**(3), 124-131. (in Korean with English abstract)
- NIMR, 2011: *Climate change scenario report*. National Institute of Meteorological Research, 79-99.
- Paul, M. J. and C. H. Foyer, 2001: Sink regulation of photosynthesis. *Journal of Experimental Botany* **52**(360), 1383-1400.
- Poster, J. R., and M. A. Semenov, 2005: Crop response to climatic variation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* **360**(1463), 2021-2035.
- Reddy, K. R., H. F. Hodges, and J. M. Mckinion, 1993: A temperature model for cotton phenology. *Biotronics* **22**, 47-59.
- Reddy, K. R., H. F. Hodges, and J. M. Mckinion, 1995: Carbon dioxide and temperature effects on pigma cotton growth. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **54**, 17-29.
- Seo, J. A., Y. K. Yi, B. S. Kim, J. M. Hwang, and S. W. Choi, 2011: Disease occurrence on Red-pepper plants surveyed in Northern Kyungbuk Province, 2007–2008. *Research in Plant Disease* **17**(2), 205-210.
- Shin, J. W., and S. C. Yun, 2011: Impact of climate change on fungicide spraying for Anthracnose on hot pepper in Korea during 2011-2100. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **13**(1), 10-19. (in Korean with English abstract)
- Song, E. Y., K. H. Moon, I. C. Son, S. H. Wi, C. H. Kim, C. K. Lim, and S. J. Oh, 2015: Impact of elevating temperature based on climate change scenario on growth and fruit quality of red pepper (*Capsicum annuum* L.). *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **17**(3), 248-253. (in Korean with English abstract)

English abstract)

Willits, D. H, and M. M. Peet, 1981: CO₂ enrichment in a solar collection/storage greenhouse. *Paper 81-4525, 1981 Winter Meetings of the American Society of Agricultural Engineers meeting*. Chicago, IL, USA.

Wolfe, D. W., M. D. Schwartz, A. N. Lakso, Y. Otsuki, R. M. Pool, and N. J. Shaulis, 2005: Climate change and shifts in spring phenology of three horticultural woody perennials in northeastern USA. *International Journal of Biometeorology* **49**, 303-309.