

ORIGINAL ARTICLE

## 주간온도가 고추의 수확 소요일수 및 수량에 미치는 영향

이상규 · 최장선 · 이준구 · 장윤아 · 남춘우 · 이희주 · 서정민<sup>1)\*</sup> · 강점순<sup>2)</sup>

농촌진흥청 국립원예특작과학원 채소과, <sup>1)</sup>부산대학교 바이오환경에너지학과, <sup>2)</sup>부산대학교 원예생명과학과

### Influence of Daytime Temperature on the Time Required for Fruit Harvest and Yield of Hot Pepper

Sang-Gyu Lee, Chang-Sun Choi, Jun-Gu Lee, Yoon-Ah Jang, Chun-Woo Nam,  
Hee-Ju Lee, Jeong-Min Suh<sup>1)\*</sup>, Jum-Soon Kang<sup>2)</sup>

*Vegetable Research Division, National Institute of Horticultural and Herbal Sciences, Suwon 440-706, Korea*

<sup>1)</sup>*Department of Bioenvironmental Energy, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea*

<sup>2)</sup>*Department of Horticultural Bioscience, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea*

#### Abstract

Due to climate change, the occurrence of abnormal weather conditions has become more frequent, causing damage to vegetable crops grown in Korea. Hot pepper, Chinese cabbage and radish, the three most popular vegetables in Korea, are produced more in the field than in the greenhouse. It has been a trend that the time for field transplanting of seedlings is getting earlier and earlier as the spring temperatures keep rising. Seedlings transplanted too early in the spring take a longer time to resume the normal growth, because they are exposed to suboptimal temperature conditions. This study examined the influence of air temperature during seedling growth on the time required to reach the first fruit maturity and yield of hot pepper. Seedling plants of 'Super Manita' hot pepper was grown in temperatures 2.5°C and 5.0°C lower than the optimum temperature (determined by the average of temperatures for the past 5 years). Seedlings were transplanted into round plastic containers (30-cm diam., 45-cm height) and were placed in growth chambers in which the ambient temperature was controlled under natural sunlight. The growth of seedlings under lowered temperatures was reduced compared to the control. The mineral (K, Mg, P, N) concentrations in the leaf tissues were higher when plants were grown with the ambient temperature 2.5°C lower than the optimum, regardless of changes in other growth parameters. Tissue calcium (Ca) concentration was the highest in the plants grown with optimum temperature. The carbohydrate to nitrogen (C/N) ratio, which was the highest (18.3) in the plants grown with optimum temperature, decreased concomitantly as the ambient temperature was lowered 2.5°C and 5.0°C. The yield of the early harvested fruits was also reduced as the ambient temperature became lower. The first fruit harvest date for the plants grown with optimum temperature (June 27) was 13 days and 40 days, respectively, earlier than that in plants grown with 2.5°C (July 10) and 5.0°C (Aug 6) lower ambient temperatures. The fruit yield per plant for the optimum temperature (724 g) was the greatest compared to those grown with 2.5°C (446 g) and 5.0°C (236 g) lower temperatures. The result of this study suggests that the growers should be cautioned not to transplant their hot pepper seedlings too early into the field, since it may delay the time of first harvest eventually reducing total fruit yield.

**Key words** : Carbohydrate, Chlorophyll, Hot pepper, Mineral, Temperature

Received 17 April, 2013; Revised 20 May, 2013;

Accepted 3 June, 2013

\*Corresponding author : Jeong-Min Suh, Department of Bioenvironmental Energy, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea

Phone: +82-55-350-5436

E-mail: suhjm@pusan.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

기후변화에 따른 지구 온난화와 잦은 이상기상 현상 발생 등으로 농작물 특히 노지에서 재배되는 작물들을 안정적인 생산이 점점 어려워지고 있다. 지구는 지난 100년 동안 연평균 기온이 0.75°C 상승하였고(IPCC, 2007), 최근 지구 온도 상승속도가 점점 빠르게 진행되고 있어 전 세계적으로 대응 방안 마련에 고심하고 있다. 이러한 지구 온난화는 기온 상승과 강수량 증가에 따른 홍수, 태풍, 고온, 가뭄 등을 유발시켜 인간을 힘들게 하고 있다. 이러한 지구 온난화를 막기 위해 1993년 체결된 기후변화협약을 이행하기 위해 세계 각 국에서 노력하고 있으며 우리나라도 이 협약의 핵심인 이산화탄소 등 온실가스 배출량을 줄이고자 노력하고 있다(Jo, 2002). 아울러 2005년에 발효된 교토의정서에 의해 세계 각국은 2008년부터 온실가스 배출량 감축이 의무화 되어 세계 많은 국가에서 온실가스 배출량을 줄이기 위한 연구(Lim, 2005)를 수행하고 있다.

이러한 지구 온난화로 인한 지속적인 강우는 노지 고추의 병 발생과 이상저온에 의한 고추와 배추의 저온 및 동해 발생으로 우리나라 국민들이 즐겨 먹는 양념채소의 안정생산을 위협하여 공급량 부족에 따른 가격 폭등 등 국민경제에 큰 영향을 미치고 있다. 실제적으로 2011년에는 여름철 잦은 집중호우로 역병, 탄저병 발생이 심해서 고추 생산량이 크게 감소함으로써 가격이 큰 폭으로 오르게 되었다. 또한 이상기상에 따른 저온 피해도 심각하게 발생하여 생산자 및 소비자에게 영향을 끼치고 있다.

고추의 생육과 온도와의 관계는 매우 중요하여 고온이 되면 낙화나 낙과가 많아지고, 저온 시에는 잎이 수침상이 되고 꽃은 황색으로 변하면서 수정이 되지 않는 것으로 알려져 있으며, 고추 묘에 있어서 온도가 묘의 생장과 개화에 미치는 영향이 큰 것으로 보고되었다(Lim 등, 1997a; Park 등, 1996; Rylski, 1972; Seo 등, 2006; Si와 Heins, 1996). 고추와 비슷한 착색 단고추는 주간온도를 지나치게 높게 관리하면 뿌리의 발육이 나빠져서 수확개시 시기가 늦어지고, 수확량이 줄어들며(Choi 등, 2004), 고품질 및 수량증대를 위해서는 착과 후 과실비대 시점에는 일평균온도가 2

1°C 정도로 관리해야 좋은 것(Bakker 와 Uffelen, 1988)으로 알려져 있다.

양념용으로 사용하는 고추는 대부분 노지재배로 이루어지고 있으며 지구 온난화로 인하여 고추 정식 시기가 앞당겨짐으로써 초기 저온에 의한 피해가 발생하고 있으나 온도별 생육특성이나 수량 감소 등에 관한 구체적인 연구 결과는 없는 실정이다. 따라서 본 실험은 노지재배 온도에 비해서 온도가 낮아졌을 때 생육과 수량에 미치는 영향을 구명하여 대책을 마련하고자 실시하였다.

## 2. 재료 및 방법

공시재료는 고추품종으로 많이 사용되고 있는 ‘슈퍼마니파’(cv. Super Manita, Nongwoo Bio co., Korea) 품종을 2012년 3월 20일 105공 플러그 트레이에 시판용 상토를 채우고 1셀당 1립씩 파종한 후, 육묘하였다. 정식은 5월 15일에 높이가 60 cm, 지름이 50 cm인 화분에 하였고, 정식후 2일 뒤인 5월 17일부터 온도 처리를 시작하였다. 처리방법은 온도제어가 가능한 챔버 안에서 적온 처리구는 외부 자연 상태에서 재배하였고, 적온 처리구 대비 -2.5°C와 -5.0°C 처리하였다. 광은 자연광이 유리된 양쪽 측면에서 들어오도록 하였고, 내부 천장에 형광등을 설치하여 보광 해주었다. 각 처리구당 6주씩 3반복으로 하였다. 생육조사는 정식 후 43일에 처리구의 반복별로 2주씩 초장, 엽수, 엽면적(LI-3100, Area meter, LI-COR Inc., USA), 생체중 및 건물중을 조사하였다. 수량조사는 청과와 적과로 구분하여 청과는 7월 10일부터 수확 크기에 도달한 과를 수확하여 과수와 과중을 조사하였고, 적과 수량은 청과 조사주와 달리하여 처리별로 3주를 대상으로 청과로 수확하지 않고 착색 되면 수확하여 과수와 과중을 조사하였다.

무기이온 분석은 식물체 조직별로 건조한 시료 0.5 g을 100 ml 삼각플라스크에 넣고 분해액(HNO<sub>3</sub> 3: HClO<sub>4</sub> 1) 10 ml를 가한 후 가열판(180°C)에서 분해 후 현탁액을 100 ml 메스플라스크에 No. 6 여과지를 넣은 깔때기를 꽂아 여과한 후 100 ml로 맞춘 다음 희석하여 AA-6800(Shimadzu, Japan)를 이용하여 K, Ca, Mg, P 등의 무기이온을 측정하였다.

전질소는 시료 0.5 g을 칼달 플라스크에 분해촉진제 1 g과 농황산 10 ml를 넣고 칼달분해장치에서 380℃로 3~4시간 분해 후 Kjeldahl analyzer(2300 Kjeltac analyzer unit, Foss Co., Sweden)로 분석하였다. 고추 식물체 조직 내 C/N 율은 CNS2000(LECO, USA)을 이용한 건식연소법으로 분석하였다. 열풍건조 후 분쇄한 시료 0.2 g을 1,050℃로 연소시켜 측정하였으며 측정오차는 calibration 표준시약인 EDTA를 이용하여 확인하였다. 기온은 데이터로거(Watchdog, Spectrum Technologies, Inc., Illinois, USA)를 사용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

고추 재배기간 동안의 적정온도 처리구의 온도는 19.1~33.1℃ 범위였고, -2.5℃ 처리구는 15.9~26.0℃, -5.0℃ 처리구는 12.6~22.7℃ 범위였다(Fig. 1). 고추 정식후 43일의 생육상황은 적은 관리구가 좋은 것으로 나타났다(Fig. 2).

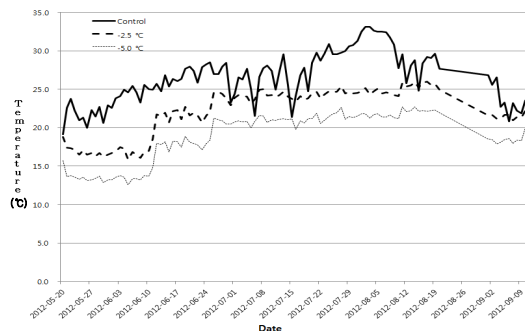


Fig. 1. Change of temperature during the period of treatment.

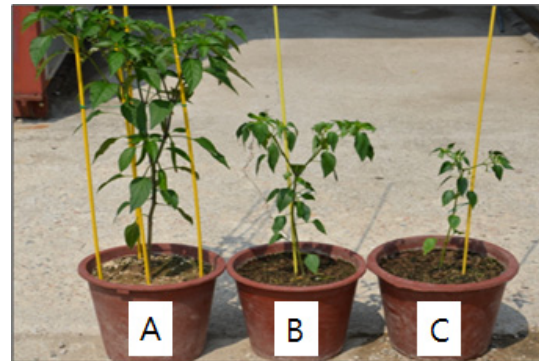


Fig. 2. Appearance of growth characteristics of chinese cabbage. A. normal hot pepper(normal temp.); B. abnormal hot pepper(-2.5℃); C. abnormal hot pepper(-5.0℃).

고추 생육 초기인 정식 후 43일의 생육특성을 조사한 결과(Table 1), 노지에서 재배한 처리구의 초장, 엽수, 경경, 근장, 엽면적, 생체중과 건물중 등이 온도를 -2.5와 -5.0℃ 낮춘 처리구보다 좋았다. 특히 엽면적은 현저하게 좋았고, 온도가 낮을수록 생육이 저하되었으나 엽록소 함량은 처리 간 유의성이 없어 적은관리 시 온도를 낮게 관리한 처리보다 생육이 좋은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 Choi 등(2004)이 착색 단고추의 경우에 온도가 높은 처리구에서 생육이 좋았고, 엽록소 함량은 온도 처리별로 유의성이 없었던 보고 내용과 유사하였다. 또한 피망(Lim 등, 1997a)과 토마토(Lim 등, 1997b)에서 일평균 온도가 증가하면 엽수나 묘의 건물중이 꾸준히 증가하였고, 고추(Woo와 Pyon, 1984)와 피망고추(Cochran, 1936)에서 온도가 높을수록 생육과 화아분화가 빠르다고 보고한 내용과도 유사하였다.

Table 1. Growth of hot pepper as affected after transplanting 43 days by low temperature

Treatments	Plant height (cm)	No. of leaves	Root length (cm)	Chlorophyll (SPAD)	Leaf area (cm <sup>2</sup> /plant)	Fresh wt.(g/plant)			Dry wt.(g/plant)		
						Leaf	Stem	Root	Leaf	Stem	Root
Control	77.2 ±7.3 <sup>Z</sup>	211.5 ±59.4	51.9 ±2.8	56.2 ±0.7	1,300 ±374	44.4 ±11	77.1 ±24	35.7 ±9.2	8.5 ±2.3	14.2 ±3.7	3.9 ±0.7
Control -2.5℃	59.7 ±2.7	95.8 ±14.2	22.7 ±6.5	54.8 ±1.7	628 ±113.8	13.9 ±2.8	21.4 ±4.8	4.6 ±2.3	1.7 ±0.5	2.4 ±0.4	0.6 ±0.2
Control -5.0℃	43.6 ±1.9	38.0 ±5.9	16.5 ±2.4	57.6 ±4.8	131 ±24.3	3.9 ±0.9	8.2 ±0.8	5.3 ±1.6	0.5 ±0.1	1.2 ±0.1	0.5 ±0.1

<sup>Z</sup>Values represent mean ± standard error

**Table 2.** Effect of day temperature difference at 43 days after transplanting on the mineral contents of hot pepper

Treatments	K <sub>2</sub> O(%)	CaO(%)	MgO(%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	T-N(%)	
Control	3.40	4.19	0.64	0.96	3.27	
Leaf	Control -2.5°C	5.16	3.37	1.02	1.77	6.28
	Control -5.0°C	4.60	3.08	0.96	1.50	5.41
Root	Control	7.79	3.78	0.38	1.03	1.78
	Control -2.5°C	2.66	1.79	0.55	1.07	2.49
	Control -5.0°C	3.19	1.42	0.62	1.13	2.66

고추 잎과 뿌리의 무기성분 함량을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 생육특성과 다르게 잎의 무기성분 함량은 -2.5°C 처리구에서 K, Mg, P 및 N 함량이 높았고, Ca 함량은 적은 처리구에서 높은 경향을 보였으며 저온일수록 낮은 경향을 보였다. 뿌리 내 함량은 K, Ca 함량은 적은 처리구에서 높았고, Mg, P, N 함량은 온도가 가장 낮았던 -5.0°C 처리구에서 높은 경향을 보였는데, 전반적으로 잎과 마찬가지로 뿌리 내 함량 역시 적은 처리구에서 낮은 경향을 보여 생육과 무기 성분 함량과는 관련이 적은 것으로 나타났다.

고추 조직의 C/N을 함량을 분석한 결과(Table 3), 잎 내 C/N 율은 적은 처리구가 13.3%으로 가장 높았고, 적온대비 -2.5°C와 적온대비 -5.0°C 처리구순으로 나타났다. 줄기의 C/N 율은 적은 처리구가 높았고, 온도가 낮을수록 작았으며 잎과 비교해서 줄기의 탄소 함량이 높은 것으로 나타났다. 뿌리의 C/N 율도 잎이나 줄기와 비슷한 경향으로 온도가 낮을수록 작았다. 이와 같은 결과는 고추에서 C/N 율이 높아지면 개화가 촉진되고 절간장이 짧아지며(Seo 등, 2006), 고추의 꽃눈분화는 C/N 율에 의하여 지배된다는 보고(Maynard 등, 1962)를 보더라도 관리온도와 C/N 율 및 수확개시 시기 등은 밀접한 관계가 있으며 본 실험에서 C/N 율이 높은 적은 관리구의 수확량이 많은 것(Table 4)도 같은 결과라고 생각된다.

고추 정식 후 월별 수확과수를 조사한 결과는 Table 4와 같다. 청과 수확 과수를 보면, 적은 처리구가 6월에 총 6주에서 83개를 수확하여 가장 많았고, 7월의 경우에도 133개로 다른 처리구에 비해서 월등하게 많았다. 적과의 경우에도 적은 처리구가 8월에 85개를 수확하여 -2.5°C 처리구의 13개, -5.0°C 처리구의 3개보다 많았다. 또한 첫 번째 수확한 날짜는 적은 처리구가 6월 27일이었으나 -2.5°C와 -5.0°C 처리구는 각각 7월 10일과 8월 6일로 늦어졌다(데이터 미제시). 과실 수확량은 Table 5와 같이 수확 과수에 비례하여 적은 관리구가 초기 수량이 많았고, 온도가 낮을수록 적었다. 그러나 수확후기에 가면서는 초기 수확량이 많았던 적은 관리구보다 수확량이 적었던 처리구에서 많아짐을 알 수 있었다. 따라서 고추의 경우 온도가 낮을수록 첫 번째 수확 과수가 늦어지고 수량도 적어져 초기 수확량이 줄어드는 것으로 나타났다. 이것은 착색단고추의 경우에 온도를 지나치게 높게 관리하면 뿌리의 발육이 나빠져서 착과수가 적어지고, 수확개시 시기도 늦어진다는 보고(Choi 등, 2004)와 착색단 고추 재배 하우스 내에서 1.6°C가 높았던 중앙 부위가 북쪽 방향 처리구보다 수량이 20% 정도가 증대되었다(Park 등, 2012)는 결과와 유사한 결과를 보였다. 또한 고추 육묘 시 야간온도를 높게 관리한 처리구가 온도를 낮게 관리한 처리구보다 첫 개화일이 20일정도

**Table 3.** Changes of C/N ratio by day temperature difference at 43 days after transplanting in hot pepper

Treatments	Leaf	Stem	Root
Control	13.3	37.7	25.4
Control -2.5°C	7.7	20.9	16.3
Control -5.0°C	6.5	15.2	17.1

**Table 4.** Effect of day temperature difference after transplanting on the number of harvested fruits of hot pepper

Treatments	Control(g/6 plants)			Control -2.5°C(g/6 plants)			Control -5.0°C(g/6 plants)		
	Immature	Mature	Total	Immature	Mature	Total	Immature	Mature	Total
June	83	0	83	0	0	0	1	0	0
July	133	0	133	8	0	8	0	0	8
August	171	85	256	214	13	214	129	3	214
September	0	35	35	0	88	0	0	26	0
Total	387	120	507	222	101	222	130	29	222

**Table 5.** Effect of day temperature difference after transplanting on yield of hot pepper

Treatments	Control(g/plants)			Control -2.5°C(g/plants)			Control -5.0°C(g/plants)		
	Immature	Mature	Total	Immature	Mature	Total	Immature	Mature	Total
June	45	0	45	0	0	0	0.1	0	0.1
July	263	0	263	17	0	17	0	0	0
August	241	109	350	230	28	258	164	4	168
September	0.0	66	66	0.0	171	171	0.0	68	68
Total	549	175	724	247	199	446	164	72	236

빨라졌다는 내용(Seo 등, 2006)과 유사한 결과를 보였다. 그러나 본 실험에서도 초기 수확량이 유의하게 많았던 적은 처리구가 후기에는 다른 처리구와 유의성이 없었는데, 이는 고추에서 첫 수확이 늦어지면 초기 수량은 적어지지만 이로 인한 착과 부담이 적어 중기 이후에 수량이 급증한다는 보고(Seo 등, 2006)와 유사하였다.

#### 4. 결론

기후변화에 따른 이상기상 현상의 발생 빈도가 점점 늘어나고 있어 채소작물의 피해가 증가하고 있다. 특히 우리나라에서 소비가 많은 채소 중 고추, 배추 및 무는 시설재배보다는 노지재배 면적이 많으며 최근 지구온난화로 인하여 이른 봄에 온도가 높아져 정식시기가 빨라지고 있다. 그러나 지나치게 이른 봄에 고추를 정식하게 되면 급격한 기온변화로 초기 생육이 불량하게 되어 정상적인 생육을 하기까지 많은 시간이 필요하다. 따라서 본 실험은 고추 재배 시 정식 초기에 온도를 낮게 관리하였을 때 고추 수확까지 소요일수와 수량에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

고추 품종은 시판품종인 슈퍼마니마 품종을 사용

하여 최근 5년 동안 평균기온을 적은처리구로 하였고, 적은 대비 -2.5°C, -5.0°C가 낮게 처리하였고 재배는 높이가 45 cm, 직경이 30 cm인 화분에 고추를 정식하여 온도가 정밀하게 조절되고, 양측면으로 자연광이 들어가는 생장상내에서 수행하였다.

정식후 43일에 고추 생육특성은 온도가 낮은 처리구에서 현저하게 떨어졌고, 잎의 무기성분 함량은 생육특성과 관계없이 K, Mg, P 및 N 함량은 적은대비 -2.5°C 처리구에서 높은 경향을 보였으며 Ca 함량은 적은 처리구에서 높은 경향을 보였다. 처리별 잎의 C/N율은 적은 처리구가 18.3%으로 가장 높았고, 적은대비 -2.5°C와 적은대비 -5.0°C 처리구순으로 온도가 낮을수록 낮았으며, 초기 수확량도 온도가 낮을수록 적었다. 고추의 첫 수확일은 적은처리구가 6월 27일로 적은대비 -2.5°C 낮은 처리구의 7월 10일과 -5.0°C가 낮은 처리구의 8월 6일보다 13일 이상 앞당겨졌다. 수량은 적은처리구가 1주당 724 g이었고, 적은대비 -2.5°C 낮은 처리구가 446 g, -5.0°C가 낮은 처리구가 236 g이었다. 결론적으로 고추재배 시 정식 초기 기온이 낮으면 적은보다 고추 수확 소요일수가 약 13일 이상 늦어지고 수량도 저하되므로 지나치게 낮은 온도에서 재배하는 것은 피해야 할 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : PJ008316)의 지원에 의해 수행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

### 참고 문헌

- Bakker, J. C., van Uffelen J. A. M., 1988, The effects of diurnal temperature regimes on growth and yield of sweet pepper, *Neth. J. Agri. Sci.*, 36, 201-208.
- Choi, Y. H., Kwon, J. K., Lee, J. H., Kang, N. J., Cho, M. W., Kang, J. S., 2004, Effect of night and daytime temperatures on growth and yield of paprika 'Fiesta' and 'Jubilee', *J. of Bio-Environment Control*, 13(4), 226-232.
- Cochran, H. L., 1936, Factors affecting flowering and fruit setting in the pepper, *Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Mem.*, 190, 1-39.
- IPCC, 2007, Fourth Assessment Report.
- Jo, H. K., 2002, Impacts of urban greenspace on offsetting carbon emissions for middle Korea, *J. Environ. Management*, 64, 115-126.
- Lim, D. S., 2005, Tendency and confrontation on climatic change convention in OECD, *KIET Industry & Economy* (Dec., 2005), 63-76.
- Lim, K. B., Son, K. C., Chung, J. D., 1997, Influences of difference between day and night temperature (DIF) on growth and development of bell pepper plants before and after transplanting, *J. Biol. Prod. Facilities & Environment Control*, 6, 15-25 (in Korean).
- Lim, K. B., Son, K. C., Chung, J. D., 1997, Influence of DIF on growth and development of plug seed lings of *Lycopersicon esculentum* before and after transplanting, *J. Biol. Prod. Facilities & Environment Control*, 6, 34-42 (in Korean).
- Maynard, D. N., Lachman, N. H., Check, R. M., Vernell, H. F., 1962, The influence of nitrogen levels on flowering and fruit set of peppers, *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 81, 385-389.
- Park, H. Y., Son, K. C., Gu, E. G., Lim, K. B., 1996, Effect of different day and night temperature regimes on the growth of hot pepper plug seedlings, *J. Kor. Soc. Hort. Sci.*, 37, 617-621 (in Korean).
- Park, S. M., Kim, H. C., Ku, Y. G., Kim, S. W., Bae, J. G., 2012, Relation between temperature and growth of sweet pepper by growing areas in greenhouse, *Kor. J. Hort. Sci. Technol.*, 30(6), 680-685.
- Rylski, I., 1972, Effect of the early environment on flowering in pepper (*Capsicum annum L.*), *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 97, 648-651.
- Seo, J. U., Hwang, J. M., Oh, S. M., 2006, Effects of night temperature treatment of raising seedlings before transplanting on growth and development of pepper, *J. of Bio-Environment Control*, 15(2), 149-155.
- Si, Y., Heins, R. E., 1996, Influence of day and night temperatures on sweet pepper seedling development, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 121, 699-704.
- Woo, I. S., Pyon, J. Y., 1984, Growth response and flowering of red pepper plants at different temperature and fertilized conditions, *Res. Rep. Agri. Sci. Tech. Chungnam Natl. Univ.*, Korea, 11(1), 77-84.