

주 · 야 온도가 착색단고추의 생육 및 수량에 미치는 영향

최영하* · 권준국 · 이재한 · 강남준 · 조명환 · 강점순¹

원예연구소 시설원예시험장, ¹밀양대학교 원예학과

Effect of Night and Daytime Temperatures on Growth and Yield of Paprika 'Fiesta' and 'Jubilee'

Young Hah Choi*, Joon Kook Kwon, Jae Han Lee, Nam Jun Kang, Myeong Whan Cho, and Jum Soon Kang¹

Protected Horticulture Experiment Station, National Horticultural Research Institute, RDA, Busan 618-300, Korea

¹Dept. of Horticulture, Miryang National University, Miryang 627-130, Korea

Abstract. This experiment was conducted to investigate the effect of night and daytime temperatures on growth and yield of paprika 'Fiesta' and 'Jubilee' under soil culture experiment in the vinyl houses during the 2003 and 2004 season. Total fruit yield was greater in 'Fiesta' than 'Jubilee'. Marketable yield was not different between two cultivars, due to lower % marketable fruits in 'Fiesta'. Mean fruit weight was not different between two cultivars. Difference of yield between cultivars was due to fruit number, harvest time and root condition. It was caused by cracked fruits to decrease % marketable fruits. Total yield was greater in nighttime temperature of 18°C than 15°C and marketable yield was considerably greater because of % marketable fruits was higher. Mean fruit weight was slightly greater in nighttime temperature of 15°C than 18°C. Difference of fruit yield in treatments of nighttime temperature was due to fruit number and harvest time. There was not significant difference of yield between daytime temperature of 28°C and 31°C, but in 34°C, total and marketable yields were the least and mean fruit weight was the smallest because of decreased CO₂ concentration in the house, accelerated vegetative growth, and the least chlorophyll content. There were no significant difference in photosynthetic rate, transpiration rate, maximal photochemical efficiency and antioxidant enzyme activities of all temperature treatments in this experiment. However it was clear that a little difference in error range of these results affects the source of crops in any case. It was not acknowledged that compensation effect by high temperature in daytime to the low temperature treatment in nighttime.

Key words : antioxidant enzyme activities, CO₂ concentration, fruit number, photosynthetic rate

*Corresponding author

서 언

착색단고추(*Capsicum annuum* L.)는 영명이 sweet pepper 또는 bell pepper로 일반 피망과 분류학적으로 동일한 작물에 속하나 품종육성 과정에서 분화되어 과실의 크기, 색깔 등 외형상 서로 상이한 점이 많다. 현재 재배되고 있는 착색단고추의 품종들은 피망과는 완전히 별개로 육성되었다. 1995년 네덜란드로부터 도입되어 재배되기 시작하였으며 지금은 우리농업을 수출농업으로 이끄는 선도적 역할을 하고 있는 작물이다. 착색단고추는 고온성 작물이므로 야간 최저온도를 18~

19°C정도로 관리해야 한다.

따라서 경영비에서 난방비가 차지하는 비중이 30~35%정도로 높아서 재배농가의 경영에 큰 부담이 되고 있으며 이 비중은 점점 높아질 것으로 생각된다. 이 외에도 배출가스에 의한 환경오염, 국제기후 협약에 의한 이산화탄소 배출규제 등과 맞물려 난방에너지 절감 문제는 시급히 해결되어야 할 과제이다. 그러므로 지금까지 난방에너지를 절감하기 위해서 자연열 이용 및 난방효율 증진을 위한 각종 장치개발과 보온력 향상 및 온도관리방법 개선 등에 관해서 많은 연구가 이루어져 왔고 앞으로도 이러한 연구는 지속될 것이다.

최근에 주간(주간)의 고온 관리는 병충해 방제에 효과가 있었고(Sato 등, 2003), 주간고온은 야간저온에 대한 보상효과가 있다(Sato 등, 2004)는 보고와 heat shock 효과(Chang 등, 2001) 등 온도관리방법에 관해 많은 연구가 이루어지고 있다. 본 시험도 주·야 온도관리 방법 차이가 착색단고추의 생육 및 수량에 미치는 영향을 구명하여 난방비 절감의 기초자료로 활용코자 수행하였다.

재료 및 방법

2003년과 2004년 2년에 걸쳐 한동의 면적이 100 m² 인 비닐하우스 6동을 이용하였다. 품종은 현재 국내에서 많이 재배되고 있는 적색의 'Jubilee'(Ruk Zwaan, The Netherlands)와 노랑색의 'Fiesta'(Enza Zaden, The Netherlands)였고, 2003년 7월 28일 파종하여 육묘한 후 9월 18일 본포에 정식하였다. 재식거리는 40 cm × 30 cm로 하였고 주당 2줄기를 유인하였다. 정식 전에 포장은 밧사미드(신젠타 코리아)로 소독하였고, core측정법(Hillel, 1972)으로 포장별 토양물리성을 측정하였다. 온도처리는 주간은 환기설정온도를 28, 31, 34°C로, 야간은 난방설정온도를 15, 18°C로 하였고 data logger(CR23X, Campbell Scientific Inc. Logan, Utah, USA)로 제어 및 계측하였다. 온도 계측에는 CS500 (Campbell Scientific Inc. Logan, Utah, USA)센서를, 이산화탄소 계측에는 GMW22(VAISALA, Helsinki, Finland)센서를 이용하였다.

생육조사는 초장, 엽수, 수확개시일, 착과수, 엽록소

함량(SPAD-502, Minolta Co. Osaka, Japan) 등을 측정하였다. 2003년 11월 26일부터 익던 6월 22일까지 1주일 간격으로 총 31회 과실을 수확하였으며 상품률은 수확시에 육안으로 선별 조사하였다. 온도처리가 작물체에 미치는 스트레스 정도를 알아보기 위해 엽온, 광합성률, 증산률, 엽록소형광, 항산화효소 활성 등을 조사하였다. 엽온은 방사온도계(Spot thermometer TA-0510F, Minolta Co. Osaka, Japan)로 측정하였고 광합성률과 증산률은 portable photosynthesis system (LI-6400, Li-Cor, Lincoln, Nebraska, USA)을 이용하여 최선단으로부터 3번째 잎에서 측정하였다. 단백질은 Bio-Rad protein assay시약을 이용하여 Bradford (1976)의 방법으로 정량하였다. Superoxide dismutase (SOD)활성은 McCord와 Fridovich(1969)의 방법에 준하여, catalase(CAT) 활성은 240 nm에서 H₂O₂의 분해로 인해 흡광도가 감소되는 것을 조사하여 결정하였고, ascorbate peroxidase활성은 Chen과 Asada(1989)의 방법에 준하여 pH 7.5에서 측정하였다. 엽록소형광은 PAM Fluorometer (Walz Co. Eichenring, Effeltrich, Germany)를 이용하여 Schreiber(1986)의 방법으로 측정하였다. 기온이 뿌리발달에 미치는 영향을 구명코자 수확시 뿌리상태 등을 조사, 분석하였다.

관수는 자동관수장치를 이용하여 처리별로 같은 시각에 같은 양이 관수되도록 하였으며 생육기 관수개시점은 pF2.2(Jet Fill tensiometer 2725, Soil Moisture Equipment Co. Santa Barbara, California, USA)정도로 하였다. 비배 및 기타 관리는 농촌진흥청 착색단고추 표준영농교본에 준하였다.

Table 1. Effect of night and daytime temperatures on monthly mean soil temperature from December 2003 to April 2004.

Temperature (°C)		Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Night	Day					
18	28	22.5	21.3	22.2	23.0	24.2
	31	22.6	21.4	22.4	23.4	25.4
	34	23.0	21.8	23.0	23.7	25.2
15	28	21.5	20.1	21.0	22.6	23.7
	31	21.9	20.4	21.5	22.8	24.1
	34	22.2	20.5	21.8	23.0	24.9
Average of night temp.	18	22.7	21.5	22.5	23.4	24.9
	15	21.9	20.3	21.4	22.8	24.2
Average of day temp.	28	22.0	20.7	21.6	22.8	24.0
	31	22.3	20.9	22.0	23.1	24.8
	34	22.6	21.2	22.4	23.4	25.1

결과 및 고찰

12~4월까지의 월평균 지온은 20~25°C정도였으며 1월의 지온이 가장 낮았다(Table 1). 주·야온도에 따라 1°C 안팎의 지온차이를 보였고, 이 같은 차이는 뿌리 발달에 큰 영향을 미치지 않는다고 하였다(Table 7). 착색단고 추의 최적지온은 20~23°C이며, Stapleton 등(1985)은 최적온도 범위 내에서의 근소한 온도차이는 작물체 생육에 큰 영향을 주지 않는다고 하였다.

시설 내의 이산화탄소 농도(Fig. 1)는 야간에는 700

~800 ppm이 유지되다가 일출 후부터 급격히 떨어졌는데 이는 광합성이 시작되면서 이산화탄소가 소모되기 때문이다. 1월에 비해 2~3에 농도가 더 낮아진 이유는 토양 속의 유기물 분해에 의한 이산화탄소 방출량이 줄어든 때문이다(Bernal 등, 1998). 온도처리 간에는 34°C구가 가장 많이 떨어졌고 그 다음에는 31°C와 28°C순이었는데, 이는 고온으로 관리할수록 컷 환기시각이 늦어지고, 환기창 개폐시간이 짧아지기 때문이다. 특히 34°C구는 2월 이후에는 300 ppm 이하로 떨어져 광합성효율이 상대적으로 떨어졌을 것으로 생

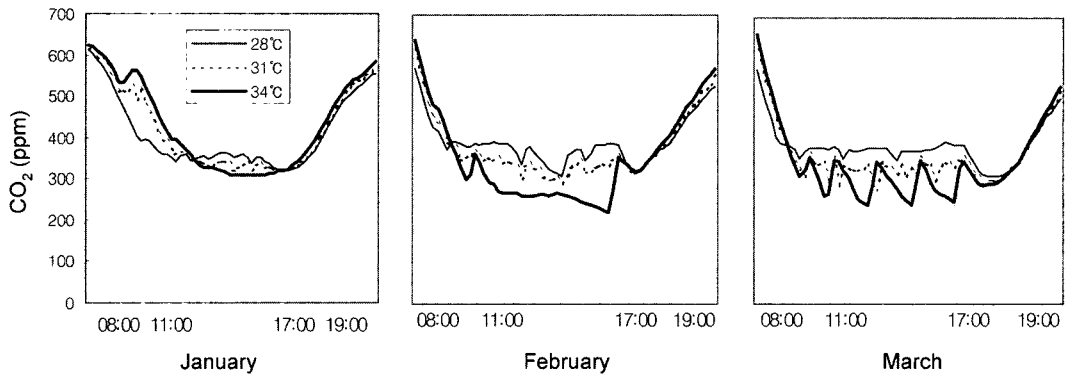


Fig. 1. Changes of monthly mean CO₂ concentration in the plastic house as affected by the daytime temperature treatment in 2004.

Table 2. Effect of night and daytime temperatures on growth, harvest day and chlorophyll content (SPAD) of two cultivars of paprika^a.

Temperature (°C)		Cultivar									
		Fiesta					Jubilee				
Night	Day	Plant height (cm)	No. of leaves	Harvest day	No. of fruits	SPAD	Plant height (cm)	No. of leaves	Harvest day	No. of fruits	SPAD
18	28	122	94	Dec. 2	390	59.8	120	97	Dec. 9	330	61.7
	31	135	105	Nov.26	408	57.7	134	105	Dec. 2	327	61.9
	34	143	106	Nov.26	341	55.2	141	106	Dec. 2	295	59.5
15	28	103	80	Dec. 9	352	63.3	105	85	Dec. 9	295	66.2
	31	115	85	Dec. 2	360	57.6	111	99	Dec.16	302	61.7
	34	124	87	Dec. 2	325	55.4	128	93	Dec. 9	265	59.8
Average of cultivars		124	93	Dec. 1a	363a	58.2b	124	98	Dec. 7b	282b	61.8a
Average of night temp.	18	133a ^y	102a	Nov.28a	380a	57.6	132a	103a	Dec. 4a	317a	61.0
	15	114b	84b	Dec. 4b	346b	58.8	115b	92b	Dec.11b	287b	62.6
Average of day temp.	28	113c	87b	Dec. 6a	371a	61.6a	113c	91b	Dec. 9	313a	64.0a
	31	125b	95a	Nov.29b	384a	57.7b	123b	102a	Dec. 9	315a	61.8ab
	34	134a	97a	Nov.29b	333b	55.3b	135a	100a	Dec. 6	280b	59.7b

^aMeasured on Jan. 25, 2004.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

주·야 온도가 착색단고추의 생육 및 수량에 미치는 영향

각된다.

생육은 품종 간에는 'Fiesta'가 'Jubilee' 보다 수확 개시일이 빠르고 착과수가 많았다(Table 2). 엽록소함량은 'Jubilee'가 많았고, 초장, 엽수 등은 차이가 없었다. 야간온도 처리 간에는 18°C는 15°C에 비해 초장이 크고 엽수가 많아서 착과절위와 광합성의 능력이 더 확보됨으로써 착과수가 많아졌고, 상대적인 고온으로 수확개시기도 빨라졌으나 엽록소함량은 차이가 없었다. 주간온도 처리 간에는 28°C는 초장과 엽수가 가장 작고, 적었으나 착과수는 31°C와 차이가 없었다. 31°C는 34°C보다 초장은 작았으나 엽수는 큰 차이가 없었고 착과수는 현저히 많았다. 34°C는 초장이 가장 컸으나 엽수는 31°C와 차이가 없었고 착과수는 가장 적었다. 따라서 고온다습한 환경으로 인해 영양생장이 촉진되어 도장된 것으로 보이며 이로 인해 착과가 불

량해진 것으로 생각된다. 엽록소 함량은 온도가 높아질수록 적어지는 경향이였다.

온도와 이산화탄소 농도를 고정시킨 상태에서 측정 한 개엽의 광합성률과 증산률은 품종간 및 온도처리간에 유의한 차이가 없었다(Table 3). 따라서 본시험에서 처리한 온도는 광합성에 영향을 줄 정도의 스트레스를 작물체에 가하지 않았다는 것을 알 수 있다. Walker 등(1983)은 대부분의 식물들은 광합성 최적온도 범위로 알려진 15~25°C를 넘어설 경우에 광호흡이 급격히 증가하여 광합성능이 떨어진다고 하였다. Moon 등(1999)은 오이 유묘기에 6°C의 저온과 또는 43°C의 고온을 24시간 처리하고 1일 후에 광합성률을 측정 한 결과 각각 49%와 9%정도 감소되었다고 하였는데, 이는 처리온도 차이가 커서 작물체가 스트레스를 받은 것으로 생각된다.

Table 3. Effect of night and daytime temperatures on photosynthetic rate and transpiration rate of two cultivars of paprika.^z

Temperature (°C)		Cultivar					
		Jubilee			Fiesta		
Night	Day	Temp. of leaves (°C)	Photosynthetic rate ^z (mol·CO ₂ ·m ⁻² ·s ⁻¹)	Transpiration rate (mmol·H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹)	Temp. of leaves (°C)	Photosynthetic rate ^z (mol·CO ₂ ·m ⁻² ·s ⁻¹)	Transpiration rate (mmol·H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹)
18	28	25.5	24.5±1.5 ^y	6.5±1.3	25.1	24.7±1.3	6.4±1.4
	31	24.4	25.8±1.4	5.9±1.5	25.6	25.3±1.5	6.0±1.5
	34	24.9	25.6±1.4	6.3±1.4	25.9	25.4±1.5	6.2±1.4
15	28	25.1	25.2±1.5	6.6±1.4	25.3	25.5±1.4	6.4±1.5
	31	25.3	24.4±1.3	5.8±1.3	25.5	25.1±1.5	6.0±1.3
	34	24.8	24.9±1.4	6.1±1.3	25.8	25.0±1.4	6.0±1.4

^zInvestigated at 10:00 on Feb. 20, 2003.

^yTemperature and CO₂ concentration in the chamber was fixed at 25°C and 300 ppm, respectively.

Table 4. Effect of night and daytime temperatures on maximal photochemical efficiency (Fv/Fm) of two cultivars of paprika.

Temperature (°C)		Cultivar			
		Fiesta		Jubilee	
Night	Day	Ante meridiem of cloudy day ^z	Post meridiem of bright day ^y	Ante meridiem of cloudy day	Post meridiem of bright day
18	28	0.831±0.016	0.829±0.015	0.840±0.016	0.832±0.014
	31	0.826±0.017	0.824±0.016	0.839±0.015	0.846±0.015
	34	0.816±0.017	0.812±0.014	0.835±0.015	0.838±0.016
15	28	0.810±0.016	0.812±0.015	0.821±0.015	0.824±0.014
	31	0.812±0.015	0.816±0.016	0.817±0.016	0.818±0.014
	34	0.802±0.016	0.800±0.015	0.819±0.015	0.808±0.015

^zMeasured at 09:00~10:00 on Feb. 6, 2003.

^yMeasured at 13:00~14:00 on May 3, 2004.

엽록소형광 조사결과(Table 4)도 광합성능 조사결과와 같이 품종간 및 온도처리간에 유의한 차이가 없어 온도처리가 작물체의 온도내성에 큰 영향을 준 것 같지는 않았지만 'Fiesta'가 'Jubilee' 보다, 15°C가 18°C 보다 Fv/Fm비가 낮은 경향을 보여 광합성을 수행할 수 있는 최대값 즉, 잠재력에 미미한 영향을 주었을 수도 있을 것으로 추정되었다. Bjorkman과 Demmig (1987), Johnson 등(1993)도 대부분의 식물에서 건강한 잎의 경우 보통 0.83정도의 Fv/Fm값을 가지나 이 값보다 낮은 값을 가질 경우는 식물이 스트레스에 노출되었을 경우라고 하였다.

작물은 스트레스를 받으면 활성산소종을 생성하는데, 저온 등과 같은 스트레스 하에서 과다하게 생성될 때 장애를 일으킨다(Heath, 1987). 이러한 활성산소종에 대한 방어기작으로 항산화효소의 발현은 중요한 역할을 하는데(Davies, 1995; Monk 등, 1989), 이 같은 항산화효소 활성 측정결과(Table 5)도 엽록소형광 결과와 같았다. 즉, 온도처리에 따라 항산화효소활성의 차이가 없는 것으로 보아 역시 온도처리가 작물체에 스트레스를 주지 않았다는 것을 알 수 있다. 다만 단백질함량은 주간 온도가 높을수록 유의하게 많아졌는데, 이 결과는 온도차이의 영향인지 분석상의 오차인지 분명치 않았다.

품종 간에는 'Fiesta'가 'Jubilee' 보다 총수량은 많았으나(Table 6) 상품률이 떨어져 상품수량은 차이가

없었고, 평균 과중도 차이가 없었다. 품종간 총수량 차이의 주원인은 착과수, 수확개시기 및 뿌리상태의 차이였고, 상품률 저하의 주요인은 열과발생이 상대적으로 많았기 때문인데, Choi 등(2004)도 같은 결과를 보고하였다. 야간온도간에는 18°C가 15°C에 비해 총수량이 많은데다 상품률도 높아서 상품수량은 현저하게 많았으나 과중은 15°C가 다소 무거웠다. 야간온도간의 수량차이의 주요인도 착과수와 수확개시기의 차이였다. 주간온도간에는 28°C와 31°C는 차이가 없었으나 34°C는 총수량이 적은데다 상품률도 떨어져 상품수량이 현저하게 적었고 평균과중도 가벼웠다. 이와 같이 34°C의 총수량이 현저하게 적은 것은 이산화탄소의 농도 저하(Fig. 1)와 착과수 감소 등이 주원인으로 생각되었는데, 34°C는 고온다습으로 인해 영양생장이 촉진되어 도장된데다 수분, 수정이 장애를 받았고, 또한 엽록소 함량이 가장 적어서 광합성 능력이 떨어진 것 등의 원인으로 인해 착과수가 적어진 것으로 생각된다.

수확시 뿌리상태(Table 7)는 품종 간에는 'Fiesta'가 'Jubilee' 보다 뿌리무게와 뿌리수가 많았고 선충이병지수도 낮았다. 따라서 상대적으로 양·수분 흡수가 왕성하여 총수량이 많아졌으나, 증산작용이 여의치 않을 경우에는 과실로의 수분유입이 많아져서 과실의 팽압이 높아지고 이로 인해 열과발생이 많아져서(Abbott 등, 1985; Nhuchi 등, 1960) 상품률이 떨어진 것으로

Table 5. Effect of night and daytime temperatures on protein content, superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), and ascorbic peroxidase (APX) activities in leaves of paprika cv. Jubilee².

Temperature (°C)		Protein (mg · g ⁻¹ · fr · wt)	SOD (Unit mg ⁻¹ protein)	CAT (mol · H ₂ O ₂ · mg ⁻¹ protein · min ⁻¹)	APX (mol ascorbate oxidized · mg ⁻¹ · min ⁻¹)
Night	Day				
15	28	1.642	101.48	15.14	5.48
	31	1.878	96.79	13.33	7.26
	34	1.884	101.11	11.93	7.55
18	28	1.876	76.14	14.03	6.99
	31	1.800	101.01	13.05	5.71
	34	1.971	80.76	10.14	6.32
Average of night temp.	15	1.801	99.79	13.47	6.76
	18	1.882	85.97	12.41	6.34
Average of day temp.	28	1.759c ³	88.81	14.59	6.24
	31	1.839b	98.90	13.19	6.49
	34	1.928a	90.94	11.04	6.94

²Measured on April 10, 2004.

³Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

주·야 온도가 착색단고추의 생육 및 수량에 미치는 영향

Table 6. Effect of night and daytime temperatures on yield, % marketable fruit and fruit weight of two cultivars of paprika².

Temperature (°C)		Cultivar							
		Fiesta				Jubilee			
Night	Day	Total yield (kg/10a)	Marketable fruits (%)	Marketable yield (kg/10a)	Mean fruit weight (g)	Total yield (kg/10a)	Marketable fruits (%)	Marketable yield (kg/10a)	Mean fruit weight (g)
15	28	69,450	78.2	54,310	187	61,450	82.4	50,635	186
	31	70,200	76.5	53,705	186	60,550	81.3	49,230	189
	34	57,850	63.5	36,735	176	53,570	74.4	39,855	180
18	28	76,540	84.8	64,905	183	68,820	88.1	60,630	181
	31	79,330	81.5	64,655	181	69,530	89.5	62,230	181
	34	64,250	68.5	44,010	176	56,490	78.5	44,345	178
Average of cultivars		69,605a ^y	75.5b	53,050a	182a	61,500b	83.0a	51,155a	183a
Average of night temp.	15	65,835b	72.7b	48,250b	183a	58,525b	79.4b	46,575b	185a
	18	73,375a	78.3a	57,855a	180a	64,480a	86.6a	55,735a	180b
Average of day temp.	28	72,995a	81.5a	59,605a	185a	65,135a	85.3a	55,630a	184a
	31	74,765a	79.0a	59,180a	184a	65,040a	85.4a	55,730a	185a
	34	61,050b	66.0b	40,370b	176b	55,030b	76.5b	42,100b	179b

²Harvested from Nov. 26, 2003 to Jun. 22, 2004.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 7. Effect of night and daytime temperatures on characteristic of root of two cultivars of paprika⁴.

Temperature (°C)		Cultivar					
		Fiesta			Jubilee		
Night	Day	Root weight (g/pl.)	Number of roots	Index of root knot insertion ^y	Root weight (g/pl.)	Number of roots	Index of root knot insertion ^y
15	28	17.4	46.0	1.0	14.5	42.0	2.0
	31	17.3	49.0	1.0	14.0	34.0	2.0
	34	16.9	43.0	1.0	14.5	36.0	3.0
18	28	17.3	48.0	1.0	13.8	38.0	3.0
	31	17.2	44.0	1.0	14.6	39.0	2.0
	34	17.6	50.0	1.0	14.3	34.0	2.0
Average of cultivars		17.3a ^x	46.7a	1.0b	14.3b	37.2b	2.3a
Average of night temp.	15	17.2	46.0	1.0	14.3	37.3	2.3
	18	17.4	47.3	1.0	14.2	37.0	2.3
Average of day temp.	28	17.4	47.0	1.0	14.2	40.0	2.5
	31	17.3	47.0	1.0	14.3	37.0	2.0
	34	17.3	47.0	1.0	14.4	35.0	2.5

⁴Measured on Jun. 30, 2004.

^y0~5 : Normal~Severe.

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

생각된다. 주·야온도 처리간에는 뿌리상태의 차이가 없었는데 이는 시험구의 지온이 최적지온의 범위 내에 있었고, 처리간 지온차이도 1°C 안팎으로 미미(Table 1)하였기 때문으로 생각된다.

적 요

착색단고추 동계재배시 주·야 온도관리방법 차이에 의한 환경변화가 생육 및 수량에 미치는 영향을 구명

코자 하였다. 수량은 품종 간에는 'Fiesta'가 'Jubilee'보다 총수량은 많았으나 상품률이 떨어져 상품수량은 차이가 없었고, 평균과중도 차이가 없었다. 품종간 총수량 차이의 주원인은 착과수, 수확개시기 및 뿌리상태의 차이였고, 상품률 저하의 주요인은 열과발생률 차이였다. 야간온도 간에는 18°C가 15°C에 비해 총수량이 많은데다 상품률도 높아서 상품수량은 현저하게 많았으나 과중은 15°C가 다소 무거웠다. 야간온도 간의 수량차이의 주요인도 착과수와 수확개시기의 차이였다. 주간온도 간에는 28°C와 31°C는 차이가 없었으나 34°C는 이산화탄소 농도저하 및 고온다습으로 인해 영양생장이 촉진되었고, 엽록소 함량도 가장 적었다. 따라서 총수량 및 상품수량이 현저하게 적었고 평균과중도 가벼웠다. 본 시험에서 처리한 주·야 온도는 개엽의 광합성률, 증산률, 엽록소형광, 항산화효소 활성 등에 영향을 미치지 않았으나 통계적인 오차범위 내의 근소한 차이들이 어떤 식으로든 광합성능력에 영향을 미쳤을 것임은 분명하다. 주간고온에 의한 야간저온 보상효과는 없었다.

주제어 : 항산화 효소, 탄산가스 농도, 착과수, 광합성률

인 용 문 헌

- Abbott, J.D., M.M. Peet, D.H. Willits, and R.E. Gough. 1985. Water management of greenhouse tomatoes. *HortScience* 20:688-690.
- Bernal, M.P., A.F. Navarro, A. Roig, and J. Cegarra. 1998. Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 30:305-313.
- Bjorkman, O. and B. Demming. 1987. Photon yield of evolution and chlorophyll fluorescence at 77k among vascular plants of diverse origins. *Planta* 170:489-504.
- Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72:248-254.
- Chang, K.D., Y.W. Chien, C.G. Kenneth, and L.S. David. 2001. Reduction of chilling injury and transcript accumulation of heat shock proteins in tomato fruit by methyl jasmonate and methyl salicylate. *Plant Sci.* 161:1153-1159.
- Chen, G.X. and K. Asada. 1989. Ascorbate peroxidase in tea leaves: Occurrence of two isozymes and the differences in their enzymatic and molecular properties. *Plant Cell Physiol.* 30:987-998.
- Choi, Y.H., J.K. Kwon, J.H. Lee, and N.J. Kang. 2004. Effect of daytime temperature on fruit cracking of paprika cultivars. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 21() p. 46. (in Korean)
- Davies, K.J.A. 1995. Oxidative stress: The paradox of aerobic life p. 1-32.
- Heath, R.L. 1987. The biochemistry of ozone attack on the plasma membrane of plant cells. *Adv. Phytochem.* 21:29-54.
- Hillel, D. 1972. *Soil and water physical principles and process.* p. 75-76. Academic Press, New York, USA.
- Johnson, G.N., A.J. Young, J.D. Scholes, and P. Horton. 1993. The dissipation of excess excitation energy in British plant species. *Plant Cell and Environ.* 16:673-679.
- McCord, J.M. and I. Fridovich. 1969. Superoxide dismutase. An enzymatic function for erythrocuprein. *J. Biol. Chem.* 244:6049-6055.
- Monk, L.S., K.V. Fagerstedt, and R.M.M. Crawford. 1989. Oxygen toxicity and superoxide dismutase as an antioxidant in physiological stress. *Physiol. Plant.* 76:456-459.
- Moon, J.H., K.D. Ko, and S.G. Lee. 1999. Effect of CO₂ supply on reduction of stress by low and high temperature in cucumber seedlings. *Res. Rept. NHRI.* 120-122. (in Korean).
- Nhuchi, K., F. Honda, and S. Ota. 1960. Studies on cracking in tomato fruits. I. Mechanism of fruit cracking. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 29:287-293 (in Japanese).
- Sato, S., M. Mary, and G. Randolph. 2004. Altered flower retention and developmental patterns in nine tomato cultivars under elevated temperature. *Sci. Hort.* 101:95-101.
- Sato, T., T. Takiguchi, K. Matsuura, J. Narimatsu, and N. Mizuno. 2003. Effects of high temperature caused by non-ventilation of greenhouse on the growth and prevention of disease and insect damage in summer-grown cucumber. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 72:56-63 (in Japanese).
- Schreiber, U. 1986. Detection of rapid induction kinetics with a new type of high-frequency modulated chlorophyll fluorometer. *Photosynthesis Res.* 9:261-272.
- Stapleton, J.J., J. Quick, and J.E. Dewey. 1985. Soil solarization: Effect on soil properties, crop fertilization and plant growth. *Soil Biol. Biochem.* 17:369-373.
- Walker, D.A., M.N. Sivik, R.T. Prinsley, and J.K. Cheesbrough. 1983. Effect of temperature on the rate of photorespiration in several plants. *Plant Physiol.* 73:542-549.