

적색광 처리시기 및 광도가 오이 및 토마토 플러그묘의 생장에 미치는 영향

장성호 · 전익조¹ · 박용철² · 김일섭*

강원대학교 농업생명과학대학 식물응용과학부 원예전공

¹안동대학교 생명자원과학부, ²강원대학교 농업생명과학대학 생물환경학부 응용생물전공

Effects of Timings and Light Intensities of Supplemental Red Light on the Growth Characteristics of Cucumber and Tomato Plug Seedlings

Chenghao Zhang, Ik-Jo Chun¹, Yong-Chul Park², and Il-Seop Kim*

Division of Applied Plant Science, College of Agriculture and Life Science, Kangwon National University,
Chunchon 200-701, Korea

¹School of Bioresource Sciences, Andong National University, Andong 760-749, Korea

²Division of Biological Environment, College of Agriculture and Life Science,
Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea

Abstract. This study was established to control the overgrowth of cucumber and tomato plug seedlings by controlling of irradiation timings and light intensities of red (R) light. Compared with the control, end-of-day (EOD) timing of R irradiation significantly reduced the seedling heights by 21.3% and 14.2% in cucumber and tomato, respectively. In addition, both plant seedlings treated with R light at EOD timing had the thickest stem diameter. Tomato seedlings treated with R light at EOD showed the highest chlorophyll content and the smallest leaf size. Dry weights of above ground plant tissue in both plant seedlings were significantly reduced by EOD R light treatment. And both plant seedlings treated with EOD treatment had the lowest T/R ratio, and the highest compactness rates. The increased intensities of R light resulted in the shorter plant heights in cucumber and tomato plant seedlings. It also reduced the length of hypocotyls and internodes and the size of leaves in the both seedlings. Elevated R light intensities tended to increase the stem diameter and chlorophyll contents. Dry weights of above ground plant tissue and roots in both plant seedlings were reduced by the elevated R irradiation. Cucumber seedlings treated with 2 and 8 mol⁻¹ · m⁻² · s⁻¹ and tomato seedlings treated with 8 mol⁻¹ · m⁻² · s⁻¹ had significantly lower T/R ratio than other treatments tested.

Key words : *Cucumis sativus* L., *Lycopersicon esculentum* Mill., T/R ratio, compactness

*Corresponding author

서 언

국내에 보급된 많은 첨단시설 온실은 자동화 및 생력화를 통해 원예 작물의 대량생산 체계에 기여하고 있으며, 이러한 시설을 이용한 플러그 육묘는 적은 공간에서 많은 채소 및 화훼류의 플러그묘를 효율적으로 생산·보급 하고 있다(Choi 등, 1997). 하지만 공정육묘장에서 생산되는 플러그 묘는 대체적으로 재식밀도가 극히 높아 육묘 후반에는 도장하기 쉽고, 특히 여

름철의 고온이나 장마기의 광 부족 그리고 겨울철의 약광으로 인해 도장이 많이 발생한다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 접촉자극을 통해 도장을 억제하거나(Biddington, 1986; Erwin, 1992; Latimer와 Thomas, 1991), 주야온도차(DIF)이론의 적극 활용(Lim 등, 1997; Park 등, 1996)), 관수 및 시비조절(Shin과 Kim, 1997), 성장조절제 시용(Kim 등, 1998; Lieberth, 1990) 등 다양한 도장억제 수단이 연구·검토되어 왔다. 그러나 이러한 도장방지 수단을 실제 육묘 현장에 적용

시킬 때 각각의 방법 모두 몇몇 문제점을 내포하고 있다. 접촉자극에 의한 도장방지의 경우는 처리의 번거로움과 동시에 어린 묘에 과도한 스트레스나 상처를 주어 묘의 노화를 촉진시키며, 식물생장조절제의 활용이나 관수·시비 조절을 통한 도장방지법은 작물별, 생육단계별 오차가 심하여 (Son과 Lee, 1998), 대량 공정생산을 위한 기술로 보급하기에는 아직 미흡한 실정이다.

한편, phytochrome원리에 의한 인공광 또는 자연광의 적색광/원적색광비(R/FR비)를 조절하여 식물의 생장을 조절하려는 시도가 다양하게 이루어지고 있다 (Brown 등, 1995; Graham과 Decoteau, 1997; Hunt 등, 1989). 자연광환경에서는 R/FR비는 1.1~1.2이지만, 그 값이 클수록 신장생장이 억제되고, 작을수록 생장이 촉진되는 것으로 알려져 있다 (Taiz와 Zeiger, 1998). 적색광은 원두나 강낭콩 황화묘의 배측 및 엽신장을 촉진시키고, 반대로 원적색광은 억제시키며 (Hunt 등, 1989), 페튜니아의 신장도 억제시킨다고 보고하였다 (Kubota 등, 2000). 또한 토마토 묘는 일몰 후 적색광에 의해 절간신장이 억제되고 적외선광에 의해 절간의 신장이 촉진된다고 보고되었다 (Lee, 2001). 하지만 이러한 연구는 거의 광질에 대한 연구가 대부분이며, 특히 오이 및 토마토 플러그 육묘에 있어 실용적인 묘의 도장억제를 위한 적색광의 조사 시기 및 적정광도에 대한 보고는 거의 전무한 실정이다.

본 연구는 공정육묘시 도장억제를 위한 광처리기술 개발을 목적으로 오이 및 토마토를 대상으로 적색광 처리시기 및 적정 광도를 구명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 실험은 중앙종묘(주)의 '백화다다기' 오이와 '망수' 토마토를 사용하여 2000년 7월부터 2001년 3월까지 강원대학교 원예학과 인공조명실 및 유리온실에서 수행되었다. 27°C에서 종자를 최아시킨 후 육묘용 상토를 충전한 50구 트레이에 직접 피종하여, 육묘하였다. 시비는 일본 원시배양액을 1/2농도(EC 1.1 dS/cm, pH 6.5)로 생육시기를 3단계로 나누어 1단계는 5일 간격으로 3회, 2단계는 3일 간격으로 5회, 3단계는 2일 간격으로 육묘 종료시 까지 두상관수 하였다.

1. 적색광 처리시기가 도장억제에 미치는 영향

적색광 처리시간대별 묘의 도장억제 효과를 조사하기 위해, 처리시기를 일몰 후(오후 7시), 야간(자정), 일출 전(오전 5시)의 세 처리구로 설계하여 매일 60분씩 적색광을 조사하였다. 광처리 기간은 두 작목 모두 본잎이 2-3매 전개시부터 광처리를 시작하여 실험 종료시까지 매일 실시하였으며, 사용한 광원은 적색형광등에 적색셀로판지를 감싸 만든 적색 단색광으로, 광도는 $5.62 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 를 유지하였다. 재배관리는 주간에는 유리온실에서 통상대로 관리하였으며, 일몰후 인공조명실로 묘를 옮겨 광처리를 실시하였다.

2. 일몰후 적색광 광도가 묘의 도장억제에 미치는 영향

적색광의 광강도에 따른 묘의 생육반응을 비교, 검토하기 위하여 적색형광등 수와 높이를 조절하여 광도를 각각 2.0, 8.0 및 $16.0 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 등 세 처리구로 설계하여 매일 60분씩 일몰후(End of day light) 적색광을 조사하였다. 재배관리, 광조사 기간 및 사용 광원은 실험1과 동일하게 하였다.

실험1, 2 모두 오이는 광처리 30일후, 토마토는 광처리 50일후 최종 생육조사를 실시하였으며, 조사항목은 초장, 경경, 하배측 길이, 절간장, 엽수, 엽특소 (Minolta SPAD-502), 엽면적, 지상부와 지하부의 생체중 및 건물중, T/R 을 그리고 조직의 충실도(건물중과 초장과의 비율)를 측정하였다. 통계분석은 SAS프로그램을 이용하여 Duncan의 다중검정으로 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 적색광 처리시기가 도장억제에 미치는 영향

초장은 일몰 후, 야간 및 일출 전 처리구가 대조구에 비하여 오이에서 각각 약 21.3%, 11.9%, 15.5% 감소하였으며 토마토에서는 각각 14.2%, 4.7%, 7.9% 감소하여 일몰 후 처리가 묘의 도장억제 효과에 가장 좋았다(Fig. 1). 이것은 일몰 후는 광량과 온도가 낮아지고 상대습도가 높아지는 환경이었는데, 이러한 환경변화가 초장신장에 결정적인 영향을 미치는 환경요인으로써 하루신장 수준에서 대부분 식물이 일몰 후에 줄기 신장율이 가장 높기 때문에 (Son과 Lee, 1998) 이 시기에 광처리를 함으로써 줄기의 신장을 가장 효

적색광 처리시기 및 광도가 오이 및 토마토 플러그묘의 생장에 미치는 영향

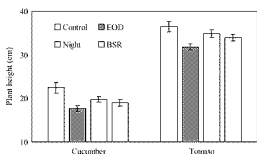


Fig. 1. Effect of supplemental red light treatments at end-of-day (EOD), mid-night (Night), and before sunrise (BSR) timings on the plant height of cucumber and tomato seedlings. Vertical bars represent \pm SE.

과적으로 억제할 수 있다고 판단된다. 또한 일출 전 처리에서도 두 작물 모두 약간의 도장억제 효과가 있는 반면 야간 처리에서는 현저한 도장억제 현상이 나타나지 않았다.

이러한 결과는 오이와 토마토의 플러그묘 줄기 신장이 토마토와 국화에 있어서 일몰 때와 일출 전에 줄기신장율이 가장 높았으며(Bertram, 1992), Salvia 는 일몰 후 초장이 급격히 신장하며 일몰직후부터 자정까 지 초장신장이 최대인 것으로 나타났다(Johnson 과 Lee, 1998)와 유사하다는 것을 알 수 있다.

경계에서 오이는 3.58 mm, 토마토는 5.65 mm로 두 작물 모두 일몰 후 처리구가 가장 크게 나타났다 (Table 1). 엽수는 두 작물에서 모두 처리구별 유의적 차이를 나타내지 않았고, 엽록소함량은 토마토에서 한 일몰 후 처리된 플러그묘의 함량이 대조구에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 또한 엽면적은 오이에서 처리구에는 차이를 나타내지 않았으나 대조구에 비해 현

저히 감소하였으며 토마토에서는 처리구 유의성 차이가 나타났는데 일몰 후 처리구가 257.8 cm²로 가장 작고 다음은 일출 전, 야간 순서로 증가하였다. 이것은 일몰 후 광처리가 전체적으로 자상부의 생육을 억제한 것으로 사료된다. 또한 일몰 후 적색광 처리된 토마토 플러그 묘의 높은 엽록소 함량은 광처리에 의해 유의적으로 적어진 잎에 의해 (Table 1) 일 면적당 엽록소가 높은 밀도로 존재하는 것으로, 이것은 일몰 후 적색광의 처리가 플러그 묘의 생장은 억제하지만 기관분화에는 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있다.

적색광 처리시기에 의한 두 작물의 건물중은 대조구에 비해 자상부 건물중이 일몰 후와 일출 전의 적색광 처리에 의해 유의적인 감소를 보였지만, 지하부(뿌리)의 건물중은 오이의 야간시기를 제외하고는 유의적 차이가 없었다(Table 2).

일반적으로 과채류 묘의 품질은 자상부와 지하부의 간중량 비율을 의미하는 T/R율과 건물중과 초장의 비율인 조적중실도로 나타내는데(Lou와 Kato, 1988; Park 등, 1996), T/R율이 작을수록, 조적중실도가 클수록 묘의 품질이 우수하다. 본 실험에 있어 오이와 토마토 플러그묘의 T/R율은 일몰 후 처리에서 각각 8.64, 6.32로 타 처리에 비해 가장 작았으며 조적의 중실도는 일몰 후 처리에서 각각 28.63 및 50.31 mg/cm²로 가장 크게 나타나 전체적인 묘 소멸이 일몰 후 적색광 처리에 의해 향상되었다.

2. 일몰후 적색광 광도가 묘의 도장억제에 미치는 영향

오이와 토마토 플러그 묘의 도장억제를 광도의 영향

Table 1. Effects of end-of-day (EOD), midnight (night), and before sun rise (BSR) red light irradiation on stem diameters, leaf areas, T/R ratios, and compactness in cucumber and tomato plant seedlings.

Crop	Treatments	Stem diameter (mm)	No. of leaves	Leaf chlorophyll content (SPAD)	Leaf area (cm ²)
Cucumber	Control	3.46 b ^c	3.3 a	32.3 a	124.0 a
	EOD	3.58 a	3.0 a	33.1 a	103.5 b
	Night	3.37 b	3.2 a	32.9 a	104.5 b
	BSR	3.51 ab	3.1 a	33.4 a	98.3 b
Tomato	Control	5.31 c	7.9 a	36.3 b	291.3 a
	EOD	5.65 a	7.3 a	39.7 a	257.8 c
	Night	5.38 bc	7.8 a	36.5 b	282.4 ab
	BSR	5.52 ab	7.5 a	37.9 ab	274.1 b

^aThe ratio of top part dry weight to root part dry weight (T/R).

^bCompactness is the values of the plug dry weight divided with the plug height.

^cMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

Table 2. Effects of end-of-day (EOD), midnight (night), and before sun rise (BSR) red light irradiation on the dry weight of shoot, root, top/root (T/R) ratio, and compactness of cucumber and tomato seedlings.

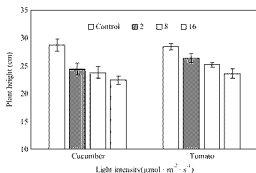
Crop	Treatments	Dry weight (g)		T/R ratio	Compactness ² (mg/cm)
		Shoot	Root		
Cucumber	Control	0.536 a ³	0.053 a	10.22 a	26.15 b
	EOD	0.459 b	0.052 a	8.64 c	28.63 a
	Night	0.411 c	0.044 b	9.31 b	24.23 b
	BSR	0.457 b	0.050 a	9.10 b	25.87 b
Tomato	Control	1.503 a	0.211 a	7.21 a	46.07 b
	FOD	1.346 c	0.213 a	6.32 c	50.31 a
	Night	1.453 ab	0.209 a	6.95 a	47.22 b
	BSR	1.391 bc	0.210 a	6.62 b	48.26 b

¹Compactness is the values of the plug dry weight divided with the plug height.

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

을 알아보기 위해 광도를 각각 2, 8 및 $16 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 일몰 후 1시간씩 적색광을 조사하였다. 초장은 오이에서 각각의 처리구가 무처리구에 비해 11.7%, 15.3% 및 22.3% 감소하였으며 토마토에서는 무처리구에 비하여 7.8%, 12.4% 및 14.8% 감소하여 광도가 증가함에 따라 초장은 감소하는 경향이 나타났다(Fig. 2). 그러나 통계적으로 오이에서 $2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 와 $8 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리구, 토마토에서 $8 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 와 $16 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리구에는 유의성 차이는 나타나지 않았다.

허세축도 초장과 비슷한 경향을 보여 두 작물 모두 일몰후 적색광 처리에서 적색광 광도의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였지만 $8 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 와 $16 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리구에는 통계적 유의성 차이는 없었다(Table 3). 경경과 엽록소는 오이와 토마토에서 광도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보여 경경은 오이와 토마토가 $16 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리구에서 각각 5.4 mm,

**Fig. 2.** Effect of EOD red light intensity on the plant height of cucumber and tomato seedlings.

9 mm로 가장 크게 나타났으며 엽록소도 오이와 토마토가 $16 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리구에서 각각 38.48, 37.56로 가장 높게 나타났는데, 토마토에서는 대조구에 비해 유의적 차이가 있었다. 엽번적은 대조구에 비해 적색광 처리된 플러그의 크기가 유의적으로 작게 나타났다.

Table 3. Effect of different light intensity treatments on the growth characteristics of cucumber and tomato seedlings.

Crop	Light intensity ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	Hypocotyl length (mm)	Stem diameter (mm)	Leaf chlorophyll content (SPAD)	Leaf area (cm^2)	SLA ($\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$) ³	Compactness (mg/cm) ²
Cucumber	Non	67.4 a ³	5.0 b	35.0 c	292.6 a	271.0 a ⁴	59.73 b
	2	56.6 b	5.3 a	35.8 bc	266.4 b	263.4 b	65.77 a
	8	56.1 bc	5.2 ab	37.1 ab	252.4 c	242.4 c	68.09 a
	16	54.6 c	5.4 a	38.5 a	269.6 b	260.9 b	67.54 a
Tomato	Non	35.4 a	4.7 ab	36.1 a	221.4 a	235.6 a	58.64 b
	2	31.9 b	4.5 b	36.9 a	193.0 bc	217.7 b	61.57 b
	8	29.3 bc	4.6 b	36.2 a	184.7 c	199.2 c	66.26 a
	16	27.2 c	4.9 a	37.6 a	197.8 b	219.8 b	67.52 a

¹Specific leaf weight is the values of leaf dry weight divided with the leaf area.

²Compactness is the values of the plug dry weight divided with the plug height.

³Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

적색광 처리시기 및 광도가 오이 및 토마토 플러그묘의 생장에 미치는 영향

며, $8 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리구에서 오이와 토마토가 252.4 cm^2 와 184.7 cm^2 로 타 처리구에 비하여 작게 나타났다(Table 3). 한편 잎의 두께의 역수를 의미하는 엽면적률(specific leaf area, SLA)은 같은 엽면적 조건하에서 작을수록 바람직하는데 오이와 토마토가 $8 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리구에서 가장 낮은 수치를 보여 이 처리구에서 오이와 토마토 플러그 묘 잎의 두께가 가장 두꺼운 것을 알 수 있다. 과체류 묘의 품질지수 중의 하나인 조직의 충실도는 광도 증가에 따라 증가하는 경향이 나타났으며 8과 $16 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리구에서 차이가 없었다(Table 3).

절간장은 광도 증가에 따라 감소하여 초장과 비슷한 경향을 보였는데 오이에서는 특히 제3절간장에서 $8 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 와 $16 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리구가 $2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

$\text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리에 비해 각각 14.7 mm, 12.2 mm 작아 현저한 차이가 나타났다(Fig. 3). 토마토에서는 1월부터 6월까지 $8 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 와 $16 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리구가 $2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리에 비해 모두 현저한 차이가 나타났다. 그러나 $8 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 와 $16 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리구에는 차이가 없었다.

자상부와 지하부의 건물율은 광도 증가에 따라 감소하는 경향이 나타났으며 무처리된 묘와 여러 광도에 의해 처리된 묘간에 유의성 차이가 없었다(Fig. 4). 과체류 묘의 품질지수로 사용되는 T/R율은 대조구에 비해 적색광 처리된 묘에서 유의적으로 낮게 나타나고 품질이 적색광에 의해 향상되었음을 알 수 있었다. 처리구의 T/R율이 있어 오이는 2 및 $8 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 적색광 처리구, 토마토는 $8 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리구에서

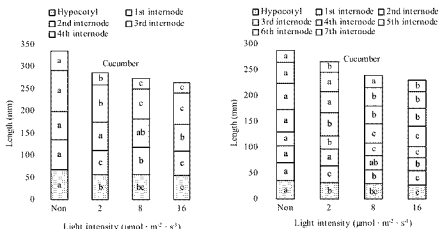


Fig. 3. Effect of end-of-day (EOD) red light intensities on the internode length of cucumber and tomato seedlings. Different letters are based on Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.

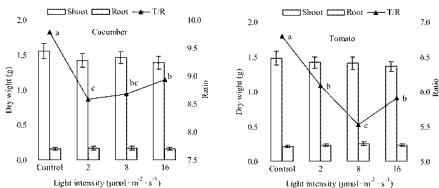


Fig. 4. Effect of different light intensity treatments on the dry weight of shoot, root and T/R ratio of cucumber and tomato seedlings. Vertical bars represent SE. Different letters are based on Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.

가장 낮은 T/R율을 나타내었다(Fig. 4).

위와 같은 적색광의 처리시기와 광도 실험을 통해 오이와 토마토 플러그 묘를 생산하는 공정육묘에 있어 흔히 발생하는 도장의 문제점은 일몰 후 적색광의 조사를 통해 10% 이상 생육을 억제할 수 있음을 알 수 있었다. 적색광의 광도에 있어 비록 보다 높은 광도에 의한 도장 억제효과가 컸음에도 불구하고 통계적 유의차가 없었고, 또한 묘의 품질지수인 T/R율이나 조직 충실도에 있어 $8 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리구가 가장 효과적으로 나타나 이보다 높은 광도의 처리는 전기료 및 설치비를 고려하여 볼 때 크게 효율적이지 못하리라 사료된다.

적 요

본 연구는 오이와 토마토의 플러그 묘 공정육묘시 발생하는 도장 억제를 위한 적색광 처리시기와 광도의 영향을 알아보기 위해 실험을 수행하였다. 일몰 후, 야간 및 일출 전 적색광 처리시기에 의한 묘의 도장억제는 일몰 후 처리가 오이와 토마토의 초장을 각각 21.3%와 14.2%로 가장 크게 억제하였고, 경경의 굵기도 가장 두꺼웠다. 엽록소함량은 토마토에서만 일몰 후 처리된 플러그묘의 함량이 대조구에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 적색광 처리시기에 의한 두 작물의 건물중을 보면, 대조구에 비해 지상부 건물중은 일몰 후와 일출 전 적색광 처리에 의해 유의적인 감소를 보였다. 오이와 토마토 플러그묘의 T/R율은 일몰 후 처리에서 타 처리에 비해 가장 작았으며 조직의 충실도는 일몰 후 처리에서 가장 크게 나타났다. 광도별 처리에 의한 초장은 오이와 토마토 플러그묘 모두에서 광도가 증가함에 따라 초장은 감소하였다. 하배측, 절간장 및 엽면적도 초장과 유사한 경향을 나타내었다. 두 작물 모두 경경과 엽록소함량 및 조직의 충실도는 광도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다. 하지만 지상부와 지하부의 건물중은 광도의 증가에 따라 감소하는 경향이 나타났으며, 오이는 2 및 $8 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 적색광 처리구에서 토마토는 $8 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 처리구에서 가장 낮은 T/R율을 나타내었다.

주제어 : *Cucumis sativas* L., *Lycopersicon esculentum* Mill., T/R율, 조직충실도

인 용 문 헌

- Bertram, L., 1992. Stem elongation of *Dendranthema* and tomato plants in relation to day and night temperature. *Acta Hort.*, 327:61-70.
- Biddington, N.L. 1986. The effects of mechanically-induced stress in plants-A review. *Plant Growth Regulate.* 4:103-123
- Brown, C.S., A.S. Schuerger, and J.C. Sager. 1995. Growth and photomorphogenesis of pepper plants under red light-emitting diodes with supplemental blue or far-red light. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120:808-813.
- Choi, J.M., Ahn, J.W., Ku, J.H., and Lee, Y.B.,1997. Effect of medium composition of physical properties of soil and seedling growth of red-pepper in plug system. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.*, 38:618-624 (in Korean, with English abstract).
- Erwin J.E. 1992. Building a better plug. *Growth Talks.* October:91-97.
- Graham, H.A. and D.R. Decoteau. 1997. Sensitivity of shoots and roots of young watermelon plants to end-of-day red and far-red light. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122:481-484.
- Hunt, P.G., M.J. Kasperbauer, and T.A. Matheny. 1989. Soybean seedling growth responses to light reflected from different colored soil surfaces. *Crop Sci.* 29:130-133.
- Kim, S.E. J.K. Lee, and C.K. Kang. 1998. Effect of seed treatment with triazole chemicals on Emergence, seedling growth, and adventitious rooting of gourd. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 39:140-144.
- Kubota, S., T. Yamato, T. Hisamatsu, S. Esaki, R. Oi, M.S. Roh, and M. Koshioka. 2000. Effects of red- and far-red-rich spectral treatments and diurnal temperature alternation on the growth and development of *Petunia*. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 69:403-409.
- Latimer, J.G. and P.A. Thomas. 1991. Application of brushing for growth control of tomato transplants in a commercial setting. *HortTechnology*, 1:109-110.
- Lee, G. 2001. Development of light-treatment technology for producing tomato transplants of high quality - Effects of end-of-day light treatment affecting on the quality of tomato transplants. *J. Bio-Environment Control.* 10:55-60.
- Lieberth, J.A. 1990. Set the stage for quality plugs. *Green house Grower.* 1:26-27.
- Lim, K.B., K.C. Son, J.D. Chung, and J.K. Kim. 1997. Influences of difference between day and night temperatures(DIF) on growth and development of bell pepper plants before and after transplanting. *J. Bio. Fac. Env.* 6:15-25.
- Lou, H. and T. Kato. 1988. The physiological study on the quality of seedlings in eggplant. Effects of day-

- length and light intensity. J. Japan. Soc. Environ. Control in Biol. 26:69-78.
15. Park, H.Y., K.C. Son, E.G. GU, K.B. Lim, and B.H. Kim. 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.
16. Shin, K.H. and W.S. Kim. 1997. Effect of irrigation method on the quality and growth of vegetable plug seedlings. J. Kor. Soc. Hort. Sci., 15:399-400 (in Korean, with English abstract).
17. Son, K. and M. Lee. 1998. Effects of DIF and temperature drop/rise on the stem elongation of plug seedlings of *Salvia splendens*. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39:615-620.
18. Taiz L. and E. Zeiger. 1998. Plant physiology: Chapter 17 Phytochrome. 2nd Eds. Sinaure Associates, Inc., 23 Pluntree Road, Sunderland, MA, USA. pp. 483-516.
19. Xiong, J. G.G. Patil, and R. Moe. 2002. Effect of DIF and end-of-day light quality on stem elongation in *Cucumis sativus*. Sci. Hort. 94:219-229.