

접목활착 후 순화시 차광조건에 따른 토마토와 고추 접목묘의 생육

조현규¹ · 정현우¹ · 이혜리¹ · 권수민¹ · 황희성² · 황승재^{3,4,5*}

¹경상대학교 대학원 응용생명과학부 대학원생, ²경상대학교 대학원 작물생산과학부 대학원생,

³경상대학교 농업생명과학대학 원예학과 교수, ⁴경상대학교 농업생명과학연구원 교수, ⁵경상대학교 생명과학연구원 교수

Growth of Tomato and Pepper Grafted Plug Seedlings under Different Shading Condition During Acclimatization after Graft-taking

Hyeon Gyu Jo¹, Hyeon Woo Jeong¹, Hye Ri Lee¹, Su Min Kwon¹,
Hee Sung Hwang², and Seung Jae Hwang^{3,4,5*}

¹Graduate Student, Division of Applied Life Science, Graduate School of Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

²Graduate Student, Division of Crop Science, Graduate School of Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

³Professor, Department of Horticulture, College of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

⁴Professor, Institute of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

⁵Professor, Research Institute of Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

Abstract. Acclimatization after grafting and graft-take that in order to produce plug seedlings of high-quality are important plug seedling stage which not reduce the plug seedlings quality before shipment. Appropriate acclimatization environment can not only increase seedling quality before secondary growth period, but also effective in promoting the growth of plug seedlings. This study was conducted to determine the optimal the shading period and shading level for acclimatization of tomato and pepper grafted plug seedlings after graft-take. The tomato and pepper seedlings were used in this experiment, and after graft-take, a tunnel was installed on a bed in glasshouse of venlo type to started shading treatment. The shading levels were 35, 55, 75 and 95%, and the shading periods were 1 and 2 weeks, and non-treatment was set as the control. In the case of tomato grafted plug seedling, plant height, stem diameter, dry weight of root, leaf area were significantly higher at the shading period of 1 week and the shading level was 55%. In the case of pepper grafted plug seedling, plant height, stem diameter, and leaf area were the highest in the shading period of 2 weeks and the shading level was 35%. However, dry weight of root, compactness, and T/R ratio, which seedling quality indicators, were lower than in the shading period of 1 week and the shading level 55%. Therefore, considering the quality of seedlings, it is suggested that shading period of 1 week with shading level of 55% treatment can be suitable to produce high quality grafted plug seedlings of tomato and pepper.

Additional key words : compactness, graft, light intensity, secondary growth, T/R ratio

서론

공정묘의 이용은 노동력 감소, 작물 생산까지의 소요 시간 절약, 수확시기 조절 등의 장점을 가지고 있어 농가에서 공정묘 이용은 빠르게 증가되고 있다(RDA, 2016). 공정묘 산업은 상업화가 시작된 1990년대 초반부터 효율성과 경제성을 높이기 위해 분업화 및 전문화된 산업으로 점차 확대되고 있으며(Jeong, 2002; Park 등, 2011; Park, 2014; Jeong 등, 2016), 2018년을 기준으로 383개소, 285ha의 면적으로 늘어나고 있

는 추세이다(KSVS, 2020).

접목은 대목과 접수의 우수한 특성을 결합하여 토양매개 질병과 저온장해, 고온장해, 염류장해 등 생육에 불리한 환경에 대한 내성을 증가시키기 위한 목적으로 이용되고 있다(Matsuzoe 등, 1993; Bletsos 등, 2003). 또한, 비료 사용량을 줄이는 동시에 수확량도 증대시킬수 있어 농가의 시간과 비용을 절약할 뿐만 아니라 소득증진 효과도 기대할 수 있다(Oka 등, 2004; Crinò 등, 2007). 고품질, 다수확을 목적으로 활용되고 있는 육묘기술인 접목은 토마토, 오이, 고추, 수박, 참외, 피망 등의 과채류를 중심으로 이용되고 있으며, 공정묘 생산량 대비 토마토와 오이는 50%이상, 수박은 약 90%의 비중으로 접목묘가 생산되고 있다(Kim 등, 2013).

*Corresponding author: hsj@gnu.ac.kr

Received October 28, 2020; Revised December 10, 2020;

Accepted December 10, 2020

일반적으로 상업적인 공정육묘장에서 채소 접목묘를 생산할 때 접수와 대목의 육묘(1차 육묘), 접목, 활착, 순화 및 접목묘 육묘(2차 육묘) 단계를 거쳐 묘를 생산하게 된다(Maeda, 2004). 접목묘는 약광과 다습의 환경조건을 가진 접목활착실에서 약 4-6일간 활착을 한 후, 자연광 하에서 순화하게 된다. 활착과 순화는 접목묘의 생산에서 중요한 과정으로, 접목활착이 끝나고 순화를 시작하는 접목묘가 자연광에 노출되면 접목활착실의 높은 상대습도, 약한 광도, 환기가 되지 않는 환경에 적응해 있던 묘들에게 갑작스러운 습도, 온도, 광의 변화에 의한 잎의 증산량 증가로 인해 수분부족 스트레스를 받아 위조현상이 쉽게 일어난다. 그러므로 활착 후 점차적으로 광도를 높여 자연광에 적응할 수 있도록 환경관리가 필요하다(Tikoo, 1979; Lee, 1994; Oda, 1995; Ioannou, 2001; Giannakou와 Karpouzas, 2003; Rivero, 2003; Yetisir와 Sari, 2003). 접목은 서로 다른 작물의 절단된 부위를 접합시키는 고도의 작업으로 접목 및 활착 이후 순화가 실패하면 출하 전인 2차 육묘에서 생육이 불안정하여 묘소질이 급격히 하락할 수 있다. 그러므로 접목 활착 후 묘의 순화에 적절한 습도, 광, 온도, CO₂ 등의 환경을 제공하는 것은 묘의 품질을 유지하는 중요한 요인이다. 고품질의 접목묘 생산을 위해서는 고도의 접목기술과 접목 후 활착과 순화를 위한 정밀한 환경관리기술이 요구된다(Jang 등, 2013). 하지만 접목묘 생산에 있어 중요한 환경관리는 주로 계절이나 날씨에 따라 또는 농가의 노하우에 의해 관리되고 있는 실정이다(Lee 등, 2010).

상업적인 공정육묘장에서는 활착이 끝난 접목묘의 생리장해를 최대한 줄이기 위해 차광을 이용한 순화 방법이 널리 사용되고 있다. 하지만 광도 조절이 적절하게 이루어지지 않을 시 묘의 도장, 생육저해가 발생하여 묘의 품질이 하락하게 된다. 접목의 성공을 위한 적절한 환경조건(활착시의 온도, 광조건, 상대습도, 양수분관리 등) 구명에 대한 연구는 많이 진행되었지만(Jang 등, 2009; Vu 등, 2013; Jang 등, 2014), 접목 이후 2차 육묘 단계의 생육을 위한 순화조건에 대한 연구는 부족한 실정이며, 특히 접목묘 순화를 현장에 적용하기 위한 차광 조건에 대한 연구는 미미한 실정이다.

따라서 본 연구는 토마토와 고추 접목묘 생산시 고품질 공정묘를 생산하기 위한 순화 시기의 적절한 차광조건을 구명하기 위해 수행 되었다.

재료 및 방법

1. 실험재료 및 접목 활착 환경

본 실험을 위해 토마토와 고추 접수 'Dotaerang Dia' (*Solanum lycopersicum* L. 'Dotaerang Dia', Koregon Co.

Ltd., Korea)와 'Shinghong' (*Capsicum annuum* L. 'Shinhong', Danong Co. Ltd., Korea)을 채소작물 육묘용 상토(Plantworld, Nongwoobio Co. Ltd., Suwon, Korea)가 충전된 105공 플러그 트레이에 파종하였고 48시간 이후 대목 'B-blocking' (*Solanum lycopersicum* L. 'B-blocking', Takii Korea Co. Ltd., Korea)과 'Tantan' (*Capsicum annuum* L. 'Tantan', Nongwoobio Co. Ltd., Korea)을 접수와 동일한 상토로 충전된 50공 플러그 트레이에 파종하였다. 토마토는 파종 후 30일, 고추는 파종 후 45일 째에 합접 방법을 이용하여 접목하였으며, 광도 $35 \pm 5 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (Red:Blue = 7:3 LEDs), 온도 $23 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 $90 \pm 5\%$ 의 접목활착실에서 6일간 활착이 완료된 접목묘를 이용하였다. 활착이 끝나고 자연광에서 순화를 하는 동안 차광기간과 차광률이 토마토와 고추 접목묘의 생육에 미치는 영향을 조사하기 위해, 활착이 끝난 뒤 벤로형 온실에서 반밀폐형 소형 비닐터널을 제작한 후 순화 및 육묘를 3주간 진행하였다.

2. 차광 처리 및 재배환경

차광기간과 차광률에 따른 생육을 확인하기 위하여 35%, 55%, 75%, 및 95% 차광망(Shade net, Heungnong Co. Ltd., Geumsan, Korea)을 베드(240×120×80cm)위에 설치하였고, 각 차광 수준 처리마다 접목이 끝난 토마토와 고추 접목묘를 모두를 1주간 그리고 2주간 처리하였다. 차광처리를 하지 않은 무처리(0%)를 대조구로 설정하였다. 데이터 로거(TR-74Ui, T&D Co. Ltd., Matsumoto, Japan)를 베드의 중앙에 설치하여 온습도 및 광도를 측정하였으며, 일 중 소형 터널 내부의 광도 변화, 실험 기간 동안 일 평균 광량, 총 누적광량을 나타냈다(Fig. 1, Table 1). 실험 기간 동안 소형 터널 내부의 주간 평균 온도와 야간 평균 온도, 평균 상대습도는 각각 27.9°C와 16.3°C,

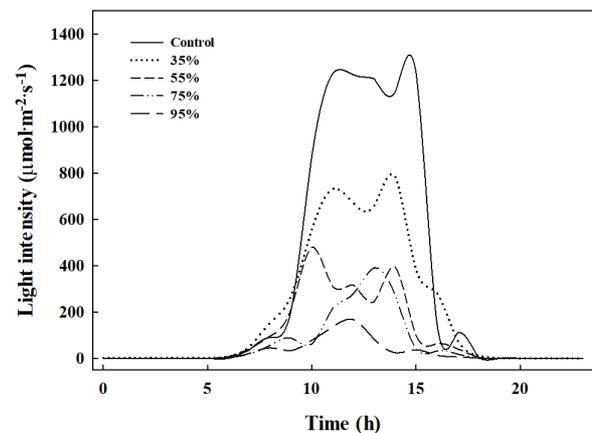


Fig. 1. Change of light intensity during 24 hours by different shading levels. The light intensity measured at April 14, 2020.

Table 1. Solar radiation, temperature and relative humidity during treatment periods.

| Shading period (week) | Shading level (%) | Solar radiation (MJ·m ⁻²) | | Temperature (°C) | | | Relative humidity (%) |
|-----------------------|-------------------|---------------------------------------|------------|------------------|------|-------|-----------------------|
| | | Average | Integrated | Average | Day | Night | |
| | Control | 7.74 | 108.31 | 23.3 | 28.7 | 17.9 | 32.5 |
| 1 | 35 | 5.78 | 80.86 | 22.6 | 28.5 | 16.8 | 33.4 |
| | 55 | 5.09 | 71.27 | 22.4 | 28.1 | 16.8 | 29.1 |
| | 75 | 4.95 | 69.24 | 22.1 | 27.5 | 16.8 | 33.3 |
| | 95 | 3.93 | 55.01 | 21.9 | 27.5 | 16.3 | 31.9 |
| 2 | 35 | 4.64 | 64.95 | 22.1 | 28.2 | 16.1 | 36.3 |
| | 55 | 2.96 | 41.49 | 21.9 | 27.9 | 16.0 | 25.6 |
| | 75 | 2.18 | 30.48 | 21.5 | 27.0 | 16.0 | 36.1 |
| | 95 | 0.71 | 9.91 | 21.6 | 27.7 | 15.5 | 32.5 |

27.3%였다. 토마토와 고추 접목묘의 양·수분 관리는 온실다용도 액비[(CaNO₃)₂·4H₂O 472.0, KNO₃ 202.0, KH₂PO₄ 272.0, NH₄NO₃ 80.0, MgSO₄·7H₂O 46.0, Fe-EDTA 15.0, H₃BO₃ 1.4, MnSO₄·4H₂O 2.1, ZnSO₄·7H₂O 0.8, CuSO₄·5H₂O 0.2, Na₂MoO₄·2H₂O 0.1mg·L⁻¹, EC 1.0dS·m⁻¹와 pH 6.5]를 조제하여 2일 1회 저면관수 하였다.

3. 생육조사

토마토와 고추 접목묘의 생육 조사는 실험처리 시작 후 21 일째에 트레이 당 9주씩(총 27주)을 무작위로 선발하여 초장, 엽장, 엽폭, 엽수를 조사하였다. 접목묘의 경경은 버니어캘리퍼스(CD-20CPX, Mitutoyo Co. Ltd., Kawasaki, Japan)를 이용하여 접목부위의 상단 1cm를, SPAD 값은 엽록소 측정기(SPAD-502, Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 완전히 전개된 잎을, 엽면적은 엽면적 측정기(LI-3000, LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA)를 이용하여 측정하였다. 지상부의 생체중과 건물중은 전자저울(EW220-3NM, Kern& Sohn GmbH., Balingen, Germany)을 이용하여 측정하였고, 건물중은 시료를 70°C 항온 건조기(Venticell-222, MMM Medcenter Einrichtungen GmbH., Planegg, Germany)에서 72시간 건조 후 측정하였다. 고추와 토마토 접목묘의 스트레스 지수를 측정하기 위해 처리별 6개체를 무작위로 선발하여 30분간 암적응 후 엽록소 형광분석기(PAM-2100, Heinz Walz GmbH Co. Ltd., Effeltrich, Germany)를 이용하여 엽록소형광 값(Fv/Fm)을 측정하였다. 최소 형광 값(Fo)은 0.6kHz의 측정 광을 광섬유로 하여 0.1mol·m⁻²·s⁻¹ 보다 낮은 광합성유효광양자속밀도(PPFD, photosynthetic photon flux density)로 LED광을 이용하여 조사하고 측정하였으며, 최대 형광 값(Fm)은 20kHz로 7,000μmol·m⁻²·s⁻¹의 포화 광을 0.8

초 동안 조사하여 측정하였다. Fv/Fm 값은 Fv/Fm = (Fm-Fo)/Fm 공식으로 산출하였다(Genty 등, 1989). 광합성률은 완전히 전개된 성장점으로부터 5번째 잎에서 휴대용 광합성 측정기(CIRAS-3, PP Systems International Inc., MA, USA)를 이용하여 측정하였다. 광합성 측정시 조건은 온도 25°C, CO₂ 농도 500μmol·mol⁻¹, 엽면적 4.5mm²로 고정하였다. 상대성장률(RGR, relative growth rate), 엽면적비(LAR, leaf area rate), 순동화율(NAR, net assimilation rate), 묘의 충실도(compactness) 및 T/R 율은 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준(RDA, 2012)을 기초로 아래의 계산식으로 산출하였다.

$$\text{상대성장률(RGR, g}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}) = (\log_e w_2 - \log_e w_1) / (t_2 - t_1)$$

$$\text{엽면적비(LAR, cm}^2\cdot\text{g}^{-1}) = L / W$$

$$\text{순동화율(NAR, g}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1})$$

$$= (w_2 - w_1) (\log_e L_2 - \log_e L_1) / (t_2 - t_1) (L_2 - L_1)$$

충실도(compactness) = 지상부의 건물중/식물체의 초장

· w₁, w₂: 시작 및 종료시점의 식물체당 건물중

· t₁, t₂: 시작 및 종료시점의 시간

· L₂, L₁: 시작 및 종료시점의 식물체당 엽면적

· L: 식물체당 엽면적

· W: 총 건물중

4. 통계분석

통계분석은 SAS 프로그램(SAS 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 평균 간 비교는 던컨의 다중검정을 이용하여 5% 유의수준에서 각 처리간 유의성을 검증하였다. 그래프는 SigmaPlot 프로그램(SigmaPlot 12.0, Systat Software, Inc., San Jose, Ca, USA)을 이용하여 나타내었다.

결과 및 고찰

차광 처리 시작 후 21일째 토마토와 고추 접목묘의 최종 생육 모습을 Fig. 2와 3에 나타내었다. 토마토 접목묘는 차광기간을 1주, 차광률 55% 처리에서 초장 27.0cm, 고추 접목묘의 경우 차광기간 2주, 차광률 35% 처리에서 초장 25.9cm로 다른 처리에 비해 초장이 가장 길었다(Fig. 4A와 4B). 토마토의

경우 누적광량이 많은 대조구와 차광기간 1주의 차광률 35% 처리에서 누적광량이 적은 처리보다 지상부의 생육이 감소하는 모습을 보였다(Table 1과 Fig. 4A). 이는 접목활착실에서 약광에 익숙해졌던 접목묘들이 충분한 순화단계를 거치지 않고 강광인 자연광에 갑작스럽게 노출되어 강광에 의한 광합성 저해 현상에 의해 생육저하가 발생된 것으로 판단된다(Demming-Adams와 Adams III, 1992; Srivastava와 Strasser, 1997;

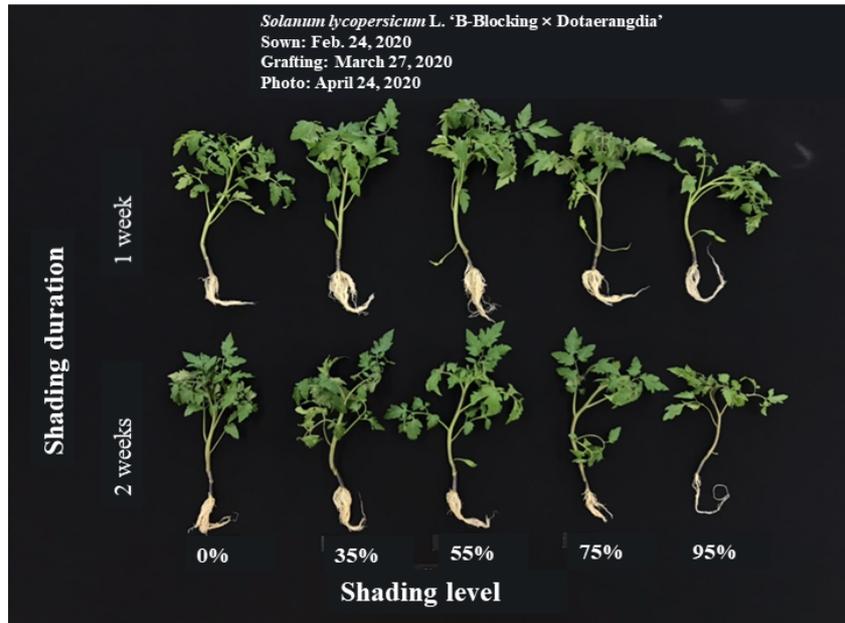


Fig. 2. Tomato grafted plug seedlings as affected by shading period and shading level at 21 days after treatment.

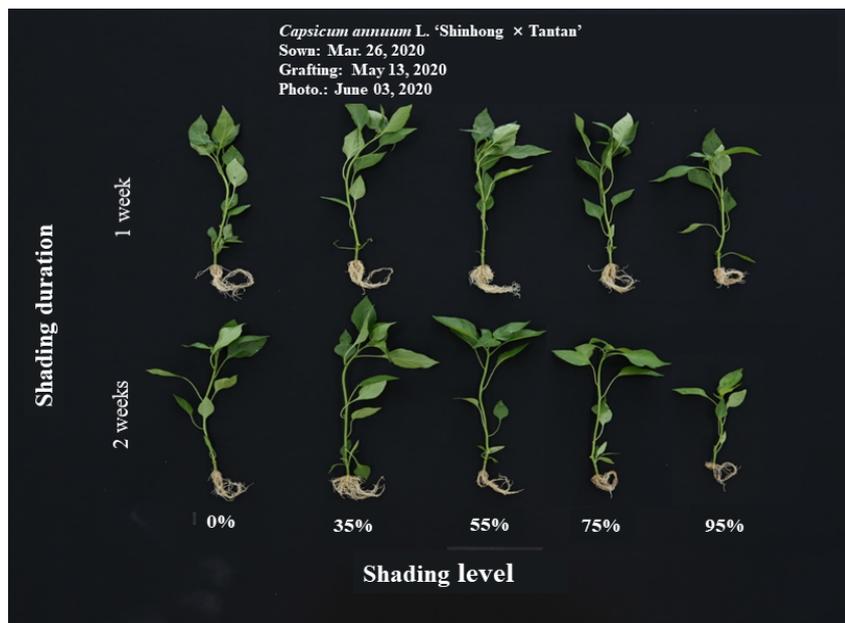


Fig. 3. Pepper grafted plug seedlings as affected by shading period and shading level at 21 days after treatment.

Lichtenthaler와 Burkart, 1999). 경경은 플러그 묘의 생육을 진단하는 지표 중 하나로 경경이 굵은 묘는 접목의 활착 속도가 빠르고 접목 성공률이 높아지는 장점이 있다(Hernandez 등, 2016). 토마토의 경우 경경이 5.16mm로 차광기간 1주, 차

광률 55% 처리에서 가장 굵었고(Fig. 4C), 고추도 토마토와 유사하게 차광기간 1주, 차광률 55% 처리에서 경경이 3.64mm로 가장 굵었지만(Fig. 4D), 차광률 95%를 제외한 나머지 처리에선 유의적인 차이가 없었다.

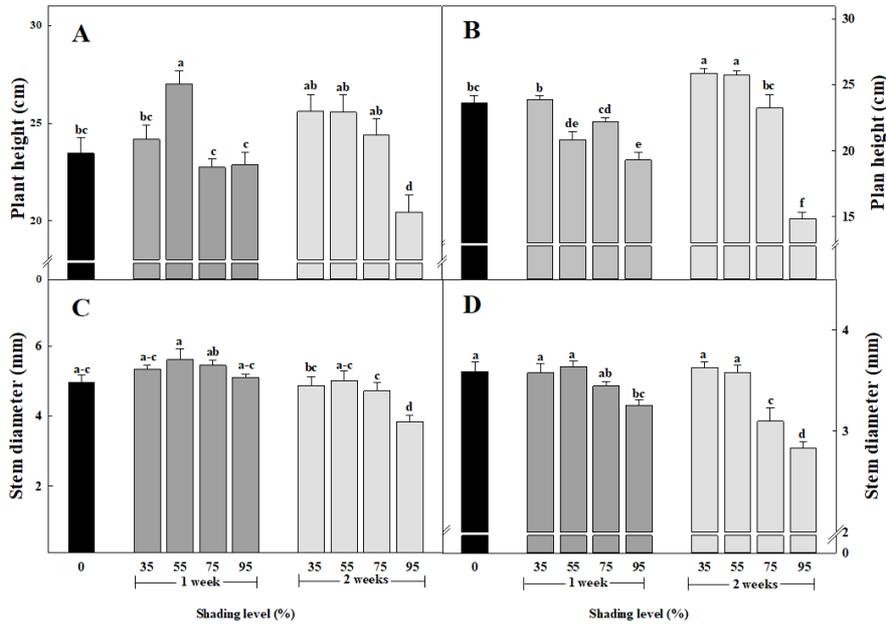


Fig. 4. Plant height (A) and stem diameter (C) of tomato grafted plug seedlings, and plant height (B) and stem diameter (D) of pepper grafted plug seedlings as affected by shading period and shading level at 21 days after treatment. Vertical bars indicate mean ± SD (n = 9). Different letters above the bars indicate significant differences by Duncan's multiple range test (p ≤ 0.05).

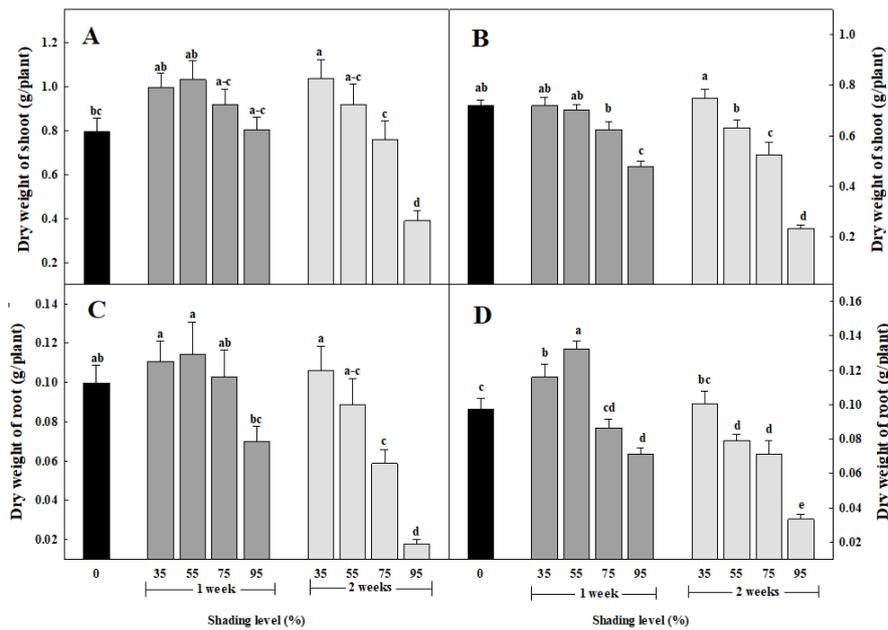


Fig. 5. Dry weight of shoot (A) and root (C) of tomato grafted plug seedlings, and dry weight of shoot (B) and root (D) of pepper grafted plug seedlings as affected by shading period and shading level at 21 days after treatment. Vertical bars indicate mean ± SD (n = 9). Different letters above the bars indicate significant differences by Duncan's multiple range test (p ≤ 0.05).

플러그 묘의 품질을 평가하기 위해 주로 엽면적지수, 초장, 건물중, 생체중, 경경 등이 플러그 묘의 품질기준으로 이용되고 있다(Kwon 등, 2003; Bayala 등, 2009; Qu 등, 2009). Fig. 5는 토마토와 고추 접목묘의 지상부와 지하부의 건물중을 나타낸 것이며, 본 연구에선 토마토와 고추 접목묘의 건물중 모두 초장의 생육과 유사하게 나타났다(Fig. 5A와 5B). 토마토는 차광기간 1주, 차광률 55% 처리에서 가장 많은 지하부의 건물중이 생산된 것으로 나타났다. 고추의 경우, 지상부와 지하부의 건물중이 변화하는 양상이 다르게 나타나는 결과를 보

였지만 차광기간 1주, 차광률 55% 처리에서 가장 많은 지하부의 건물중을 생산하였다. 토마토와 고추와 같은 호광성 식물은 광량이 감소하면 광합성에 필요한 광이 부족하여 에너지흡수량을 높이기 위해 엽면적이 넓어지고 잎의 두께가 얇아진다(Lusk, 2002). 본 연구의 결과 또한 차광기간 2주 처리에서 토마토와 고추의 엽면적이 전체적으로 증가하는 경향을 보였지만 차광기간 2주, 차광률 95% 처리에서 엽면적이 각각 79.45와 57.53cm²로 유의성 있게 가장 낮았다(Fig. 6). 이 결과는 높은 차광률로 인해 생육을 위한 누적광량이 부족하여 지상부의

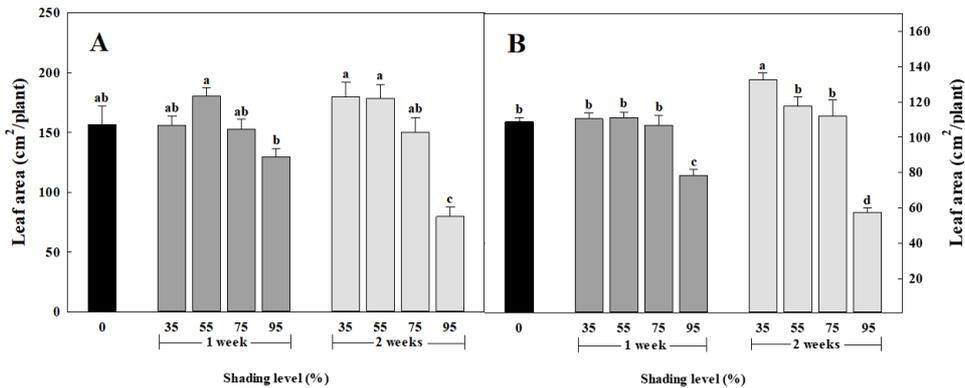


Fig. 6. Leaf area of tomato grafted plug seedlings (A) and pepper grafted plug seedlings (B) as affected by shading period and shading level at 21 days after treatment. Vertical bars indicate mean \pm SD ($n = 9$). Different letters above the bars indicate significant differences by Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

Table 2. Compactness, T/R ratio, chlorophyll fluorescence, and growth parameters of tomato grafted plug seedlings as affected by shading period and shading level ($n = 9$).

| Shading period (week) (A) | Shading level (%) (B) | Compactness (mg·cm ⁻¹) | T/R ratio | Chlorophyll fluorescence (Fv/Fm) | Growth parameters ^z | | |
|---------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------|----------------------------------|--|---|--|
| | | | | | NAR (g ⁻¹ ·m ⁻² ·d ⁻¹) | LAR (cm ² ·g ⁻¹) | RGR (g ⁻¹ ·g ⁻¹ ·d ⁻¹) |
| 1 | Control | 34.00 \pm 2.66 a ^y | 8.23 \pm 0.47 c | 0.71 \pm 0.01 a | 7.17 \pm 0.85 ab | 179.04 \pm 15.60 ab | 0.118 \pm 0.013 a |
| | 35 | 40.90 \pm 2.17 a | 9.42 \pm 0.69 c | 0.76 \pm 0.01 a | 9.26 \pm 0.66 a | 143.71 \pm 6.42 b | 0.134 \pm 0.008 a |
| | 55 | 38.15 \pm 3.13 a | 10.20 \pm 1.06 bc | 0.74 \pm 0.01 a | 8.76 \pm 0.86 ab | 167.27 \pm 15.05 ab | 0.135 \pm 0.010 a |
| | 75 | 40.33 \pm 3.16 a | 9.59 \pm 0.76 bc | 0.73 \pm 0.01 a | 8.41 \pm 0.80 ab | 154.60 \pm 9.85 ab | 0.128 \pm 0.011 a |
| | 95 | 35.05 \pm 2.18 a | 11.82 \pm 0.66 bc | 0.73 \pm 0.02 a | 7.88 \pm 0.78 ab | 149.98 \pm 4.82 b | 0.117 \pm 0.010 a |
| 2 | 35 | 40.43 \pm 2.95 a | 10.36 \pm 0.75 bc | 0.74 \pm 0.02 a | 8.75 \pm 1.01 ab | 160.85 \pm 8.61 ab | 0.136 \pm 0.014 a |
| | 55 | 36.41 \pm 4.14 a | 11.56 \pm 1.06 bc | 0.72 \pm 0.03 a | 7.70 \pm 1.01 ab | 209.45 \pm 44.28 a | 0.124 \pm 0.014 a |
| | 75 | 31.52 \pm 3.76 a | 13.47 \pm 1.07 b | 0.72 \pm 0.02 a | 6.45 \pm 0.81 b | 189.72 \pm 9.18 ab | 0.110 \pm 0.011 a |
| | 95 | 18.78 \pm 1.31 b | 24.08 \pm 2.81 a | 0.73 \pm 0.03 a | 3.42 \pm 0.61 c | 195.94 \pm 4.19 ab | 0.061 \pm 0.011 b |
| F-test | A | * | *** | NS | * | NS | * |
| | B | *** | *** | NS | * | NS | *** |
| | A×B | * | *** | NS | NS | NS | NS |

^zNAR, net assimilation rate; LAR, leaf area rate; and RGR, relative growth rate.

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

NS,*,*** Nonsignificant or significant at $p \leq 0.05$ or 0.001 respectively.

생육저하가 발생하였고, 엽면적도 지상부의 생육저하와 함께 오히려 감소된 것으로 판단된다.

차광기간과 차광률에 따른 토마토와 고추 접목묘의 품질을 평가하기 위해 묘소질의 지표를 계산하여 Table 2와 3에 나타내었다. 묘의 건물중과 초장의 비율을 나타낸 충실도는 값이 높을수록 품질이 우수한 묘라고 보고 되고 있다(Zhang 등, 2003; Lee 등, 2016). 토마토는 차광기간 2주, 차광률 95% 처리에서 18.78mg·cm⁻¹로 가장 낮은 값을 나타내었고, 고추는 차광기간 1주, 차광률 55%에서 33.65mg·cm⁻¹로 유의성 있게 가장 높았다. 고추는 차광기간에 관련없이 차광률 75% 이상의 처리에선 감소하는 경향이 나타났다. T/R율은 값이 낮을수록 지하부의 생육이 상대적으로 증가한 것을 나타내며 값이 낮을수록 고품질의 묘로 여겨진다(Zhang 등, 2003; Lee 등, 2016). 토마토는 대조구에서, 고추는 충실도가 가장 높았던 차광기간 1주, 차광률 55%에서 유의적으로 낮은 T/R율을 나타내었다. 작물이 받는 스트레스의 지표로 사용되는 엽록소 형광 값(Fv/Fm)은 0.8-0.84의 값을 보여줄 때, 작물이 정상적인 환경에서 성장하고 있다고 판단한다(Baker와 Rosenqvist, 2004). 본 실험에선 토마토와 고추 모두 차광기간과 차광률에 따른 스트레스 정도의 유의적인 차이는 확인할 수 없었다. 이는 모든 처리구가 접목으로 인한 스트레스로 0.71-0.76의 값을 나타냈지만, 순화 처리 후 1주일 동안 동일한 광조건 하에

서 재배되었기 때문에 Fv/Fm 값은 유의적인 차이가 없었던 것으로 판단된다. 순동화율은 토마토와 고추 두 작물 모두 차광률이 높을수록 값이 감소하는 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 차광률이 높아질수록 작물이 흡수할 수 있는 광이 부족하여 생육이 저하된 것으로 판단된다. 엽면적비는 잎의 두께를 확인할 수 있는 지표로서 값이 클수록 잎의 두께가 얇아지는 것을 의미한다. 잎이 넓고 얇으면 기공 내의 가스교환이 용이하게 되어 식물의 생육에 긍정적인 효과를 주지만, 너무 얇은 잎 두께는 과한 증산작용으로 인해 오히려 묘소질이 감소한다(Tsukaya, 2004). 토마토의 엽면적비는 처리기간에 통계적으로 유의적인 차이를 보여주지 않았으나 고추는 차광기간이 길어질수록, 차광률이 높을수록 잎의 두께가 얇아지는 결과가 나타났다. 상대생장률은 토마토와 고추 묘의 차광에 따른 생장속도를 비교하기 위한 지표이다. 두 작물 모두 차광기간 2주, 차광률 95% 처리에서 가장 낮은 결과를 나타내었고, 고추는 차광률이 높을수록 값이 감소하였다. 약광 조건에서 활착이 이루어진 접목묘가 강광 조건에서 광합성 저해를 받지 않도록 차광이 필요하지만, 오히려 과도한 차광은 광합성을 감소시켜 묘의 생장을 저해한다. 그러므로, 고추와 토마토 접목묘의 묘소질을 고려하였을 때, 접목 및 활착 후 순화시 55% 이상 수준의 차광과 2주간 차광을 하는 것은 접목묘의 묘소질을 감소시켰다.

Table 3. Compactness, T/R ratio, chlorophyll fluorescence, and growth parameters of pepper grafted plug seedlings as affected by shading period and shading level (n = 9).

| Shading period (week) (A) | Shading level (%) (B) | Compactness (mg·cm ⁻¹) | T/R ratio | Chlorophyll fluorescence (Fv/Fm) | Growth parameters ^z | | |
|---------------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------|----------------------------------|--|---|--|
| | | | | | NAR (g ⁻¹ ·m ⁻² ·d ⁻¹) | LAR (cm ² ·g ⁻¹) | RGR (g ⁻¹ ·g ⁻¹ ·d ⁻¹) |
| 1 | Control | 30.59 ± 1.13 ab ^y | 7.53 ± 0.31 ab | 0.71 ± 0.01 a | 6.44 ± 0.31 a | 134.50 ± 5.41 d | 0.097 ± 0.002 a |
| | 35 | 30.15 ± 1.47 ab | 6.32 ± 0.31 bc | 0.76 ± 0.01 a | 6.57 ± 0.48 a | 133.99 ± 5.63 d | 0.099 ± 0.006 a |
| | 55 | 33.65 ± 0.63 a | 5.34 ± 0.21 c | 0.74 ± 0.22 a | 6.54 ± 0.35 a | 134.05 ± 4.58 d | 0.099 ± 0.004 a |
| | 75 | 28.27 ± 1.66 bcd | 7.26 ± 0.18 ab | 0.73 ± 0.01 a | 5.31 ± 0.33 bc | 150.90 ± 2.80 cd | 0.087 ± 0.005 ab |
| | 95 | 25.07 ± 1.35 cde | 6.78 ± 0.28 ab | 0.73 ± 0.02 a | 4.32 ± 0.23 cd | 142.91 ± 3.04 d | 0.069 ± 0.003 c |
| 2 | 35 | 28.87 ± 1.40 bc | 7.64 ± 0.44 ab | 0.74 ± 0.02 a | 6.00 ± 0.41 ab | 159.01 ± 7.28 c | 0.10 ± 0.004 a |
| | 55 | 24.45 ± 1.14 de | 8.03 ± 0.40 a | 0.72 ± 0.03 a | 5.02 ± 0.34 bc | 166.56 ± 3.69 c | 0.087 ± 0.006 ab |
| | 75 | 22.26 ± 1.87 e | 7.68 ± 0.81 ab | 0.72 ± 0.02 a | 3.81 ± 0.43 d | 192.32 ± 8.72 b | 0.072 ± 0.008 bc |
| | 95 | 15.79 ± 0.86 f | 7.27 ± 0.58 ab | 0.73 ± 0.03 a | 0.85 ± 0.30 e | 216.35 ± 4.80 a | 0.017 ± 0.005 d |
| F-test | A | *** | *** | NS | *** | *** | *** |
| | B | *** | NS | NS | *** | *** | *** |
| | A×B | * | * | NS | ** | *** | *** |

^zNAR, net assimilation rate; LAR, leaf area rate; and RGR, relative growth rate.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at p ≤ 0.05.

NS, ***,*** Nonsignificant or significant at p ≤ 0.05, 0.01 or 0.001 respectively.

전문화, 분업화 된 육묘산업의 목표는 품질이 우수한 묘를 농가에서 원하는 기간에 알맞게 생산하여 제공하는 것이다. 본 연구는 활착이 끝난 접목묘의 2차 생육기간동안 생육 증진을 위한 순화 조건 중 적절한 차광 조건을 구명하기 위해 수행되었으며, 토마토와 고추 두 작물 모두 차광기간 1주, 차광정도 55%로 차광하는 것이 묘소질을 저하시키지 않으면서 생육을 증진 시킬 수 있는 것으로 판단된다.

적 요

고품질의 공정묘를 생산하기 위해 접목 및 활착 이후 순화는 출하 전의 묘소질을 감소시키지 않는 중요한 육묘단계이다. 적절한 순화 조건은 2차 육묘시기 전 묘소질을 증가시킬 수 있을 뿐만 아니라 묘의 생육촉진에 효과적이다. 따라서 본 연구는 공정묘의 순화시 적절한 차광조건을 확인하기 위해 수행되었다. 실험 작물은 토마토와 고추를 이용하였으며, 두 작물 모두 활착이 끝난 뒤 벤로형 유리온실에 있는 베드에 터널을 설치하여 차광 처리를 하였다. 차광률은 35%, 55%, 75% 그리고 95%로 진행했고, 차광기간을 1주와 2주로 진행하였으며, 무처리를 대조구로 하였다. 토마토 접목묘의 경우 차광기간 1주, 차광률 55%에서 초장, 경경, 지하부의 건물중, 엽면적이 유의성 있게 우수하였다. 고추 접목묘는 초장, 경경, 엽면적은 차광기간 2주, 차광률 35%에서 가장 높았으나 묘소질을 판단하는 지표인 지하부의 건물중, 충실도, T/R율은 차광기간 1주, 차광률 55%에 비해 낮게 나타났다. 따라서 묘소질을 고려하였을 때, 토마토와 고추 접목묘의 순화시 차광기간 1주, 차광률 55% 처리를 하는 것이 묘소질이 우수한 묘를 생산하는데 적합한 것으로 판단된다.

추가 주제어: 광도, 순화, 접목, 충실도, T/R율, 2차 육묘

Literature Cited

- Baker N.R. and E. Rosenqvist. 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *J Exp Bot* 55:1607-1621.
- Bayala J., M. Dianda, J. Wilson, S.J. Ouedraogo, and K. Sanon. 2009. Predicting field performance of five irrigated tree species using seedling quality assessment in Bukina Faso, West Africa. *New Forests* 38:309-322.
- Bletsos F., C. Thanassoulopoulos, and D. Roupakias. 2003. Effect of grafting on growth, yield, and *Verticillium wilt* of eggplant. *Hortscience* 38:183-186.
- Crinò P., C.L. Bianco, Y. Roupahel, G. Colla, F. Saccardo, and A. Paratore. 2007. Evaluation of rootstock resistance to *Fusarium wilt* and gummy stem blight and effect on yield and quality of a grafted 'Inodoros' melon. *Hortscience* 42: 521-525.
- Demmig-Adams B. and W.W. Adams III. 1992. Photoprotection and other responses of plants to high light stress. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 43:599-626.
- Genty B., J.M. Briantais, and N.R. Baker. 1989. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochim Biophys Acta* 990:87-92.
- Giannakou I. and D. Karpouzas. 2003. Evaluation of chemical and integrated strategies as alternatives to methyl bromide for the control of root-knot nematodes in Greece. *Pest Management Science* 59:883-892.
- Hernández R., T. Eguchib, E. Devecic, and C. Kubota. 2016. Tomato seedling physiological responses under different percentages of blue and red photon flux ratios using LEDs and cool white fluorescent lamps. *Sci Hort* 213:270-280.
- Ioannou N. 2001. Integrating soil solarization with grafting on resistant rootstocks for management of soil borne pathogens of eggplant. *J Horti Sci Biotech* 76:396-401.
- Jang Y.A., B.H. Mun, C.S. Choi, Y.C. Um, and S.G. Lee. 2014. Graft-take and growth of grafted pepper transplants influenced by the nutrient and irrigation management of scion and rootstock before grafting. *Protected Hort Plant Fac* 4:364-370 (in Korean).
- Jang Y.A., B.H. Mun, T.C. Seo, J.G. Lee, S.S. Oh, and C.H. Chun. 2013. Effects of light quality and intensity on the carbon dioxide exchange rate, growth, and morphogenesis of grafted pepper transplants during healing and acclimatization. *Kor J Hort Sci Technol.* 31:14-23.
- Jang Y.A., J.H. Moon, J.W. Lee, S.Y. Kim, and C.H. Chun. 2009. The graft-take and growth of grafted peppers (*Capsicum annum* L.) affected by temperature, relative humidity, and light conditions during healing and acclimatization. *J Bio-Environ Con* 18:385-392 (in Korean).
- Jeong B.R. 2002. Current status and problems in the transplant production of floral crops. *Kor J Hort Sci Technol* 20: 197-204 (in Korean).
- Jeong B.R., S.J. Hwang, and N.J. Kang. 2016. Plug seedling. GSpress, Jinju, Korea.
- Kim S.E., M.H. Lee, and Y.S. Kim. 2013. Efficient light treatment for graft-take and early growth of grafted tomato seedlings. *Protected Hort Plant Fac* 22:322-327.
- Korea Seed & Variety Service (KSVS). 2020. Survey on current state of the seedling industry. <http://www.seed.go.kr/seed/index.do>. Accessed 16 September 2020 (in Korean).
- Kwon J.K., J.C. Park, J.H. Lee, D.K. Park, and Y.S. Choi. 2003. Effect of UV-B irradiation on overgrowth retardation of plug-grown fruit vegetable transplant. *J Kor Soc Hort Sci* 44:458-463.
- Lee J.E., Y.S. Shin, H.W. Do, J.D. Cheung, and Y.H. Kang.

2016. Effect of seedling quality and growth after transplanting of Korean melon nursed under LED light sources and intensity. *Protected Hort Plant Fac* 25:294-301 (in Korean).
- Lee J.M. 1994. Cultivation of grafted vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. *HortScience* 29:235-239.
- Lee J.M., C. Kubota, S.J. Tsao, Z. Bie, P. Hoyos Echevarria, L. Morra, and M. Oda. 2010. Current status of vegetable grafting: diffusion, grafting techniques, automation. *Sci Hort* 127:93-105.
- Lichtenthaler H.K. and S. Burkart. 1999. Photosynthesis and high light stress. *Bulg J Plant Physiol* 25:3-16.
- Lusk C.H. 2002. Leaf area accumulation helps juvenile evergreen trees tolerate shade in a temperate rainforest. *Oecologia* 132:188-196.
- Maeda E. 2004. Effects of PPF, relative humidity and CO₂ concentration during healing and acclimatization period on the graft-take and growth of grafted cucumber transplants. Master thesis. Chiba University. Japan (in Japanese).
- Matsuzoe N., H. Okubo, and K. Fujieda. 1993. Resistance of tomato plants grafted on *Solanum* rootstocks to *Bacterial wilt* and root-knot nematode. *J Japan Soc Hort Sci* 61: 865-872.
- Oda M. 1995. New grafting methods for fruit-bearing vegetables in Japan. *Japan Agricultural Research Quarterly* 29:187-194.
- Oka Y., R. Offenbach, and S. Pivonia. 2004. Pepper rootstock graft compatibility and response to *Meloidogyne javanica* and *M. incognita*. *J. Nematol.* 36:137-141.
- Park K.H. 2014. A study on the establishment of raising seedling management system and legalization to enhance raising seedlings industry, Korea Rural Economy Institute, Naju, Korea.
- Park K.H., H.T. Park, and H.S. Han. 2011. A study on the current state and development strategies of raising seedlings industry, Korea Rural Economy Institute, Naju, Korea.
- Qu Y.H., X.M. Wei, Y.F. Hou, B. Chen, G.Q. Chen, and C. Lin. 2009. Analysis for an environmental friendly seedling breeding system. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation* 14:1766-1772.
- Rivero R.M., J.M. Ruiz, and L. Romero. 2003. Role of grafting in horticultural plants under stress conditions. *Food Agriculture Environ* 1:70-74.
- Rural Development Administration (RDA). 2012. Analysis standard for research in agricultural science and technology. p. 503-504 (in Korean).
- Rural Development Administration (RDA). 2016. Automatic seedling production system. *RDA Interobang* 166 (in Korean).
- Srivastava A. and R.J. Strasser. 1997. Constructive and destructive actions of light on the photosynthetic apparatus. *J Sci Ind Res* 56:133-148.
- Tikoo S. 1979. Successful graft culture of tomato in *Bacterial wilt* sick soils. *Current Science* 48:259-260.
- Tsukaya H. 2004. Leaf shape: genetic controls and environmental factors. *Int J Dev Biol* 49:547-555.
- Vu N.T., C.H. Zhang, Z.H. Xu, Y.S. Kim, H.M. Kang, and I.S. Kim. 2013. Enhanced graft-take ratio and quality of grafted tomato seedlings by controlling temperature and humidity conditions. *Protected Hort Plant Fac* 2:146-153 (in Korean).
- Yetisir H. and N. Sari. 2003. Effect of different rootstock on plant growth, yield, and quality of watermelon. *Australian J Exp Agri* 43:1269-1274.
- Zhang C.H., I.J. Chun, Y.C. Park, and I.S. Kim. 2003. Effect of timings and light intensities of supplemental red light on the growth characteristics of cucumber and tomato plug seedlings. *J Bio-Environ Con* 12:173-179 (in Korean).