

## 여름철 차광처리에 따른 토마토묘와 수박 접목묘의 생육과 생육지표간 상대적 관계

강윤임<sup>1\*</sup> · 권준국<sup>1</sup> · 박경섭<sup>1</sup> · 유인호<sup>1</sup> · 이시영<sup>2</sup> · 조명환<sup>1</sup> · 강남준<sup>3</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 시설원예시험장, <sup>2</sup>농촌진흥청 연구정책국,

<sup>3</sup>국립경상대학교 원예학과

### Changes in Growths of Tomato and Grafted Watermelon Seedlings and Allometric Relationship among Growth Parameters as Affected by Shading During Summer

Yun-Im Kang<sup>1\*</sup>, Joon Kook Kwon<sup>1</sup>, Kyoung-Sub Park<sup>1</sup>, In Ho Yu<sup>1</sup>,  
Si-Young Lee<sup>2</sup>, Myeong Whan Cho<sup>1</sup>, and Nam-Jun Kang<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Protected horticulture Research Satation, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Busan 618-300, Korea

<sup>2</sup>Director General for Olanning & Coordination, RDA, Suwon 440-760, Korea

<sup>3</sup>Department of Horticulture, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

**Abstract.** This study was conducted to examine the changes in growths of tomato and watermelon seedlings and the relationship among growth parameters which are used to evaluate healthy seedling as affected by shading. Plants were grown under 0%, 25%, 50%, and 75% shadings using polyethylene films. Leaf area index (LAI) of tomato and grafted watermelon seedlings increased under 50% and 75% shading. Total dry weight decreased with increase of shading level. The growth rates of stem diameter, LAI, total weight were faster under 50% and 75% shading with increase of integral radiation than under 0% and 25% shading. Stem diameters of tomato and grafted watermelon seedlings showed no significant differences among shading regimes. Stem diameters of tomato seedlings had upward tendency with increase of total dry weight and shoot height, but there were no significant differences among shading regimes. Stem diameters of grafted watermelon seedlings had no relationship with shoot height. These results indicate that stem diameter of tomato seedlings is not appropriate for assessing seedlings quality but stem diameter of grafted watermelon seedlings with shoot height is available.

**Key words :** dry weight, LAI, seedling quality, shoot height, stem diameter

## 서 론

육묘는 종자의 파종에서부터 이주심기까지 일정기간 동안 가장 집합한 양질의 모종을 키워내는 작업과정이다. 최근 채소의 소비량이 증가함에 따라 시설재배 면적이 증가하였으며, 육묘와 재배가 분업화되어 전문적으로 모종을 생산, 판매하는 공정육묘가 증가하는 추세이다. 양질의 묘를 연중 생산하기 위해서는 인위적인

환경관리가 필수적이므로 대부분의 공정육묘는 시설 내에서 이루어진다.

식물은 다양한 환경에 따라 생육반응이 달라지는데 (von Arnim과 Deng, 1996), 그 중 광량은 식물의 생육 전 과정에 걸쳐 크게 영향을 미친다(Clouse, 2001). 일차적으로 차광(Jefferson과 Muri, 2007), 좁은 재식간격(Lee, 2002) 등 다양한 원인으로 감소된 광량은 동화산물의 축적을 감소시켜 생육속도를 감소시킨다. 그러므로 생육예측 모델에서 생산 예측, 조절 등에 주요한 요인으로 사용되고 있다(Kobe, 1999). 또한 감소된 광량은 콩과 배추에서 활성 지베렐린 함량

\*Corresponding author: yunimy@korea.kr  
Received May 13, 2010; Revised June 30, 2010;  
Accepted October 13, 2010

을 증가시켜 길이 생장을 촉진시킨다고 보고되었으며 (Kamiya와 Jose, 1999) 적색과 원적색 비율에 못지않게 옥신, 시토키닌 등 호르몬 형성과 조절에 관여하여 식물의 형태 발달에 영향을 미친다고 보고되고 있다 (Kurepin 등, 2007).

작물의 묘소질은 정식 후 본포에서의 생육이나 수량, 품질에 큰 영향을 미치기 때문에 작물 재배에서 있어서 육묘는 매우 중요하다(Park 등, 1995; Seo 등, 2006). 양질의 묘를 나타내는 방법은 여러 연구자에 따라 조금씩 다르지만 대부분 엽면적지수, 초장, 건물중, 생체중, 경경 등을 이용하여 우량묘를 판단한다 (Kwon 등, 2003; Bayala 등, 2009; Qu 등, 2009).

본 연구는 차광을 이용한 다양한 광 수준이 토마토 묘와 수박 접목묘의 생육에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보고 차광에 의해 변화된 초장, 건물중, 경경 등의 묘소질을 판단하는 중요 생육지표간의 상관관계를 분석하여 그동안 사용된 생육지표에 대해 검토하기 위해 수행하였다.

## 재료 및 방법

이 실험은 국립원예특작과학원 시설원예시험장의 벤로형 유리온실에서 수행되었으며 시험작물은 토마토 ‘슈퍼도태랑’(*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Momotaro), 수박 대목 ‘단토스’(*Citrullus vulgaris* S. cv. Dantos), 접수 ‘달고나’(*Citrullus vulgaris* S. cv. Dalgona)를 이용하였다. 토마토종자와 수박 종자는 2009년 5월 11일에 33에서 24시간 최아시킨 이후 32공 트레이에 파종하였다. 토마토의 경우 본엽이 2매가 전개되고 엽장이 1cm가 된 후 2009년 5월 26일에 처리를 시작하였다. 수박의 경우 대목의 본엽이 출현하였을 때 접수와 합접을 하였다. 이후 접목상에 옮겨져 6일간 순화시킨 후 2009년 6월 3일에 처리하였다. 광량에 따른 생육 반응을 확인하기 위하여 육묘 베드 위에 소형터널을 설치하여 PE필름을 이용해 여러 겹으로 씌워 하루 중 누적광량을 75, 50, 25%로 조절하였으며, 시설 내 중앙부에서 측정된 실제 광량의 변화는 Fig. 1과 같다. 실험 전 기간 동안 실제 처리된 광환경을 측정하기 위하여 유효광량자속측정센서(S-LIB-M003, Onsetcomp, Bourne, MA, USA)를 이용하여 기상데이터를 수집하였다.

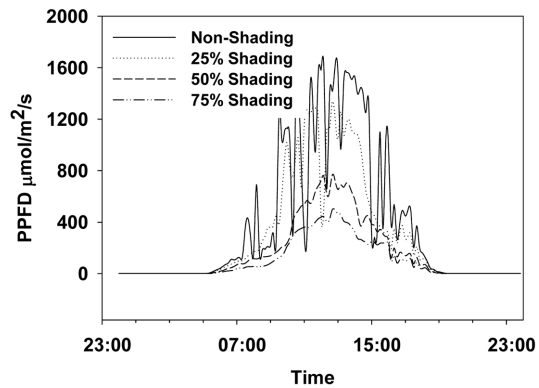


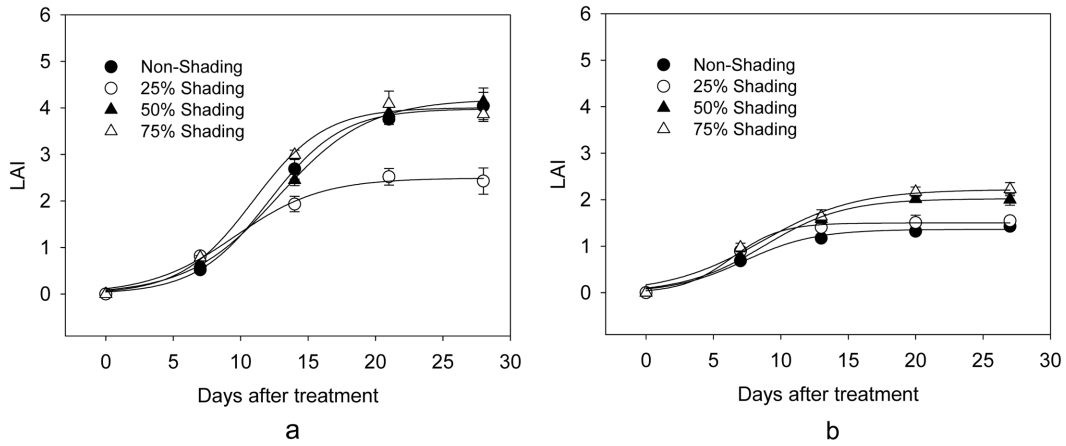
Fig. 1. Daily changes in photosynthetic photon flux density (PPFD) on different shading regimes. The Shading regimes were treated by polyethylene films of several folds.

생육특성은 처리 후 7일 경과 후 처리별로 4주씩 임의로 선택하여 조사하였으며 7일 간격으로 총 4회 조사되었다. 임의 추출된 토마토묘와 수박 접목묘의 엽면적은 각 식물마다 LI-3000 엽면적 측정기(LI-COR., Lincoln, NE, USA)를 이용하여 측정된 이후 엽면적지수(LAI)를 계산하였다. 엽면적지수는 단위면적당 엽면적을 의미하며 처리간의 생육 특성을 비교 분석하기 위하여 이용하였다. 수확 즉시 성장점까지의 길이인 초장과 지체부에서 1cm 상부의 경경을 측정 후 70°C에서 72시간을 건조시켜 건물중을 측정하였다. 실험결과는 SigmaPlot 9.0(SYSTAT, Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 표준오차를 계산하여 처리간의 차이를 비교하였다.

## 결과 및 고찰

차광처리를 이용하여 하루 중 누적광량을 달리하였을 경우 토마토묘와 수박 접목묘의 엽면적지수(LAI)는 20일 전후로 포화되는 것을 볼 수 있다(Fig. 2). 엽면적 지수는 균락형태를 설명하는 주요한 요소 중 하나이며 광합성량과 증산에 영향을 미친다(Colombo 등, 2008). 엽면적 지수는 잎의 결각, 구부러진 정도 등 형태와 주변 기상 및 지하부 환경에 따라 크게 달라진다(Chen과 Balck, 1992; Zheng과 Moskal, 2009). 토마토묘의 경우 수박에 비하여 수광태세가 좋고 엽에 결각이 많아 엽면적지수가 4에서 포화되었지만 엽의 발생 각도가 넓고 잎의 결각이 적어 수광태세가 좋지

여름철 차광처리에 따른 토마토묘와 수박 접목묘의 생육과 생육지표간 상대적 관계

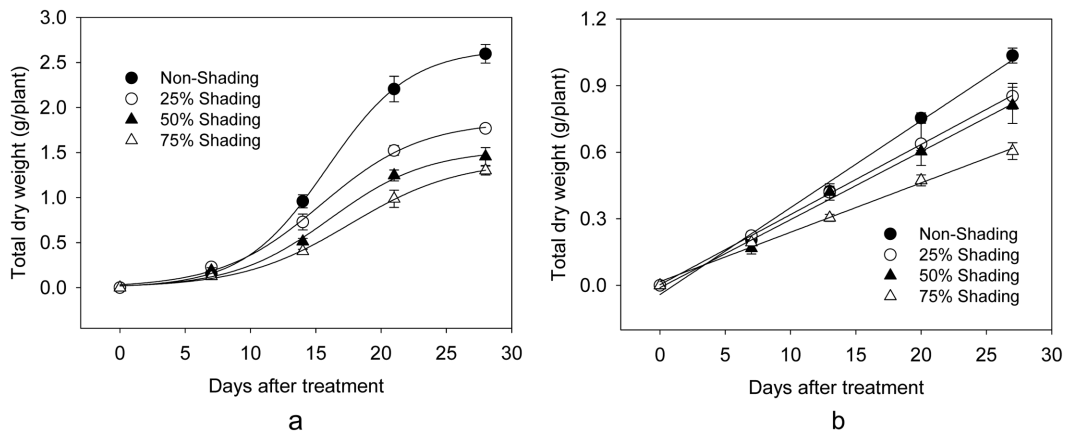


**Fig. 2.** Changes in leaf area index (LAI) of tomato (a) and grafted watermelon seedlings (b) induced by different shading regimes. Leaf area index (LAI) is defined as the one sided greenleaf area per unit ground area in broadleaf canopies. The bars represent the standard errors.

않은 수박의 경우 2 내외에서 포화에 이른 것으로 보인다. 처리 후 토마토묘와 수박 접목묘 모두 15일 내외에 엽면적 지수가 증가하는 정도가 최대 속도를 보였는데 이것은 유효기 생육속도에 대한 Hurd와 Thornley(1974)의 연구결과와 일치한다. 일반적인 식물은 순에너지포획량을 높이기 위하여 광량이 감소하면 엽면적이 넓어지고 엽의 두께가 얇아지며 전체 식물체 중 잎이 차지하는 비율을 높인다(Lusk, 2002). 토마토묘의 경우 누적광량이 적은 50%, 75% 처리의 경우 동화산물이 적음에도 불구하고 무차광처리와 거의 비슷하게 엽면적이 넓어지는 것을 볼 수 있다. 하지만 토마토묘의 경우 25%, 수박 접목묘의 경우 0%, 25%

차광처리에서 엽면적이 넓어지지 않고 엽면적이 감소하는 것으로 나타났다. 이 결과는 25% 수준의 차광은 토마토묘의 형태적인 발달에 영향을 주지 않고 다만 광량 부족으로 생육이 저하된 것으로 생각된다. 수박 접목묘의 경우 차광수준이 낮을수록 엽면적지수가 낮게 나타났으며 무차광과 25% 차광처리 간에 크게 유의한 차이가 없는 것으로 보아 토마토묘와 수박 접목묘 모두 25% 차광은 형태 발달에 영향을 주지 않는 것으로 생각된다.

건물중은 토마토묘의 경우 무차광, 25%, 50%, 75% 차광에서 각각 2.60, 1.77, 1.46 1.30g/plant, 수박 접목묘는 1.04, 0.85, 0.81, 0.61g/plant로 차광수



**Fig. 3.** Changes in total dry weights of tomato (a) and grafted watermelon seedlings (b) induced by different shading regimes. The bars represent the standard errors.

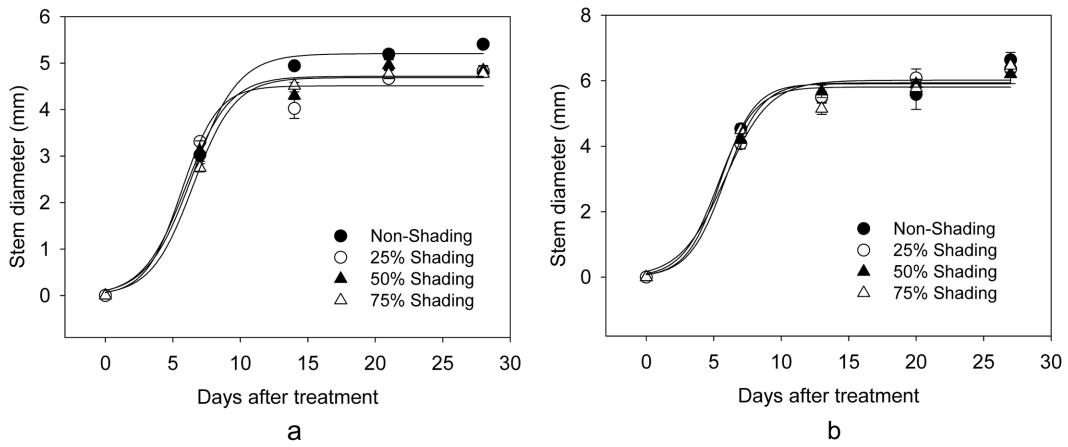


Fig. 4. Changes in stem diameters of tomato (a) and grafted watermelon seedlings (b) induced by different shading regimes. The bars represent the standard errors.

준에 따라 크게 달라지는 것으로 나타났다(Fig. 3). 광은 광합성의 필수요소로 광량의 차이는 차광처리에 따라 건물중이 달라지는 것을 볼 수 있었다. 하지만 경경의 경우 처리간의 차이가 없이 토마토묘는 5mm 내외, 수박 접목묘는 6mm 내외로 15일 전후로 급격히 증가한 후 유지되는 것을 볼 수 있었다(Fig. 4). 다양한 연구에서 경경은 육묘 과정의 짧은 기간에도 변화한다고 보고되어 왔다. 오이묘의 경우 광질을 달리하였을 경우 30일 경과 후 경경의 두께가 달라진다는 보고가 있으며(Piszczek와 Glowacka, 2008), 심한 침수처리에 의해 토마토묘의 경경이 두꺼워진다는 연구결과가 있다(Sabongari과 Aliero, 2004). 또한 이산화탄

소 시비를 할 경우에도 토마토묘의 경경의 두께가 증가하는 것으로 나타났다(Juan 등, 2007). 하지만 Madsen(1994)은 생육초기의 경경은 광 조건보다는 수분 조건에 의해 좌우된다고 보고하였다. 이 실험 결과 수분과 토양환경이 제한요소로 작용하지 않는다면 암흑조건이 아닌 생육이 가능한 광조건은 토마토묘와 수박 접목묘의 경경 발달에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

초장은 광량이 적은 높은 차광 처리에서 길어지는 것으로 나타났다(Fig. 5). 특히 수박 접목묘의 경우 75% 차광의 경우 39.7cm로 20일 이상 처리할 경우 초장이 무차광에 비하여 2배 이상 길어지는 것으로 나

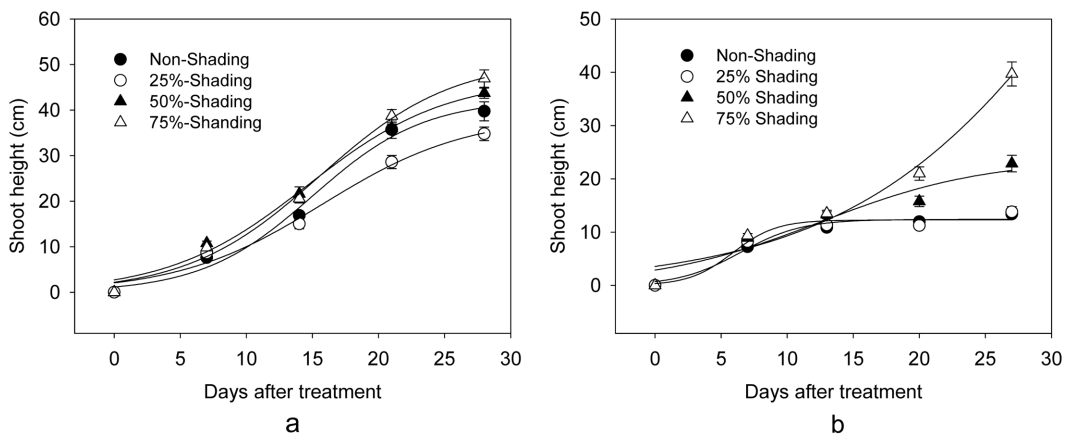


Fig. 5. Changes in shoot heights of tomato (a) and grafted watermelon seedlings (b) induced by different shading regimes. The bars represent the standard errors.

여름철 차광처리에 따른 토마토묘와 수박 접목묘의 생육과 생육지표간 상대적 관계

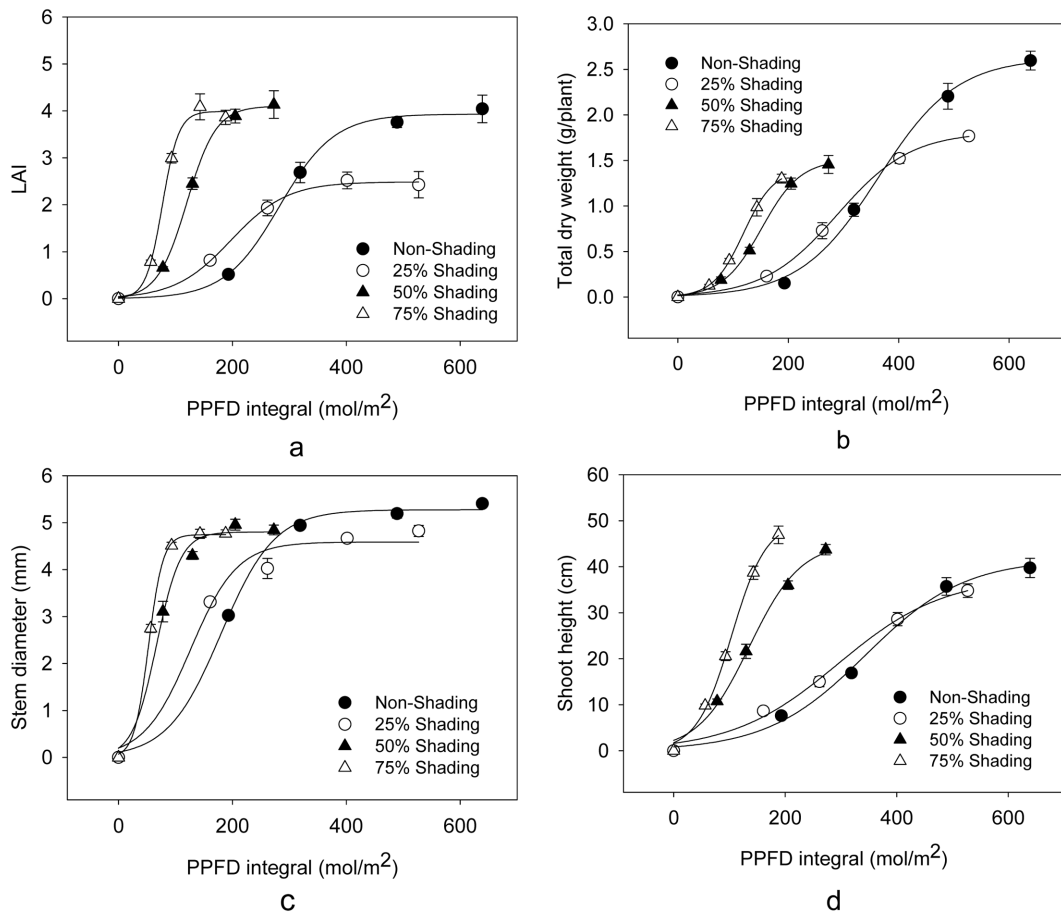


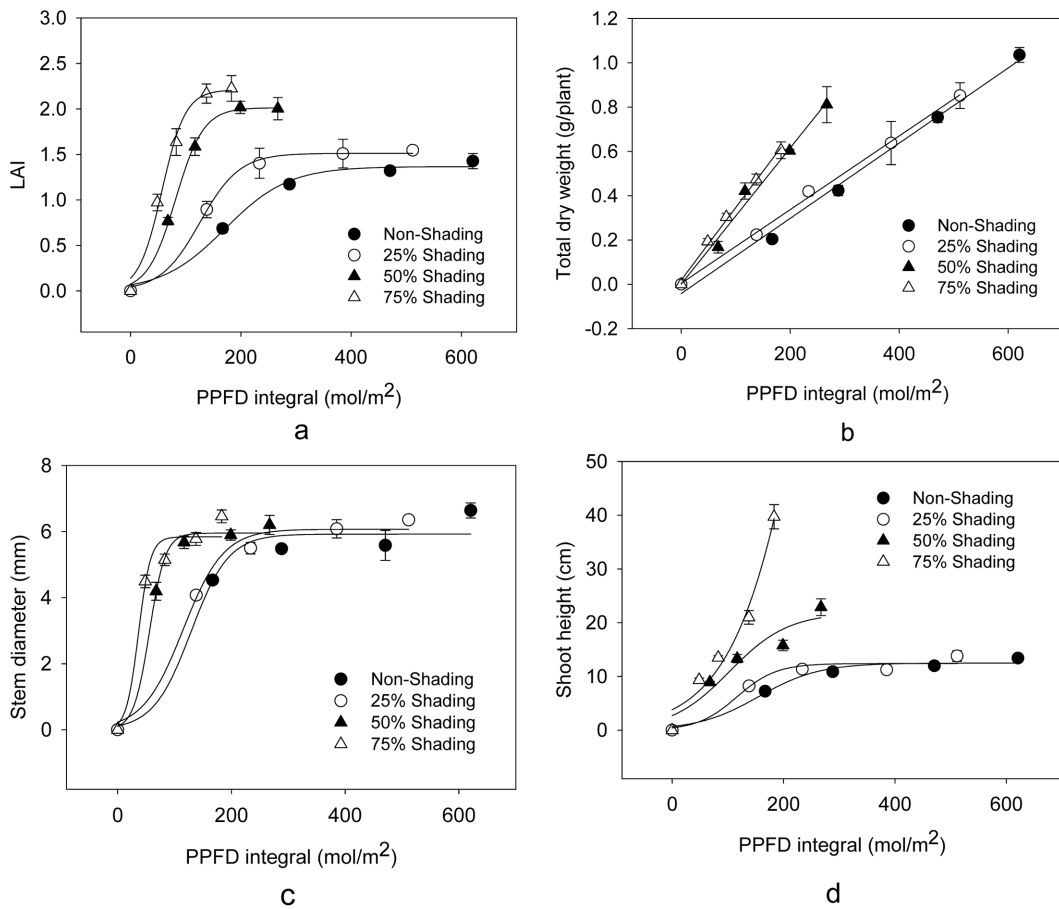
Fig. 6. Dynamics of LAI (a), total dry weight (b), stem diameter (c), and shoot height (d) of tomato seedlings as daily photosynthetic photon flux density (PPFD) integral under different shading regimes. The bars represent the standard errors.

타났다. 최근 광이 순간적인 생육, 생태를 조절하는 데 그치지 않고 누적된 광 또한 생육반응에 중요한 역할을 하고 있다는 보고가 있다(Clouse, 2001). 또한 광 질 뿐만 아니라 광량에 따라 다양한 식물호르몬의 합성, 활성조절 등이 이루어지고 관련 유전자들의 발현에 대한 연구결과들이 최근 발표되고 있다(Kurepin 등, 2007).

Fig. 6과 7은 누적광량에 따른 토마토묘와 수박 접목묘의 생육변화를 보여준다. 차광수준이 높아질수록 같은 기간 동안 누적광량이 감소한다. 엽면적지수, 건물중, 초장은 차광처리의 경우 누적광량이 적어도 빠르게 포화에 이르는 것을 볼 수 있다. 이것은 무차광에 비하여 차광을 할 경우 광 이용 효율이 높아졌기 때문이다(Lusk, 2002) 적은 양의 광을 효율적으로 이

용하는 것으로 보인다. 특히 여름철에는 높은 광량은 생육의 제한 요소로 작용할 수 있는데 Lee(2002)도 역시 여름철 차광에 의한 낮은 광량은 국화에서 광 이용 효율을 높여 누적광량에 대비 생육속도가 빨라지는 경향이 있다고 보고하였다. 이 결과 생육 초기 광에 대한 적응 능력이 낮은 시기에는 차광을 할 경우 광 이용 효율을 높여 생육 속도를 증가시키면 생육기간을 감소시킬 수 있을 것으로 예상된다. 하지만 처리 기간이 길어지면 Fig 3, Fig. 6b와 7b에서 볼 수 있듯이 높은 차광은 결국 생육의 제한요소로 작용하여 생육 후기에 갈수록 누적되는 건물량을 감소시킨다.

건묘의 판단은 정식 후 성공적인 재배를 필요하며 재배환경이나 저장에 따라 달라진 묘의 상태를 판단하



**Fig. 7.** Dynamics of LAI (a), total dry weight (b), stem diameter (c), and shoot height (d) of grafted watermelon seedlings as daily photosynthetic photon flux density (PPFD) integral under different shading regimes. The bars represent the standard errors.

기 위해 필요하다(Mattsson, 1996). 주요한 지표로는 초장, 경경, 신초와 뿌리의 생체중, 건물 중 등이 있다(Kwon 등, 2003; Bayala 등, 2009; Qu 등, 2009). Fig. 8과 9은 광량에 따른 토마토묘와 수박 접목묘의 주요 건조지표 간의 상관관계를 보여준다. 토마토묘와 수박 접목묘 모두에서 엽면적지수가 증가함에 따라 건물중이 증가하는 것을 볼 수 있다. 하지만 무차광과 25% 차광처리에서 LAI에 비하여 건물생산량이 많은 것을 볼 수 있다(Fig. 8a와 Fig. 9a). 또한, 토마토묘와 수박 접목묘 모두에서 50, 75% 차광처리에서 건물중 대비 초장이 길어지는 것으로 나타났다(Fig. 8c와 Fig. 9c). 이것은 차광수준이 증가함에 따라 건물중은 감소하고 초장은 길어지는 것을 나타내며 차광수준이 높아지면 묘 소질이 나빠지는 것을 보여준다. 하

지만 토마토묘의 경우 건묘를 결정하는 생육지표 중 경경은 건물중과 초장과 상관관계를 가지는 것으로 나타났다(하지만 처리간의 유의한 차이가 없이 단순히 경경은 초장과 건물중에 비례하여 두께가 변하는 것으로 나타났다(Fig. 8b와 Fig. 9b)). 이 결과 여름철 재배된 토마토묘에서는 경경을 묘의 소질을 판단하는데 이용하는 것은 부적절한 것으로 보여진다. 하지만 Fig. 9d에서 보는 바와 같이 수박 접목묘의 경경은 초장과 상관관계가 없는 것으로 볼 수 있다. 이것은 차광처리에 따라 경경과 무관하게 초장이 변화할 수 있다는 것을 의미하며 수박 접목묘의 경우 묘의 소질 판단 시 경경과 초장의 상관관계는 지표로 이용 가능할 것으로 판단된다.

분업화된 육묘는 최대한 짧은 시간 내에 양질묘를

여름철 차광처리에 따른 토마토묘와 수박 접목묘의 생육과 생육지표간 상대적 관계

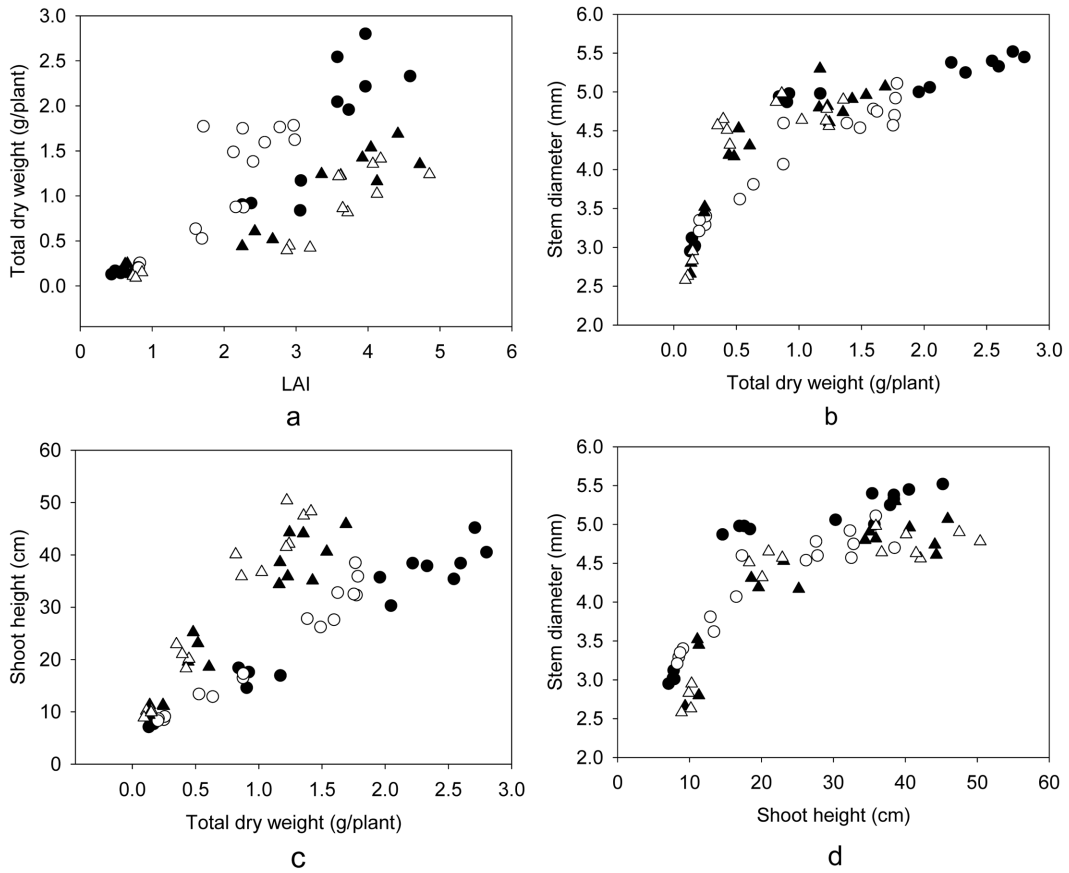


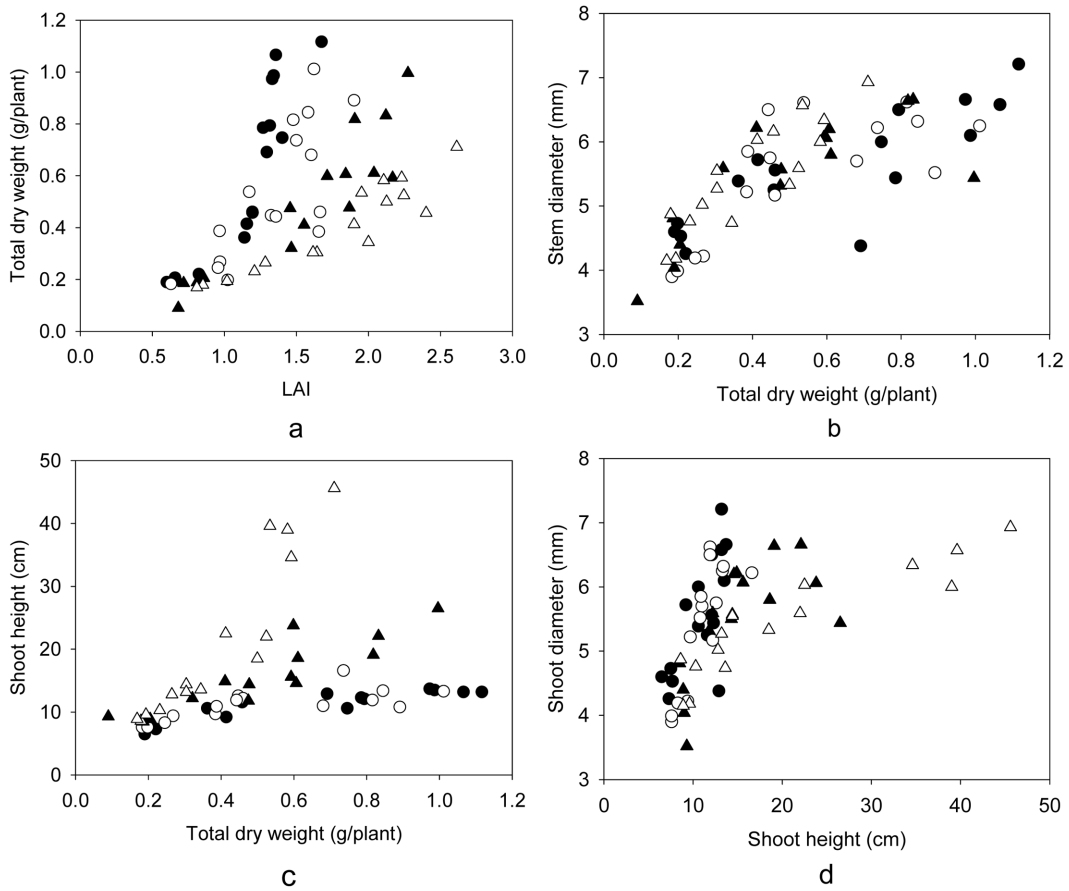
Fig. 8. Alleometric relationships between total dry weight and LAI (a), stem diameter and total dry weight (b), shoot height and (c), and stem diameter and shoot height (d) as affected by shading in tomato seedlings. Symbols indicate non-shading (●), 25% shading (○), 50% shading (▲), and 5% shading (△) regimes.

생산하는 것이 목표이다. 이 실험 결과 본엽 2매 이후 1주일간은 차광처리에 의한 생육에 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 엽면적 확보와 스트레스 감소를 위하여 본엽 발생 이후 1주일 정도 차광을 해주면 생육속도가 다소 증가할 것으로 예상되며 앞으로 이에 대한 검토가 필요할 것으로 생각된다. 또한, 25% 차광은 형태, 건물생산에 있어 크게 영향을 주지 않는 것으로 판단되므로 출하시기 조절을 위하여 차광을 실시할 때에는 차광률을 25% 이하로 하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 여름철 육묘의 경우 차광처리를 하였을 때 토마토묘의 경경에서는 처리간의 차이를 발견하기 어려웠다. 그러므로 토마토묘의 경우 여름철 육묘시 건물지수 계산이나 우량묘를 판단할 때는 초장, 건물중 위주로 살펴보고 경경은 조사 항목에서 제거하는 것도

무방할 것으로 예상된다.

## 적 요

작물의 묘소질은 정식 후 본포에서의 생육이나 수량, 품질에 영향을 미치기 때문에 작물 재배에서 있어서 육묘는 매우 중요하다. 본 연구는 차광을 이용한 다양한 광 수준이 토마토묘와 수박 접목묘의 생육에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보고 차광에 의해 변화된 초장, 건물중, 경경 등의 건묘를 나타내는 중요 생육지표간의 상관관계를 분석하여 그동안 사용된 건묘를 판단하는 지표에 대해 검토하기 위해 수행하였다. 차광은 PE 비닐을 이용하여 하루 중 누적광량을 25, 50, 75%를 감소시켰다. 50% 이상 차광할 경우 누적광량



**Fig. 9.** Alleometric relationships between total dry weight and LAI (a), stem diameter and total dry weight (b), shoot height and (c), and stem diameter and shoot height (d) as affected by shading in grafted watermelon seedlings. Symbols indicate non-shading (●), 25% shading (○), 50% shading (▲), and 5% shading (△) regimes.

에 비하여 토마토묘와 수박 접목묘의 엽면적이 크게 증가하였고 엽면적 지수가 빠르게 증가하였다. 건물중은 차광수준에 따라 감소하는 것으로 나타났다. 누적광량에 따른 토마토묘와 수박 접목묘의 생육은 무차광에 비하여 차광처리에서 빠르게 증가하였다. 토마토묘와 수박 접목묘의 경경은 차광 처리간의 큰 차이를 보이지 않았다. 토마토묘의 경우 단순히 초장과 건물중과의 상관관계가 높았지만 수박 접목묘의 경경은 초장과 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 토마토묘의 경경은 묘소질을 판단하기에는 부적절하지만 수박 접목묘의 경우 초장과 함께 경경은 묘소질 판단하는데 이용 가능할 것으로 판단된다.

**주제어 :** 건물중, 경경, 묘소질, 엽면적 지수, 초장

## 인용문헌

1. 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 Burkina Faso, West Africa. *New Forests* 38:309-322.
2. Chen, J.M. and T.A. Black. 1992. Defining leaf area index for non-flat leaves. *Plant, Cell and Environment* 15:421-429.
3. Clouse, S.D. 2001. Integration of light and brassinosteroid signals in etiolated seedling growth. *Trends in Plant Science* 6(10):443-445.
4. Colombo, R., M. Meroni, A. Marchesi, L. Busetto, M. Rossini, C. Giardino, and C. Panigada. 2008. Estimation of leaf and canopy water content in poplar plantations by means of hyperspatial indices and inverse modeling. *Remote Sensing of Environment* 112:1820-



- 1834.
5. Hurd, R.G. and J.H.M. Thornely. 1974. An analysis of the growth of young tomato plants in water culture at different light integrals and CO<sub>2</sub>. *Annals of Botany* 38:375-388.
  6. Jefferson, P.G. and R. Muri. 2007. Competition, light quality and seedling growth of russian wild rye grass (*Psathyrostachys juncea*). *Acta Agronomica Hugarica* 55(1):49-60.
  7. Juan, L.I., J. Zhou, and Z. Duan. 2007. Effects of elevated CO<sub>2</sub> concentration on growth and water usage of tomato seedlings under different ammonium/nitrate ratios. *Journal of Environmental Sciences* 19:1100-1107.
  8. Kamiya, Y. and L.G.M. Jose. 1999. Regulation of gibberellin biosynthesis by light. *Current Opinion in Plant Biology* 2:398-403.
  9. Kobe, R. 1999. Light gradient partitioning among tropical tree species through differential seedling mortality and growth. *Ecology* 80(1):187-201.
  10. Kurepin, L.V., R.G.N. Emery, R.P. Pharis, and E.M. Reid. 2007. Uncoupling light quality from light irradiance effects in *Helianthus annuus* shoots: putative roles for plant hormones in leaf and internode growth. *Journal of Experimental Botany* 58(8):2145-2157.
  11. Kwon, J.K., J.C. Park, J.H. Lee, D.K. Park, and Y.H. Choi. 2003. Effect of UV-B irradiation on overgrowth retardation of plug-grown fruit vegetable transplant. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 44(4):458-463.
  12. Lee, J.H. 2002. Analysis and simulation of growth and yield of cut chrysanthemum. PhD Diss., Wageningen Univ. pp. 40-41.
  13. Lusk, C.H. 2002. Leaf area accumulation helps juvenile evergreen trees tolerate shade in a temperate rainforest. *Oecologia* 132:188-196.
  14. Madsen, P. 1994. Growth and survival of *Fafus sylvatica* seedlings in relation to light intensity and soil water content. *Scandinavian Journal of Forest Research* 9:316-322.
  15. Mattsson, A. 1996. Predicting field performance using seedling quality assessment. *New Forests* 13:223-248.
  16. Park, H.J., D.H. Chung, S.G. Kim, and B.S. Kwon. 1995. Influences of Sowing Time and Nursery Period on Growth and Yield of *Perilla frutescens* BRITTON var. *acuta* KUDO. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 3(1):1-4.
  17. Piszczek, P. and B. Glowacka. 2008. Effect of the colour of light on cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings. *VEGETABLE CROP RESEARCH BULLTIN* 68:71-80.
  18. 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(4): 1766-1772.
  19. Sabongari, S. and B.L. Aliero. 2004. Effect of soaking duration on germination and seedling growth of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill). *African Journal of Biotechnology* 3(1):47-51.
  20. Seo, J.U., J.M. Hwang, and S.M. Oh. 2006. Effects of night temperature treatment of raising seedlings before transplanting on growth and development of pepper. *Journal of Bio-Environment Control* 15(2):149-155.
  21. von Arnim, A. and X.W. Deng. 1996. Light control of seedling development. *Annual review of plant physiology and plant molecular biology* 47:215-243
  22. Zheng, G. and L.M. Moskal. 2009. Retrieving Leaf Area Index (LAI) Using Remote Sensing: Theories, Methods and Sensors. *Sensors* 9:2719-2745.