

PLANT&FOREST

Light intensity inside plastic house influences the growth and nutrient uptake of daughter plants in nursery and early stages after transplanting in strawberry propagation

Gab Soon Park¹, Hyoung Je Yoo¹, Gil Hwan Bae¹, Seung Ho Jeong¹, In Sook Park², Jong Myung Choi^{2*}

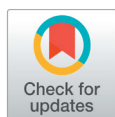
¹Buyeo-gun Agriculture Technology Center, Chungnam 33119, Korea

²Department of Horticultural Sciences, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

*Corresponding author: choi1324@cnu.ac.kr

Abstract

The effect of varied light intensities on the growth of daughter plants during propagation and after transplant to raised beds were examined in ‘Sulhyang’ strawberry. To this end, four treatments in controlling solar radiation inside a plastic house were made: 55% retractable shading and 35, 55, and 75% fixed shading. The plastic house was shaded only from 11:00 to 16:00 in June and 10:00 to 16:00 in July to September for the treatment of 55% retractable shading. The mean solar radiation inside the plastic house in the retractable 55% shading treatment was 317 W·m⁻² and those in the 35, 55, and 75% fixed shading treatments were 183, 165, and 116 W·m⁻², respectively, at 10 o'clock in the morning. The 55% and 75% fixed shading resulted in taller daughter plants with wider leaf areas than 55% retractable shading. The retractable shading also showed higher leaf numbers, crown diameters, root weights, and fresh weights compared to fixed shading treatments. Regarding the inorganic element contents, daughter plants grown under 75% fixed shading had 1.35% total nitrogen content followed by 1.19% in 35% fixed shading, 1.14% in 55% fixed shading, 1.14% in open culture, and 1.10% in 55% fixed shading. After 54 days following the transplant of daughter plants to a raised bed, the fresh weight of the aboveground part was the heaviest in the 55% retractable shading and non-shading treatments. The 75% fixed shading treatment had the lowest fresh weight of the aboveground plant parts. The results of this study could be used for the production of high-quality daughter strawberry plants.



OPEN ACCESS

Citation: Park GS, Yoo HJ, Bae GH, Jeong SH, Park IS, Choi JM. Light intensity inside plastic house influences the growth and nutrient uptake of daughter plants in nursery and early stages after transplanting in strawberry propagation. Korean Journal of Agricultural Science 49:697-706. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20220064>

Received: May 16, 2022

Revised: September 06, 2022

Accepted: September 13, 2022

Copyright: © 2022 Korean Journal of Agricultural Science



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Key words: fresh weight, insolation, plant height, root weight, sun shade

Introduction

딸기 육묘과정의 다양한 환경 요인들이 묘 소질에 영향을 미치며, 묘 소질 차이는 1화방 개화 시기와 수확량 그리고 2화방 수확량에 큰 영향을 미친다(Kim et al., 2012). 육묘 중 또는 육묘 후 딸기 묘의 품질은 묘령, 관부직경, 생체중, 근중, T/R율, 무병묘, 화아분화 유무 등 다양한 항목을 적용하여 판단한다(Faby, 1997; Cocco et al., 2010). 특히 관부가 굵고 뿌리 생장량이

많은 자묘(daughter plant)의 경우 식물체내 양분 저장량이 많으며, 정식 후 묘의 생장이 왕성하여 보편적으로 1화방 및 2화방의 상품과 수확량이 많은 특징을 보인다(Jang et al., 2009; Song, 2010). 국내의 딸기 재배농가가 유인육묘 방법으로 고품질 자묘를 번식시키기 위해서는 육묘용 하우스 내부에 3월 중순경 모주를 정식하고, 6월 말까지 자묘받기를 완료하며, 7월부터 양·수분 조절을 통해 생장을 촉진시킨다. 그리고 8월 중순경부터 화아분화를 위한 시비 및 온도 관리 등을 하며, 6 - 8월의 고온기를 거치면서 자묘 확보, 생장 촉진 및 화아분화가 이루어진다. 특히 늦봄과 여름철에는 시설하우스 내부로 유입되는 일사량이 증가하여 시설 내부 온도가 상승하는 원인이 된다. 아울러 시설 내부로 유입되는 광의 양과 질 자체가 묘 생장에 큰 영향을 미치고, 육묘를 위한 점적테이프 등 관수 자재의 온도를 지나치게 상승시켜 이와 접촉하는 식물 부위를 괴사시키므로 고품질묘 생산을 위해서는 인위적인 환경 관리가 필요하다(Cockshull, 1992; Papadopoulos and Xiuming, 1997; Baille, 1999).

시설 내부의 온도 상승을 막기 위해서 적극적으로 Pad and Fan 또는 Fog and Fan 방법 등이 적용될 수 있지만 냉방 시설의 설치 및 유지에 과도한 비용이 소요되는 단점을 갖는다(Nelson, 2012). 따라서 국내의 딸기 육묘 농가들은 시설 외부의 차광과 함께 내부에 환기 및 유동팬 등을 설치하여 온도 상승을 억제하려는 소극적인 방법을 적용하고 있다. 국내의 딸기 육묘과정은 시설하우스 외피복 위에 차광망을 덮는 고정식 차광 방법이 보편적으로 적용되고 있으며, 차광률이 다른 다양한 차광자재가 사용되고 있고, 차광률이 과도하게 높을 경우 육묘 중인 묘의 광합성 부족, 웃자람 등 묘소질에 악영향을 미친다(Lee et al., 2016; Woo, 2000). 차광과 관련하여 Myoung 등(2008)과 Kang 등(2011)은 고온기에 온도를 낮추는 것도 중요하지만 과도한 차광은 오히려 유입 광량 부족으로 생장에 불리하게 작용할 수 있으므로 작물별로 유입 광량의 적정 수준에 대한 연구가 필요하다고 하였다. 아울러 An 등(2010)은 차광자재를 이용하는 방법은 일부의 복사광을 차단하면서 일부의 복사광을 투과시킬 수 있으므로 유입 광량 조절을 통해 생장을 조절하는 것이 가능할 수 있다고 보고한 바 있다.

한편, 국내·외에서 재배되는 대부분 딸기 품종의 영양번식 과정에서 모주 뿌리를 둘러싼 상토 pH가 낮아지는 경향을 보인다. 특히 국내에서 육성되고 국내 딸기 재배면적의 85% 이상을 점유하는 '설향' 딸기는 칼슘(Ca) 결핍증상이 자주 발생하는 대표적 품종이며, 심한 경우 모주 뿌리를 둘러싼 상토의 pH가 약 4.0정도까지 낮아진다. 이로 인해 tip-burn (Nam et al., 2019)이라고 표현되는 Ca 결핍증상이 런너(runner)에 착생한 자묘의 옆에 발생할 뿐만 아니라 생장하는 런너의 끝부분이 괴사하여 자묘 발생 숫자 감소 및 이미 발생한 자묘의 생육 불량률의 원인이 되고 있다.

고온기에 시설 내부로 입사하는 일사량의 차이가 재배 중인 식물체의 무기원소 흡수량에 영향을 미친다고 다수의 연구 결과가 보고된 바 있다(Terabayashi et al., 1991; Ainun et al., 2018; Zhou et al., 2019; Hachemi et al., 2021; Xu et al., 2021). 그러나 딸기 육묘과정에서 관행적으로 이루어지는 차광으로 인해 발생하는 무기원소 흡수량 차이에 관해서는 보고된 연구결과가 없으며, 농가에서 참고하여 시행착오를 줄일 수 있도록 관련 연구 결과가 시급하다고 생각한다.

이상과 같은 배경을 고려할 때 딸기 육묘기간 중 차광률과 자묘 생육과의 관계에 관한 연구가 수행되어 결과가 도출된다면 육묘 현장에서 적용할 수 있을 것으로 판단하였다. 따라서 고품질묘 생산을 위한 연구의 일환으로 딸기 육묘하우스의 차광 방법과 차광률이 딸기 묘 생장과 무기원소 흡수에 미치는 영향에 관한 기초 자료를 확보하고자 본 연구를 수행하였다.

Materials and Methods

동서 방향으로 위치하고 측창 및 천창이 개방되는 폭 8.2 m × 높이 3.8 m의 단동형 비닐하우스에서 2020년 3월부터 11월까지 본 실험을 수행하였다. 실험용 하우스에는 지상으로부터 0.85 m 높이에 폭이 1.8 m인 육묘실험용 고설벤치가 설치되었고, 벤치의 중앙에는 23 cm × 100 cm × 15 cm (가로 × 세로 × 높이)인 모주 정식용 베드를 위치시키고 딸기재배용 참그로 혼합상토(Cham Grow, Inc., Hongsung, Korea)를 충전하였다. 상토 충전 후 2020년 3월 12일 두 줄로 ‘설향’ 딸기 모주를 정식하였으며, 각 줄의 식물체 정식 간격은 16.5 cm로 조절하였다.

모주 정식 후 한국원시배양액(N-P-K-Ca-Mg-S = 13-3-6-6-3-3 me·L⁻¹)의 조성을 갖도록 조절된 양액을 1일 3회 공급하였는데 기상 조건에 따라 양액 공급 횟수를 변화시켰고, 3월 하순부터 8월 중순까지 공급액의 전기전도도 (electric conductivity, EC)를 0.5 - 0.7 dS·m⁻¹ 범위로 조절하였다. 4월 중순경 딸기육묘용 27공 플라스틱 플러그 트레이(Daeseung, Jeonju, Korea)에 혼합상토(펄라이트 30% + 코코피트 70%, v·v⁻¹)를 충전하고 모주 재배용 포트 좌우에 위치시켰다. 4월 하순부터는 모주에서 발생하는 런너에 착생한 자묘를 순차적으로 혼합상토 위로 유인하고 플라스틱 핀으로 상토에 고정시켰다.

일사량 조절을 위한 처리가 시설하우스 내부로의 유입 광량 변화, 온도 및 습도 변화 등 환경 조건에 미치는 영향과 육묘 중인 묘의 생육에 미치는 영향을 구명하기 위해 6월 1일부터 8월 31일까지 차광률이 다른 차광망(Black, Samheung Inc., Goryeong, Korea)을 설치하여 실험하였다(Fig. 1A). 실험은 55% 차광망을 사용하여 차광과 개방을 변화시킨 55% 개폐 처리(retractable shading)와 75, 55% 및 35% 차광망을 하우스 외피복 자재 위에 고정피복하여 시설하우스 내부 일사량을 조절한 75% 처리, 55% 처리 및 35% 처리(fixed shading)를 두어 실험하였다. 55% 개폐 처리의 경우 6월에는 오전 11시, 7 - 8월에는 오전 10시에 차광하였고 오후 4에 다시 개방하였다. 또한 광 조절 처리별 각각의 일사량센서(PYRARNO-70, Mirae Sensor, Kwangmyung, Korea) 및 온도센서(SHT-110, Mirae Sensor, Kwangmyung, Korea)를 설치하여 6월 1일부터 8월 31일까지 오전 7시에서 오후 6시 사이의 평균 일사량과 온도변화를 조사하였다(Fig. 1B and C). 본 연구에서 시설 내·외부의 일사량 측정결과는 전 파장범위를 대상으로 에너지 단위인 W·m⁻²로 나타내었다.

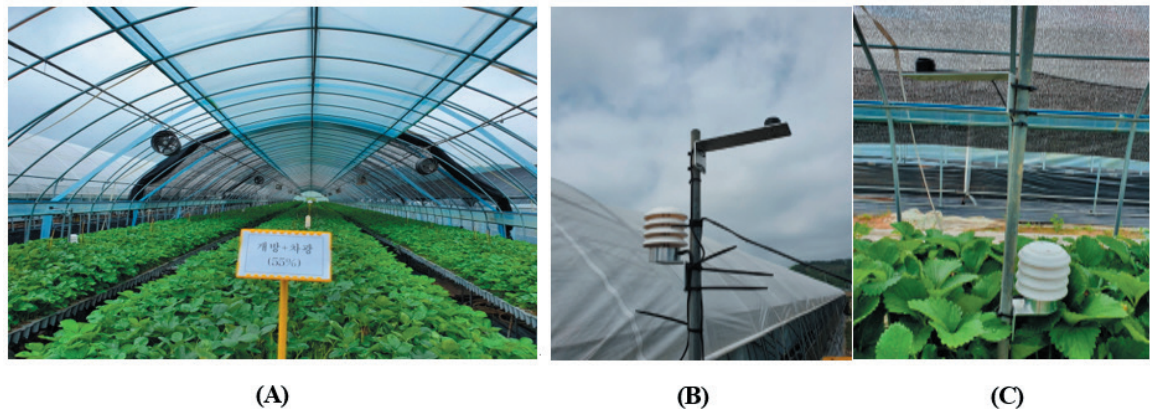


Fig. 1. Photos showing (A) the shading curtain, (B) solar irradiance sensors, and (C) temperature sensor.

6월 하순까지 자묘 유인을 완료하였고 7월 1일부터는 자묘에 대한 관수를 시작하여 발근을 유도하였다. 7월 10일부터 8월 10일까지 양액(모주양액과 동일)을 EC 0.5 - 0.6 dS·m⁻¹ 범위 내에서 4 - 5일 간격으로 공급하였으며, 8월 15일 모주와 자묘를 연결하는 런너를 절단하여 자묘를 모주로부터 분리시켰다. 9월 5일 육묘 완료 후 자묘의 초장, 엽수, 관부직경, 근중, 생체중 및 엽면적(LI-3100, Area meter, LI-COR Inc., Lincoln, USA)을 측정하였다. 육묘한 자묘의 잎을 채취하여 전 질소(T-N), 인산(P), 칼륨(K), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 철(Fe) 및 붕소(B) 함량을 분석하였으며 분석 방법은 RDA (2003) 방법을 따랐다. 9월 12일 자묘를 주간 16.5 cm (2조식)로 본포에 정식한 후 11월 5일에 초장, 엽수, 엽폭, 엽장, 지상부 생체중을 조사하였다. 시험구는 완전임의배치 3반복으로 하여 딸기표준영농교본(RDA, 2019)에 준해서 관리하였다. 수집한 데이터의 통계분석은 SAS 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하여 Duncan의 다중검정(Duncan's multiple range test, $p < 0.05$)을 하여 처리 간 차이를 비교하였다.

Results and Discussion

6월 1일부터 8월 31일까지 차광처리에 따른 시설하우스 내부의 일사량 변화를 측정하여 Fig. 2에 나타내었다. 오전 10시 외부일사량이 398 W·m⁻²일 때, 시설 내부 일사량이 55% 개폐처리는 317 W·m⁻²까지 낮아졌으며, 35, 55% 및 75% 지속차광 처리는 각각 183, 165 W·m⁻² 및 116 W·m⁻²로 측정되었다. 55% 개폐처리는 오전 11시부터 오후 4시까지의 시간에만 차광을 하는 이유로 인해 오전 11시 이전에는 모든 처리구 중 가장 높은 일사량을 유지하였다가 차광을 하는 시간대인 오전 12시에는 220 W·m⁻²로 낮아졌고, 오후 4시 이후에는 차광망을 다시 걷음으로 인해 일사량이 소폭 상승하였다. 35, 55% 및 75% 지속차광 처리들은 오전 중 일사량이 서서히 높아지기 시작하여 오전 12시부터 오후 1시 사이에 가장 높은 상태를 유지하다가 이후 완만하게 낮아졌다. 지속차광 처리의 경우 차광자재의 차광률이 35, 55% 및 75% 순으로 높아짐에 따라 시설 내부의 일사량은 일정하게 낮아지는 경향으로 나타났다. Woo (2000)는 외부 일사량이 900 W·m⁻²일 때 시설 내부의 일사량이 무차광은 17% 감소하고, 차광률이 40%인 은색 알루미늄 스크린을 고정피복한 시설하우스는 45% 감소했다고 보고한 바 있다. 그의 보고는 차광자재의 차광률에 따라 시설 내부 일사량의 차이가 발생하는 것에 관한 본 연구 결과에 관하여 논리적 뒷받침이 된다고 생각한다.

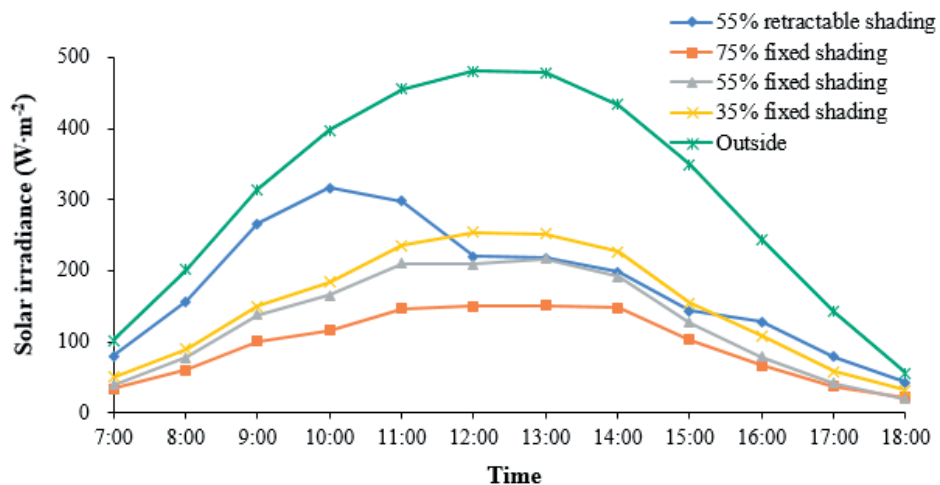


Fig. 2. Changes in solar radiation outside and inside of plastic house as influenced by various shading rates and methods. The values in solar radiation were the means from June 1 to August 31, 2020.

광 조절 처리별 시설 내·외부의 온도 변화도 일사량 변화와 유사한 경향을 나타내었다(Fig. 3). 오전 8시 이후부터 모든 처리의 온도가 상승하였으며 실험기간 동안 오전 10시에 측정된 평균 온도가 55% 개폐식차광은 29.0°C로, 35, 55% 및 75% 지속차광은 각각 28.0, 27.8°C 및 27.3°C로 측정되었다. 55% 개폐식 차광 처리는 오전 7시부터 12시까지 높은 온도를 유지하다가 12시 이후부터는 35% 지속차광 처리보다 낮아졌다. 35% 지속차광 처리는 12시부터 오후 16시까지의 온도가 모든 처리 중 가장 높았고, 오후 1시에는 30.5°C 였다. 55% 및 75%로 지속차광한 두 처리는 35% 지속차광한 처리보다 시설 내부의 온도가 상대적으로 낮았으며, 75% 지속차광 처리의 온도가 가장 낮았다. 시설 내 대기온도가 광 투과율에 직접적인 영향을 받는다고 보고된 바 있는데(Shimachi, 1998; Kwon et al., 2001), 본 실험의 시설 내부 일사량 조절 처리별 온도 차이가 발생한 원인도 차광률 차이에 따라 시설 내부로 유입되는 광량에 영향을 주었기 때문으로 판단하였다. 특히 오전 중 일사량은 55% 개폐처리가 지속차광한 모든 처리보다 뚜렷하게 높았지만(Fig. 2), 외부를 포함한 모든 처리에서 온도 차이는 적었다. 이는 Lee 등(2016)이 보고한 외부온도가 27.7°C일 때 흑색차광망 35%와 차광도포제 35% 처리 시 시설 내 온도가 각각 35.1°C 및 38.4°C였다는 보고와 다른 경향이었는데 실험 기간인 6월 하순부터 8월 중순까지 이어진 긴 장마의 영향으로 처리별 온도 차이가 다소 적었다고 사료되었다.

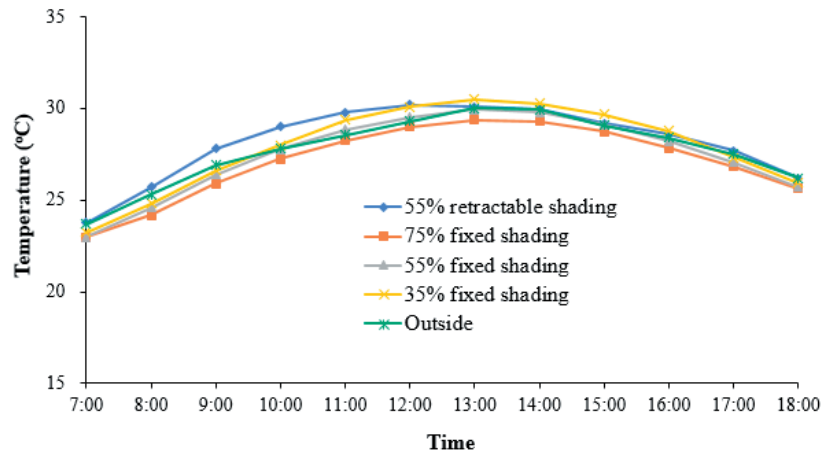


Fig. 3. Changes in the temperature outside and inside of plastic house as influenced by various shading rates and methods. The values in temperature were the means from June 1 to August 31, 2020.

육묘 완료한 후 광 조절 처리별 자묘의 생육을 조사한 결과 초장과 엽면적은 75% 및 55% 지속차광한 처리에서 가장 크거나 넓었다(Table 1). Cocco 등(2010)은 엽수, 관부직경, 근중 및 생체중을 조사한 결과를 근거로 고품질묘를 판단하고자 하였으며, 그들의 기준을 적용할 때 55% 개폐식 차광처리에서 생장이 가장 우수하였다. 본 실험에서 75% 지속차광 처리의 자묘는 다른 처리보다 지상부 성장량이 많은 반면 뿌리 생장이 저조하였고, 근중이 5.0g으로 모든 처리 중 가장 가벼웠다. 이와 관련하여 Lee (2013)와 Tsukaya (2005)는 광도가 낮은 조건에서 재배된 식물체는 초장이 커지고 엽면적이 증가하는 등 지상부 생장이 증가하는 반면 지하부 생장이 저조하다고 보고한 바 있으며 본 연구에서도 유사한 경향을 보였다고 판단한다. 반면 35% 지속차광 처리는 다른 처리보다 지상부 엽면적과 생체중이 적거나 가벼웠지만 근중은 75% 지속차광 처리보다 무거웠다. 딸기 육묘에서 고품질묘는 묘령, 관부직경, 생체중, 근중 및 T/R을 등을 기준으로 판단한다(Cocco et al., 2010). 적당한 광 환경 조건에서 딸기를 육묘할 경우 광합성 작용을 증가시키고 생성된 동화산물이 뿌리로 더 많이 전류되므로써 뿌리 생장이 비교적 양호하며 다수의 논문이 관련 내용을 보고하였다(Udagawa et al., 1989; Kim et al., 2017). 그러나 시설 내부로 입사되는 일사량이

지나치게 많을 경우 자외선에 의한 식물체 스트레스 증가와 시설 내부의 온도가 상승하면서 호흡량 증가가 원인이 된 생장억제 현상이 발생한다고 보고된 바 있다(Faby, 1997; Cocco et al., 2010). 본 연구의 55% 개폐식 차광처리에서 자묘의 엽수, 관부직경, 근중 및 생체중 등 조사항목에서 가장 우수하였던 결과는 육묘기간 중 적절한 수준의 광량이 시설 내부로 유입됨에 따라 자묘 생육에 긍정적인 영향을 미쳤다고 판단한다.

Table 1. Growth characteristics of daughter plants of ‘Sulhyang’ strawberry as influenced by shading rates and methods in the raising period^y.

Shading rate and method	Plant height (cm)	Number of leaves	Leaf area (cm ² ·plant ⁻¹)	Crown diameter (mm)	Fresh weight (g·plant ⁻¹)	
					Root	Shoot
55% retractable ^z	28.4b	5.1a	354ab	8.8a	7.3a	20.1a
75% fixed	34.9a	4.3b	367a	7.3b	5.0c	18.0a
55% fixed	32.8a	4.4b	365a	7.7b	5.7b	18.4a
35% fixed	26.6b	4.3b	288b	6.9b	5.8b	14.8b

^y Date of investigation: Sept 5, 2020.

^z Shading time: 11:00 - 16:00 in June and 10:00 - 16:00 in July to September.

a, b: Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

정식하기 전 육묘 완료한 딸기 자묘의 무기원소 함량을 위해 엽분석을 하고 그 결과를 Table 2에 나타내었다. 총 질소 함량은 지상부 생장량이 가장 적었던(Table 1) 75% 차광처리에서 1.35%로 유의하게 높았고, 55% 개폐차광 처리와 55% 지속차광 처리가 각각 1.14% 및 1.10%로 유의하게 낮았다. 차광처리에 따른 잎의 P 및 Mg 함량은 통계적 차이가 인정되지 않았다. 그러나 K 함량은 35% 지속차광 처리에서 2.56%로 가장 높았고, Ca 함량은 75% 차광처리에서 0.99%로, 그리고 B는 55% 차광처리에서 60 mg·kg⁻¹로 다른 처리보다 높았다.

Zhou 등(2019)과 Ainun 등(2018)은 광도가 낮을 경우 광합성량 부족으로 지상부 생장이 저조하여 식물체의 N, P, 및 K 함량이 높아지지만 일정한 수준까지 광도가 증가할 경우 희석효과로 인한 무기원소 함량이 낮아지고 적절한 수준 이상으로 광도가 높아지면 오히려 지상부 생장이 저조하여 식물체 N, P 및 K 함량이 증가한다고 하였다. 한편 Xu 등(2021)은 일정 수준까지 광도가 높아질 때 *Gracilaria* 식물의 NO₃-N, NH₄-N 및 PO₄-P 흡수량이 증가하고, 광도가 낮아질 때 NO₃-N 흡수량이 감소한다고 보고하였으며, 그러나 적절한 광도는 작물이나 품종에 따라 다르다고 보고한 바 있다. 그들은 또한 광도 차이로 인한 무기원소 흡수량 차이는 작물에 따라 반응이 다르게 나타나며 일정 수준까지 광도가 증가할 경우 광합성량 증가 및 뿌리로의 광합성 산물 이동량이 증가하여 뿌리에서의 NO₃-N 흡수의 유전자 발현이 증가한다고 하였다. 비원형질 경로(apoplast)를 통해 흡수되는 Ca, Mg 및 B 등은 일정 수준까지 광도가 높아질 경우 증산량이 증가하고 apoplast를 통한 물과 이온 흡수 및 이동량이 증가하여 식물체내 함량 증가의 원인이 된다고 Sonneveld와 Voogt (2009)가 보고한 바 있지만 본 연구의 Ca 함량은 그들의 보고 내용과 다른 경향을 보였고, Mg 함량은 경향이 뚜렷하지 않았으며, 육묘기간 중 장기간 장마에 노출된 것이 차이가 발생하지 않은 원인이 되었다고 생각된다.

일사량을 조절하여 육묘한 딸기묘를 본포에 정식한 후 재배하면서 1화방 개화기에 지상부 생장량을 조사하여 Table 3에 나타내었다. 초장은 35% 지속차광 처리가 26.7 cm로 가장 컸고, 55% 개폐 처리와 55% 지속차광 처리는 각각 25.5 cm 및 25.3 cm로 조사되었고, 75% 지속차광 처리는 24.0 cm로 가장 작았으며 처리 간 통계적 차이가 인정되었다. 식물체당 엽수는 6.0 - 7.3매의 범위로, 엽장은 11.6 - 12.0 cm의 범위로, 그리고 엽폭은 9.5 - 10.2 cm의 범위로 조사되었다. 그러나 육묘 기간 중 일사량 조절 처리가 정식한 묘의 1화방 개화시기의 엽수, 엽장 및 엽폭에 뚜렷한 영향을 미치지 않았고, 처리 간 통계적 차이도 인정되지 않았다.

Table 2. Leaf mineral contents of the seedlings of ‘Sulhyang’ strawberry as influenced by various shading rates and methods in the raising period^y.

Shading rate and method	T-N	P	K	Ca	Mg	B
	(%)					
55% retractable ^z	1.14c	0.20a	1.98b	0.96a	0.39a	60a
75% fixed	1.35a	0.23a	2.21b	0.99a	0.42a	53b
55% fixed	1.10c	0.21a	2.20b	0.91b	0.40a	45c
35% fixed	1.19b	0.21a	2.56a	0.97a	0.42a	54b

T-N, total nitrogen; P, phosphate; K, potassium; Ca, calcium; Mg, magnesium; B, boron.

^y Date of investigation: Sept 5, 2020.

^z Shading time: 11:00 - 16:00 in June and 10:00 - 16:00 in July to September.

a - c: Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Duncan’s multiple range test ($p < 0.05$).

Table 3. Growth of ‘Sulhyang’ strawberry 54 days after transplanting as influenced by various shading rates and methods in the raising period of seedlings from June 1 to Sept. 10, 2020^y.

Shading rate and method	Plant height (cm)	Number of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Shoot fresh weight (g)	Flowering rate (%)
55% retractable ^z	25.5b	7.3a	12.0a	10.0a	76.1a	93.3a
75% fixed	24.0c	6.0a	11.8a	9.9a	53.0c	90.0a
55% fixed	25.3b	6.7a	11.6a	9.5a	64.5b	96.7a
35% fixed	26.7a	7.0a	11.7a	10.2a	63.4b	90.0a

^y Date of investigation: Sept 5, 2020.

^z Shading time: 11:00 - 16:00 in June and 10:00 - 16:00 in July to September.

a - c: Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Duncan’s multiple range test ($p < 0.05$).

1화방 개화기의 지상부 생체중은 55% 개폐식 차광처리 한 구에서 식물체당 76.1 g으로 유의하게 무거웠고, 35% 및 55% 지속차광 처리가 각각 63.4 g 및 64.5 g였으며, 75% 지속차광 처리는 53.0 g으로 다른 처리들보다 유의하게 가벼웠다. 육묘 중인 딸기묘는 광합성을 통해 합성된 탄수화물을 관부와 뿌리에 저장하며 관부가 잘 비대되고 뿌리 발달량이 많은 자묘가 저장물질량이 많고, 이로 인해 정식 후 초기 생장 및 1화방 수확량이 많은 것으로 알려져 있다(Udagawa et al., 1989). 차광방법에 영향을 받은 자묘의 생장을 정식 전 조사하여 Table 1에 나타낸 바와 같이 55% 개폐식 차광처리의 관부직경, 지하부 및 지상부 생체중이 가장 굵거나 무거웠고, 통계적으로 뚜렷한 차이가 인정되었다(Fig. 4). 따라서 탄수화물 축적량이 많은 55% 개폐식 차광처리의 정식 후 생장이 우수하였고, 차광률이 가장 높았던 75% 고정식 차광 처리의 생장이 가장 저조하였다.

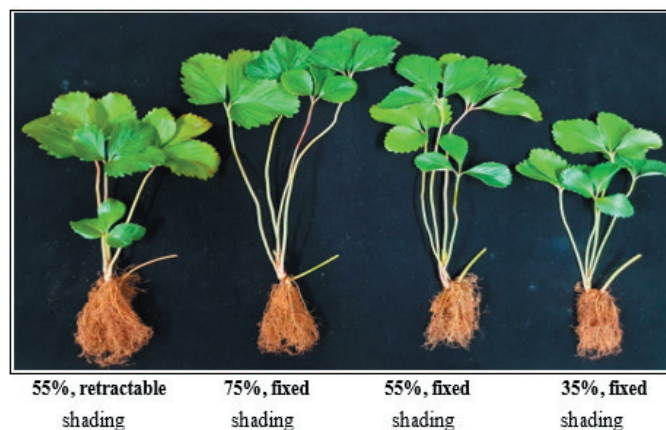


Fig. 4. Growth of ‘Sulhyang’ strawberry daughter plants on Sept 5, 2020 as influenced by various shading rates and methods from June 1 to August 31, 2020.

Xu 등(2021)은 작물을 재배하면서 광도가 낮은 상태에서 일정 수준까지 높아지면 광합성량이 증가하고 광합성 산물이 뿌리로 더 많이 이동하여 뿌리 활성이 증가한다고 보고하였고, 광도가 생장이 불량할 수준으로 더 높아지면 호흡량 증가와 자외선 스트레스의 증가로 인해 오히려 생장이 저조해진다고 보고한 바 있다. 본 연구결과를 고려할 때 광합성 작용이 왕성한 오전 시간대에는 차광을 하지 않은 상태로 광합성 작용을 극대화시키고, 지나치게 온도가 상승하여 호흡량이 증가하는 12 - 15시에만 차광할 수 있도록 개폐식 차광시설을 도입하는 것이 딸기 육묘에 유리할 것으로 판단하였다.

Conclusion

딸기 육묘기간 중 차광을 통한 시설 내의 일사량 조절이 자묘 소질, 무기원소 흡수 및 정식 후 초기 생육에 미치는 영향을 조사하기 위해 본 연구를 수행하였다. 연구 목적을 달성하기 위해 55% 차광망을 오전 10시 또는 11시부터 오후 4시까지 차광하고 그 외 시간에는 개방한 처리(retractable shading), 그리고 차광률이 75, 55% 및 35%인 차광망을 고정피복(fixed shading)한 처리를 두어 실험하였다. 55% 개폐처리의 오전 10시 일사량은 $317 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 였으며, 35, 55% 및 75% 지속차광 처리는 각각 183 , $165 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 및 $116 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 수준이었다. 55% 개폐 처리는 오전 7시부터 11시까지의 일사량이 뚜렷하게 많았고, 오전 12시까지의 온도도 다른 처리보다 높았다. 55% 및 75% 지속차광 처리는 일사량과 시설 내부 온도가 55% 개폐처리보다 낮았다. 육묘 종료 후 자묘의 초장과 엽면적은 55% 및 75% 지속차광 처리가 크고 넓었지만 관부직경, 근중 및 생체중은 55% 개폐 처리가 가장 굵거나 무거웠다. 35% 지속차광 처리는 엽면적이 좁고 생체중도 가벼웠지만 관부직경과 근중은 양호한 경향이였다. 자묘의 N 및 Ca 함량은 75% 지속차광 처리가 가장 높았고, K 함량은 35% 지속차광 처리가 2.56%로 다른 처리들보다 유의하게 높았다. 본포 정식 후 개화기의 지상부 생체중은 55% 개폐 처리가 가장 무거웠지만 35% 지속차광 처리의 초장이 컸다. 그러나 75% 지속차광 처리는 개화기의 초장이 가장 작았고 지상부 생체중도 가벼웠다. 육묘기간 중 55% 차광 스크린으로 개폐처리한 경우 자묘 소질과 정식 후 초기생육이 우수하였으며, 육묘 기간 중 시설 내부 일사량과 온도가 지나치게 상승하는 시간대에만 제한적으로 차광하는 것이 고품질묘 생산을 위해 바람직하다고 판단하였다.

Conflict of Interests

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Authors Information

Gab Soon Park, Buyeo-gun Agriculture Technology Center, Researcher

Hyoung Je Yoo, Buyeo-gun Agriculture Technology Center, Public official

Gil Hwan Bae, Buyeo-gun Agriculture Technology Center, Public official

Seung Ho Jeong, Buyeo-gun Agriculture Technology Center, Public official

In Sook Park, <https://orcid.org/0000-0003-4642-9497>

Jong Myoung Choi, Chungnam National University, Professor

References

- Ainun N, Maneepong S, Suraninpong P. 2018. Effects of photoradiation on growth and potassium, calcium, and magnesium uptake of lettuce cultivated by hydroponics. *Journal of Agricultural Science* 10:253-263.
- An CG, Hwang YH, Yoon HS, Shim JS, An JU, Chang YH. 2010. Effects of shading agent on growth and yield of paprika. p. 172. In *Proceeding of Korean Journal of Horticultural Science Technology*. [in Korean]
- Baille A. 1999. Greenhouse structure and equipment for improving crop production in mild winter climates. *Acta Horticulturae* 491:37-48.
- Cocco CO, Jerônimo LA, Ligia E, Francieli LC, Gustavo SC. 2010. Development and fruit yield of strawberry plants as affected by crown diameter and plantlet growing period. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 45:730-736.
- Cockshull KE. 1992. Crop environments. *Acta Horticulturae* 312:77-85.
- Faby R. 1997. The productivity of graded 'Elsanta' frigo plants from different origins. *Acta Horticulturae* 439:449-455.
- Hachemi A, Ali OS, Belghazi T, Lahrouni A, Mercht SE, Hassan CE, Messoussi SE. 2021. Effect of hydric and light stress on biomass, nutrient uptake and enzymatic antioxidants of *Argania spinosa* seedlings. *Archives of Biological Sciences* 73:145-153.
- Jang WS, Kim HS, Kim TI, Nam YG. 2009. Comparison of cultivars on production of runner and daughter plant in strawberry. p. 49. In *Proceeding of Korean Journal of Horticultural Science Technology*. [in Korean]
- Kang YI, Park JM, Kim SH, Kang NJ, Park KS, Lee SY, Jeong BR. 2011. Effects of root zone pH and nutrient concentration on the growth and nutrient uptake of tomato seedlings. *Journal of Plant Nutrition* 34:640-652.
- Kim DY, Kim S, Kang YI, Yun HK, Yoon MK, Kim TI, Choi JM. 2012. Effect of runner cutting time on growth and yield during nursery of strawberry (cv. Maehyang and Seolhyang). *Journal of Bio-Environment Control* 21:385-391. [in Korean]
- Kim MH, Song MB, Choi YE. 2017. Determination of growth, yield and carbohydrate content of *Allium hookeri* grown under shading treatment. *Korean Journal of Medicinal Crop Science* 25:397-403. [in Korean]
- Kwon JK, Choi YH, Park DK, Lee JH, Um YC, Park JC. 2001. Optical and physical properties of covering materials for plastic greenhouse. *Journal of Bio-Environment Control* 10:141-147. [in Korean]
- Lee JH, Kwon JK, Ham YJ, Yun MR, Park KS, Choi HC, Yeo KH, Lee JS, Khoshimkhujav B. 2016. Effects of white wash coating agent on the growth of strawberry seedlings in plastic greenhouses. *Journal of Bio-Environment Control* 25:249-254. [in Korean]
- Lee KH. 2013. Effect of management method at seedling raising stage of strawberry 'Seolhyang' on growth and yield. Ph.D. Dissertation, Kongju National Univ., Gongju, Korea. [in Korean]
- Myoung DJ, Lee JP, Jeong WJ, Chung GC, Kim SG, Lee JH. 2008. Correlation between radiation and yield of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in glasshouse. pp. 545-547. In *Proceeding of the Korean Society of Agricultural and Forest Meteorology & the Korean Society for Bio-Environment Control*. [in Korean]
- Nam MH, Lee HC, Kim TI. 2019. Effect of nitrogen types and the electrical conductivity of a nutrient solution on gray mold caused *Botrytis cinerea* on strawberry plants. *Korean Journal of Agricultural Science* 46:103-111. [in Korean]
- Nelson PV. 2012. Greenhouse operation and management. 7th ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA.
- Papadopoulos AP, Xiuming H. 1997. Effects of three greenhouse cover materials on tomato growth, productivity and energy use. *Scientia Horticulturae* 70:165-178.
- RDA (Rural Development Administration). 2003. Agricultural science technique research investigation and analysis standard. 4th ed. RDA, Suwon, Korea. [in Korean]
- RDA (Rural Development Administration). 2019. Cultivation manual of strawberry. RDA, Jeonju, Korea. [in Korean]
- Shimachi H. 1998. Handbook of protected horticulture in Japan: Plastic film. pp. 64-73. Horticultural information Center, Tokyo, Japan. [in Japanese]
- Song HJ. 2010. Effect of crown size on plant growth and fruit yield in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). M.S. Dissertation, Jinju National Univ., Jinju, Korea. [in Korean]
- Sonneveld C, Voogt W. 2009. Plant nutrition of greenhouse crops. Springer, NY, USA.

- Terabayashi S, Takii K, Namiki T. 1991. Variation in diurnal uptake of water and nutrients by tomato plants grown hydroponically. *Journal of Japanese Society for Horticultural Science* 60:547-553.
- Tsakaya H. 2005. Leaf shape: Genetic controls and environmental factors. *The International Journal of Developmental Biology* 49:547-555.
- Udagawa Y, Ito T, Gomi K. 1989. Effects of root temperature on some physiological and ecological characteristics of strawberry plants 'Reiko' grown in nutrient solution. *Journal of Japanese Society for Horticultural Science* 58:627-633. [in Japanese]
- Woo YH. 2000. The technology for effective growing management of horticultural crop at summer season. pp. 5-30. National Agricultural Mechanization Research Institute, Rural Development Administration, Suwon, Korea. [in Korean]
- Xu J, Guo Z, Jiang X, Ahammed GJ, Zhou Y. 2021. Light regulation of horticultural crop nutrient uptake and utilization. *Horticultural Plant Journal* 7:367-379.
- Zhou J, Li PP, Wang JZ, Fu W. 2019. Growth, photosynthesis, and nutrient uptake at different light intensities and temperature in lettuce. *HortScience* 54:1925-1933.