

ORIGINAL ARTICLE

광부족 조건이 딸기의 생육 및 생산성에 미치는 영향

이규빈 · 이정은 · 제병일 · 이용재 · 박영훈 · 최영환 · 손병구 · 강남준¹⁾ · 강점순*

부산대학교 원예생명과학과, ¹⁾경상대학교 원예학과

Effect of Low-light Intensity on Growth, Yield and Quality of Strawberries

Gyu-Bin Lee, Jung-Eun Lee, Byoung-Il Je, Yong-Jae Lee, Young-Hoon Park,
Young-Whan Choi, Beung-Gu Son, Nam-Jun Kang¹⁾, Jum-Soon Kang*

Department of Horticulture Bioscience, Pusan National University, Miryang 50463, Korea

¹⁾Department of Horticulture, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of shading on the growth and productivity of strawberries. Photosynthesis was normally achieved under natural light without shading treatment, and vegetative growth of under- and aboveground part of strawberry plants were excellent. Strawberry fruit productivity and quality were different depending on shading conditions. In natural light, they were improved possibly by balanced vegetative and reproductive growth. However, under light-shading conditions with insufficient sunshine, photosynthetic activity deteriorated and carbohydrate production was therefore inadequate; this adversely affected plant height and quality. The negative effects were more pronounced at 50% shading condition. Shading treatments resulting in insufficient sunshine had a detrimental impact on plant productivity and growth; this implies that proper shading conditions could help improve yield and fruit quality.

Key words : Growing periods, Photosynthesis, Seolhyang, Shading

1. 서론

딸기(*Fragaria × ananassa* Duch.)는 북아메리카 원산의 *F. virginiana*와 남아메리카 칠레 원산의 *F. chiloensis*가 18세기 무렵 유럽에서 교잡되면서 만들어진 장미과의 영년생 작물이다. 원산지에 따라 20종으로 분류하고 500여 야생종이 자생하며(Staut, 1989), 과일의 맛과 향이 풍부하고 비타민 C 함유량이 많아 전 세계적으로 많이

재배되고 있다(Lee, 2012). 국내의 딸기 총생산액은 1조 2천억원 정도이며(MAFF, 2016), 이는 원예작물 중에서 가장 높은 생산액이다. 딸기는 국내 수요 증가뿐만 아니라 아시아권인 홍콩, 싱가포르, 말레이시아, 태국 등으로 수출이 활성화 되고 있으며, 수출금액은 3,400만불 정도로 추정된다(Lee et al., 2018).

최근 기후변화에 따라 일조부족 현상이 나타나면서 시설 재배에서도 일사량 부족에 의한 작물피해가 빈번해

Received 8 January, 2020; Revised 10 February, 2020;

Accepted 10 February, 2020

*Corresponding author: Jum-Soon Kang, Department of Horticultural Bioscience, Pusan National University, Miryang 50463, Korea
Phone: +82-55-350-5523
E-mail : kangjs@pusan.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

지고 있는 실정이다(Lee et al., 2016). 또한 봄철의 황사 현상과 국부적이긴 하지만 각종 공사장의 먼지 피해, 전력공급용 철탑에 의한 그늘, 교각과 건물 같은 구조물에 의한 그늘에 의해 작물피해를 호소하는 농가 민원이 갈수록 늘어나고 있다(Chun et al., 2001).

작물은 환경조건에 따라 생육반응이 달라지는데(Von Amim and Deng, 1996; Kang et al., 2010), 그 중 광은 작물의 광합성과 형태발생에 관여하며, 작물의 수량에 결정적인 역할을 한다(Clouse, 2001). 차광(Jefferson and Muri, 2007)과 밀식(Lee, 2002) 등으로 광량이 적으면 생육이 지연되고(Lee et al., 2007), 생산물의 품질이 저하된다(Shon and Oh, 1993; Shon et al., 1995; Lee et al., 2000). 딸기의 수량과 품질은 재배환경 조건에 따라 크게 좌우되며(Lee et al., 2017), 딸기의 광포화점은 25°C 조건에서 28,000 lux라고 알려져 있다(Kim et al., 1999).

일조량은 과채류의 수량과 품질에 관여한다. 참외는 일조량이 부족하게 되면 양수분의 흡수가 불량해져 과실 수량 및 품질이 저하되고, 여러 가지 생리장해가 발생하는 원인이 된다(Sin et al., 1991; Chung et al., 1998). 또한 저광도 조건에서 재배한 토마토, 가지, 파프리카는 생육이 저하되었고 당도 및 과실이 수량이 감소하였다(Zhong and Kato, 1988). 특히 토마토의 경우는 70% 차광처리를 하면 목부 일비액량도 적어지고 생육도 저하된다고 하였다(Masuda and Shimada, 1993). 벼를 50% 차광처리하면 이삭수가 감소하였고, 이로 인해 전체 곡물수확량은 55-60% 감소되었다고 하였다(Kim et al., 1991; Yao et al., 2000; Biswas and Salokhe, 2002). 반면 콩에서는 감소된 광량이 활성 지베렐린 함량을 증가시켜 길이 생장을 촉진시킨다고 하였다(Kang et al., 2010).

이와 같이 다양한 작물을 대상으로 광량 부족에 관한 연구가 이루어져 왔으나 딸기에 체계적인 연구결과는 없었다. 본 연구는 차광처리를 통한 광부족 환경이 딸기의 생육, 과실수량 및 품질에 미치는 검증하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료 및 재배조건

본 시험에 사용된 딸기(*Fragaria x ananassa* Duch.)

품종은 ‘설향’이었다. 시험은 2017년 9월부터 2018년 4월까지 벼로형 유리온실(부산대학교 온실)의 고설벤치 베드에서 실험을 수행하였다. 생육온도는 주간 20°C로 야간 12°C로 설정하여 재배하였다.

차광처리하는 딸기를 육묘하여 본엽이 4장 전개된 유묘를 상토(Chambujs, Farmhannong, Korea)가 충전된 포트(길이 60 cm × 길이 25 cm × 높이 30 cm)에 정식하였다. 시험구는 난괴법 3반복이었으며, 처리구당 6개의 포트를 배치하고 포트 당 3주의 식물체를 정식하였다. 실험에 사용된 딸기묘는 크라운 직경이 평균 8.5 mm 되는 것을 사용하였다. 차광에 따른 딸기의 생육반응을 확인하기 위해 베드 위에 높이 70 cm의 소형터널을 설치하여 30% 및 50%의 흑색 차광막을 씌워 차광 조건을 조성하였다(Fig. 1). 각 처리구에서 발생하는 액아와 런너는 수시로 제거하였으며, 적화 및 적과는 하지 않았다. 재배기간 중 양액은 400배로 희석한 물푸레 1호 과채류용(Dae-yu, Korea)을 사용하였고, 자동 타이머를 이용하여 하루에 각 2분씩 5회에 걸쳐 점적튜브를 통해 총 400 ml의 양액을 공급하였다. 공급되는 양액의 pH는 6.7 이었으며, EC는 1.5 dS·m⁻¹ 였다.

2.2. 조사방법

온실 내 유입되는 광량을 측정하기 위해 조도측정계(ANA-F9 Lux meter, Tokyo photo-electric, Japan)를 이용하였다. 측정은 베드 앞, 중간 및 뒤면에서 각각 3반복으로 측정하였으며 식물체가 광을 받는 포트 높이에서(바닥에서 80 cm 높이) 측정하여 w/m²로 환산하였다.

생육조사는 포트에 딸기를 정식 한 후 30, 60 및 90일째에 실시하였다. 조사방법은 반복 당 3주의 식물체를 대상으로 엽수, 엽면적, 엽장, 엽폭, 초장, 근장, 생체중 및 건물중을 조사하였다. 엽면적 측정은 엽면적 측정기(LI-3100, LI Cor., USA)를 이용하였고, 엽수는 잎의 길이가 1 cm 이상인 것을 조사하였다. 생체중은 생체 무게를, 건물중은 105°C에서 3시간 건조 후 측정하였다. 근장은 뿌리를 물로 완전히 씻어 흙을 제거한 후 뿌리의 가장 긴 부분을 측정하였다.

딸기의 과실 수량조사는 포트에 딸기를 정식 한 후 1화방에서 5화방이 출현할 때까지 수확된 수량을 합산하였다. 딸기 수확은 과실크기가 3 g 이상이고, 속도가 80% 정도인 것을 대상으로 하였다. 수확한 딸기는 수량,

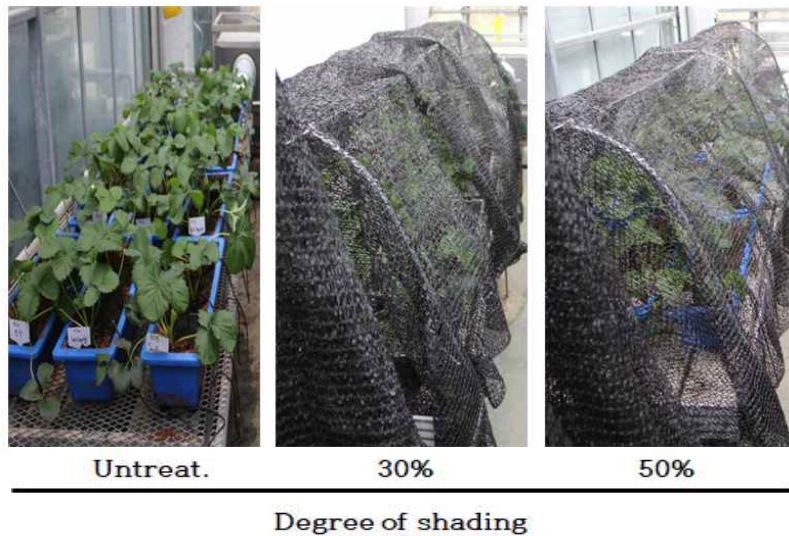


Fig. 1. Growth of 'Seolhyang' strawberry as affected by degree of shading during cultivation in greenhouse.

과중, 과장, 과경을 조사하였다. 과중은 실험용 전자저울 (AX2202KR/E, OHAUS Cor., USA)을 이용하여 측정하였으며, 과장 및 과경은 vernier calipers(CD-15CP, Mitutoyo Cor., JAPAN)을 사용하여 측정하였다.

또한 딸기의 품질에 관련된 색도, 경도, 산도, 당도 및 당산비를 조사하였는데, 색도는 색차계(CM-3500d, Minolta, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 측정한 뒤 평균값으로 나타내었다. L value는 0(black), +100(white), a value는 +a(redness), -a(greenness), b value는 +b(yellowness), -b(blueness)으로 수치화 하였다. 경도는 물성분석기(TA-XT2, Stable micro systems, U.K.)에 5 mm probe를 장착하여 과실의 동일한 부위에 7 mm 깊이로 측정하였다. 당도(PR-201a, Atago, Japan)는 경도를 측정한 과실의 앞쪽을 5 mm 가량을 잘라낸 후 착즙하여 측정하였다. 산도는 Titratable acidity 법으로 그리고 당산비를 조사하였다.

2.3. 통계분석

실험 결과의 통계분석은 최소유의차(Least Significant Difference)검정을 하였고, 이를 위해 SAS 프로그램 (Statistical Analysis System, Inc., Version 9.4, NC, USA)를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 차광처리가 딸기의 생육에 미치는 영향

최근 기후변화에 따라 국지적인 집중호우와 강우패턴의 변화로 일사량 부족 현상이 발생하기 시작하면서 시설 재배에서도 일사량 부족에 의한 피해가 빈발하고 있는 실정이다(Lee et al., 2016). 광량이 부족하면 생육이 저하된다.

시설 딸기 재배에서 30% 차광 및 50% 차광하여 일사량 부족 현상이 딸기의 시기별 생육에 미치는 영향을 조사하였다(Table 1-4, Fig. 2). 무차광(자연광), 30% 및 50% 차광조건의 광 환경을 조사한 결과 무차광에서 43 w/m²로 광도가 가장 높았다. 반면 30% 차광했을 때의 조도는 16.7 w/m², 50% 차광했을 때의 조도는 12.2 w/m²였다. 이와 같이 차광정도가 심해질수록 조도는 낮아졌는데 이는 온실내의 광량의 감소를 의미한다. 특히 50% 차광조건에서는 자연광에 비해 광량이 30.8 w/m²가 낮았다. 또한 측정 위치에 따른 일사량의 차이도 있었다. 자연광의 경우 전면, 중앙, 후면 부분이 각각 42.1, 45.7, 41.3 w/m²였다. 중앙 부분에서 조도가 높았으며, 전면과 후면부분은 중앙부분에 비해 조도가 낮았다. 이러한 차이는 온실 구조 및 자재로부터 생긴 그늘 때문인 것으로 판단된다(Table 1).

Table 1. Average light intensity measured at the illuminometer and measurement location

Degree of shading ^z (%)	Light intensity(w/m ²)			
	Measurement location			
	Front	Middle	Rear	Average
30	16.1	18.5	15.5	16.7
50	10.9	14.7	10.9	12.2
Non shading	42.1	45.7	41.3	43.0

^z Plants were different levels of shading applied from transplanting to 90 days growing periods. Shading applied non shading(natural light), 30% and 50% shading.

Table 2. The effect of low light intensity on number of leaves, leaf area, leaf length, leaf width and mortality of ‘Seolhyang’ strawberry plants

Degree of shading ^z (%)	No. of Leaves	Leaf area (cm ²)	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)	Plant mortality (%)
<i>30 days after transplanting</i>					
30	4.2b ^y	299.8b	9.8a	8.1a	0.0a
50	4.2b	315.8b	8.6b	7.1b	0.0a
Non shading	6.4a	486.8a	10.5a	8.6a	0.0a
<i>60 days after transplanting</i>					
30	5.6a	373.5b	11.3a	9.7a	10.5b
50	4.4b	339.8b	10.8b	9.3b	20.0a
Non shading	6.2a	955.7a	11.4a	10.1a	0.0c
<i>90 days after transplanting</i>					
30	6.2a	560.1b	11.3a	9.8a	22.2a
50	5.7b	554.2b	10.6b	9.2a	22.2a
Non shading	6.3a	572.6a	11.5a	9.4a	0.0b

^z Plants were different levels of shading applied from transplanting to 90 days growing periods. Shading applied non shading(natural light), 30% and 50% shading. Plant growth was measured at 30 days intervals during growing periods.

^y Means in columns within each cultivar are separated by Duncan’s multiple range test at $P = 0.05$.

딸기의 생육은 무차광 조건에서 좋았다. 딸기를 자연광에서 재배하였을 때 엽수와 엽면적, 엽장, 엽직경 및 초장 등 지상부 생육이 30% 및 50% 차광처리한 조건보다 좋았고, 이러한 경향은 90일간의 전 생육기간 동안 유지되었다.

자연광 조건에서 90일간 생육시킨 ‘설향’의 엽면적은 572.6 cm² 였다. 반면 50% 차광조건에서 재배된 딸기의 엽면적은 554.2 cm²로 낮았다. 전반적으로 차광처리에 의해 지상부인 엽수, 엽장 및 엽폭의 생장이 억제되었으며 그 정도는 50% 차광조건에서 뚜렷하였다. 특히 50% 차광처리를 시작한 후 생육 30일째에는 딸기의 고사율은 0% 였으나 광 조건이 불량하여 누적광량이 부족하였던

생육 60일째에는 20%, 90일째는 22%로 딸기 고사율이 증가하였다(Table 2). Kang et al.(2010)도 수박과 토마토를 육묘할 때 차광처리는 광량 부족에 의해 식물체가 연약해지고 생육이 크게 부진했다고 하였다.

또한 경직경과 초장은 생육초기인 30일째에서는 50% 차광처리에 의해 억제 되었다. 반면 생육이 60일 및 90일로 진전될수록 차광처리에 의한 경직경과 초장이 억제 되는 경향이었으나 통계적으로 유의성이 없었다. 이는 경직경과 초장은 차광조건에 따른 처리간 유의성이 없었다는 Sin et al.(1991)과 유사한 결과였다. 또한 관부직경은 차광정도가 높을수록 무차광 처리에 비해 감소하여 연약한 식물체의 생육을 보였다.

Table 3. The effect of low light intensity on stem diameter, crown diameter, plant height and root length of ‘Seolhyang’ strawberry plants

Degree of shading ^z (%)	Stem diameter (mm)	Crown diameter (mm)	Plant height (cm)	Root length (cm)
<i>30 days after transplanting</i>				
30	2.2a ^y	8.8b	26.7a	14.5b
50	1.9b	6.3c	27.4a	10.5c
Non shading	2.6a	13.0a	28.0a	20.8a
<i>60 days after transplanting</i>				
30	3.5a	13.8a	31.0a	18.0a
50	3.5a	12.0b	27.9a	15.3b
Non shading	3.7a	13.1a	33.3a	21.3a
<i>90 days after transplanting</i>				
30	3.5a	12.9a	29.5a	13.9b
50	3.6a	11.0b	27.5a	12.7b
Non shading	3.7a	13.2a	31.8a	18.2a

^z Plants were different levels of shading applied from transplanting to 90 days growing periods. Shading applied non shading(natural light), 30% and 50% shading. Plant growth was measured at 30 days intervals during growing periods.

^y Means in columns within each cultivar are separated by Duncan’s multiple range test at $P = 0.05$.

Table 4. The effect of low light intensity on fresh weight and dry weight of ‘Seolhyang’ strawberry plants

Degree of shading ^z (%)	FW(g/plant)			DW(g/plant)		
	Shoot	Root	Total	Shoot	Root	Total
<i>30 days after transplanting</i>						
30	9.5b ^y	7.7a	17.2b	1.6b	0.9a	2.5b
50	9.8b	5.4b	15.2b	1.5b	0.6b	2.1b
Non shading	13.0a	8.9a	21.9a	2.1a	1.1a	3.3a
<i>60 days after transplanting</i>						
30	13.7a	11.1a	24.8a	2.4a	1.0a	3.4b
50	9.9b	8.6b	18.5b	1.4b	1.1a	2.5c
Non shading	14.6a	10.3a	24.9a	2.4a	1.1a	3.5a
<i>90 days after transplanting</i>						
30	19.6b	11.4a	31.0b	3.2b	0.8a	4.0b
50	20.9b	9.1a	30.0b	3.0b	0.9a	3.9b
Non shading	24.3a	12.1a	36.4a	4.2a	0.9a	5.1a

^z Plants were different levels of shading applied from transplanting to 90 days growing periods. Shading applied non shading(natural light), 30% and 50% shading. Plant growth was measured at 30 days intervals during growing periods.

^y Means in columns within each cultivar are separated by Duncan’s multiple range test at $P = 0.05$.

지하부의 생장인 근장은 자연광에서 가장 생육이 우수하였다. 자연광에서 30일간 생육시킨 ‘설향’ 딸기의 근장은 18.5 cm 였으나 50% 차광조건에서 재배된 딸기는 12.7 cm 로 낮았다(Table 3).

차광조건에 따라 생체중과 건물중도 큰 차이를 보였

다. 자연광에서 재배된 딸기는 생육단계에 관계없이 차광처리에 비해 지상부의 생체중과 건물중이 높았으며, 이러한 경향은 전 생육기간 유지되었다. 지하부의 생체중 및 건물중도 자연광 조건에서 가장 좋았다(Table 4, Fig. 2). 차광에 의한 건물중의 감소는 차광 수준이 높은

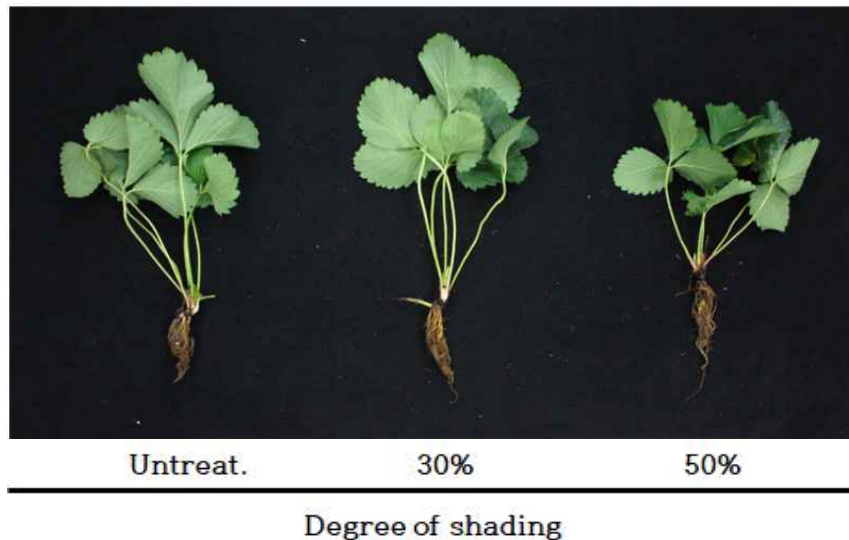


Fig. 2. The effect of degree of shading on growth of 'Seolhyang' strawberry at 90 days after transplanting.

50% 차광조건에서 뚜렷하였다. Zhong and Kato(1988)는 피망에서 자연광, 35%, 55% 차광 처리시 광량이 부족한 55% 차광 조건에서 건물중이 가장 많이 감소되었다고 하였다. 이상의 결과는 차광처리는 광 부족으로 인하여 순광합성량이 감소하게 되고 이는 곧 식물체의 건물 생산량 감소로 이어진 것으로 해석된다(Lee et al., 2017).

3.2. 차광처리가 딸기의 생산성에 미치는 영향

과채류에서는 일사량이 부족하면 과실의 품질저하, 수량저하 및 생리장해가 발생하는데, 딸기에서는 이에 대한 체계적인 연구결과는 없었다. 따라서 차광 처리를 통한 일사량 부족 환경이 딸기의 생산성에 미치는 영향을 Table 5, 6 및 Fig. 3에 나타내었다.

딸기 과실의 상품성은 일사량이 부족한 차광조건에서 딸기의 상품성이 낮아졌고, 과중도 낮았다. 자연광에서 재배한 식물체의 주당 과일수는 13.8개 였으나, 30% 차광조건에서는 7.3개로 낮아졌고, 50% 차광조건에서는 6.0개에 불과하였다.

Masuda and Shimada(1993)은 저광도 조건에서 오이의 수량이 자연광에 비해 감소되었다는 선행연구와 본 연구의 결과를 종합하여 볼 때 차광처리는 광량 부족으로 광합성 효율이 낮아 식물체내에 동화산물을 충분히

확보하지 못하여 과실 생산이 저하된 것으로 판단된다.

과실의 길이와 직경은 자연광인 무차광 조건에서 높았고, 차광수준이 30%에서 50%로 높아질수록 과실의 길이와 직경은 감소하였다. 일사량 부족 현상은 딸기의 크기와 수량에 부정적 영향을 주었으며 딸기의 상품성이 감소하였다(Table 5, Fig. 3). 이와 같은 결과는 과실비

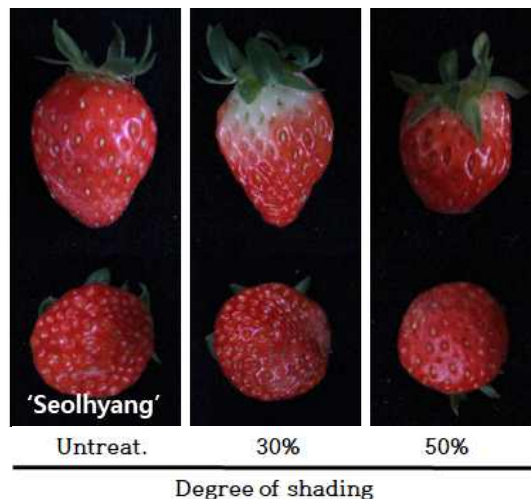


Fig. 3. Changes in fruit as influenced by low light intensity of 'Seolhyang' strawberry.

Table 5. The effect of low light intensity on number of fruits, fruits weight, fruit length and fruit diameter of ‘Seolhyang’ strawberry

Degree of shading ^z (%)	No. of fruits /plant	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)
30	7.3b ^y	2.8b	16.9b	16.6b
50	6.0b	2.4c	15.9b	16.6b
Non shading	13.8a	5.2a	22.9a	21.6a

^z Plants were different levels of shading applied from transplanting to 90 days growing periods. Shading applied non shading(natural light), 30% and 50% shading. Plant growth was measured at 30 days intervals during growing periods.

^y Means in columns within each cultivar are separated by Duncan’s multiple range test at $P = 0.05$.

Table 6. The effect of low light intensity on chromaticity, firmness, sugar content, acidity of fruit in ‘Seolhyang’ strawberry

Degree of shading(%) ^z	Hunter			Soluble solid content (°Brix)	Titratable acidity (Acetic acid %)	SSC/TA ratio
	L	a	b			
30	47.5b ^y	38.7b	29.9b	3.9b	0.5a	7.9b
50	45.9b	37.6b	30.8b	3.7b	0.5a	7.5b
Non shading	48.9a	39.8a	33.3a	7.8b	0.6a	13.1a

^z Plants were different levels of shading applied from transplanting to 90 days growing periods. Shading applied non shading(natural light), 30% and 50% shading. Plant growth was measured at 30 days intervals during growing periods.

^y Means in columns within each cultivar are separated by Duncan’s multiple range test at $P = 0.05$.

대가 일어나는 시기에 광량부족은 광합성 능력이 떨어져 동화산물의 전류량이 부족해 과실 비대가 정상적으로 이루어지지 않는다는 Sin et al.(1991)의 연구와 일치하였다.

차광 정도가 딸기품질에 미치는 영향을 조사한 결과 광 조건에 따라 딸기의 품질이 달랐다. 차광조건에 비해 자연광에서 재배하였을 때 색도, 당도, 당산비가 높았다. 자연광에서 재배된 딸기 과실의 색택인 Hunter L(white), a(red), b(yellowness)값은 각각 48.9, 39.8, 33.3으로 차광처리하여 재배한 딸기에 비해 높았다. 특히 딸기의 과실성숙과 관련이 있는 붉은색을 나타내는 a값 높다는 것은 딸기의 색택이 우수하여 상품성이 높음을 의미한다.

당도 또한 자연광 조건에서 7.8 °Brix로 높았다. 반면 30% 및 50%의 차광조건에서 재배한 딸기의 당도는 3.9 및 3.7 °Brix에 불과하였다. 당도와 산도의 비율을 나타내며 맛에 직접적인 연관이 있어 감미비라고도 불리는 당산비 역시 자연광 조건에서 14.1로 가장 높았다(Table 6). 이러한 결과는 참외를 광량이 부족한 조건에서 재배하면 양수분의 흡수가 불량하여 과실품질이 저하되었다는 Chung et al.(1998)의 내용과 유사하였다.

따라서 딸기는 광 부족 조건에 따라 생육 및 품질에 차이가 있었으며, 자연광에서는 균형적인 생육과 생식생장이 전개되어 과실 수량과 품질이 높은 반면 광량이 부족한 차광조건에서는 딸기의 상품성이 감소하였다. 딸기에서 일사량 부족은 광합성에 직접적인 영향을 주어 딸기의 생육이 저하되었고, 이는 곧 화아형성의 불량 및 낙과율 증가로 이어져 과실 생산량이 감소한 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 차광처리를 통한 일사량 부족 환경이 딸기의 생육 및 생산성에 미치는 영향을 검정하고자 하였다. 차광처리를 하지 않은 자연광에서 광합성이 원활히 이루어져 딸기의 지상부 및 지하부의 영양생장이 우수하였다. 차광 조건에 따라 딸기 생육 및 품질에 차이가 있었으며, 자연광에서는 균형적인 생육과 생식생장이 전개되어 딸기 생산성과 품질이 높았다. 반면 일사량 부족한 차광조건에서는 딸기 과실 비대 및 품질에 부정적인 영향을 주었다. 이러한 결과는 차광 수준이 높은 50% 차광조건에서 뚜렷하였다. 일사량이 부족한 차광처리된 딸기의

생육 및 생산성에 부정적인 영향을 끼치며 충분한 광량을 확보하는 것이 수확량 증진과 고품질 딸기 생산이 가능하였다.

감사의 글

본 논문은 농생명산업기술개발사업(과제번호 : 315004-05-1-HD030)의 지원에 의해 수행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

REFERENCE

- Biswas, P. K., Salokhe, V. M., 2002, Effects of N rates, shading, tiller separation, and plant density on the yield of transplanted rice, *Tropical Agri.*, 79(3), 168-172.
- Chun, J., Kwon, Y. S., Woo, Y. H., 2001, Countermeasure and damage appearance on low solar radiation in protected horticulture, *Korean J. Hort. Sci. Technol.*, 19(4), 636-640.
- Chung, D. G., Yong, S. J., Choi, Y. J., 1998, The effect of CaCl₂ foliar application on inhibition of abnormally fermented fruits and chemical composition of oriental melon(*Cucumis melo* L. var. *makuwa* Mak). *Korean J. Hort. Sci. Technol.*, 16(2), 215-218.
- Clouse, S. D., 2001, Integration of light and brassinosteroid signals in etiolated seedling growth, *Trends in Plant Science*, 6(10), 443-445.
- Jefferson, P. G., Muri, R., 2007, Competition, light quality and seedling growth of russian wild rye grass (*Psathyrostachys juncea*), *Acta Agronomica Hugarica*, 55(1), 49-60.
- Kang, Y. I., Kwon, J. K., Park, K. S., Yu, I. H., Lee, S. Y., Cho, M. W., Kang, N. J., 2010, Changes in growths of tomato and grafted watermelon seedlings and allometric relationship among growth parameters as affected by shading during summer, *J. Bio-Environ. Con.*, 19(4), 275-283.
- Kim, K. S., Kim, S. K., Huh, B. L., Yoon, K. M., 1991, Effects of shading at heading stage on yield components in rice, *Korean J. Crop Sci.*, 36(2), 127-133.
- Kim, W. S., Kim, T. I., Choi, J. H., Seo, K. S., Won, S. H., Yoon, W. M., 1999, Flower bud differentiation and growth characteristics of strawberry through automatic control of temperature and day length, *Korean J. Hort. Sci. Technol.*, 17(3), 325-328.
- Lee, G. B., Choe, Y. U., Park, E. J., Park, Y. H., Choi, Y. W., Kang, N. J., Kang, J. S., 2017, Effect of removing corolla and calyx lobes on fruit shape and quality of strawberry, *J. Environ. Sci. Inter.*, 26(1), 87-96.
- Lee, G. B., Lee, J. E., Choe, Y. U., Park, Y. H., Choi, Y. W., Kang, N. J., Kang, J. S., 2018, Effect of spermine treatment on growth, yield, and quality of strawberry under low-temperature condition, *J. Environ. Sci. Inter.*, 27(3), 195-202.
- Lee, G. J., Kang, B. G., Kim, H. J., Min, M. B., 2000, Effect of shading and nitrogen level on the accumulation of NO₃⁻ in leaf of lettuce(*Lactuca sayiva* L.), *J. Korean Environ. Agri.*, 19(4), 294-299.
- Lee, J. H., 2002, Analysis and simulation of growth and yield of cut chrysanthemum. PhD Diss., Wageningen Univ., Gelderland, Netherland.
- Lee, M. J., 2012, Effect of nano film covering material on environments and growth of strawberry in greenhouse, master's thesis, Wonkwang Univ., Iksan, Korea.
- Lee, S. H., Son, E. H., Hong, S. C., Oh, S. H., Lee, J. Y., Park, J. H., Woo, S. H., Lee, C. W., 2016, Growth and yield under low solar radiation during the reproductive growth stages of rice plants, *Korean J. Crop Sci.*, 61(2), 87-91.
- Lee, S. Y., Kim, H. J., Bae, J. H., Shin, J. S., Lee, S. W., 2007, Effect of shading on shoot growth and quality of *Sedum sarmentosum* in Korea, *J. Bio-Environ. Con.*, 16(4), 388-394.
- MAFAFF (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs), 2016, Key statistics for agriculture, forestry, livestock and agrifood industries, Sejong, Korea.
- Masuda, M., Shimada, Y., 1993, Diurnal changes in mineral concentrations of xylem exudate in tomato plants and their concentrations as affected by sunlight intensity and plant ages, *J. Jap. Soc. Hort. Sci.*, 61(4), 839-845.
- Shon, S. M., Oh, K. S., 1993, Influence of nitrogen level on the accumulation of NO₃⁻¹ on edible parts of chinese cabbage, radish and cucumber, *Korean J. Soil Sci. Fert.*, 26(1), 10-19.
- Shon, S. M., Oh, K. S., Lee, J. S., 1995, Effects of shading and nitrogen fertilization on yield and accumulation of

- NO₃ in edible parts of chinese cabbage, Korean J. Environ. Agri., 28(2), 154-159.
- Sin, G. Y., Jeong, C. S., Yoo, K. C., 1991, Effects of temperature, light intensity and fruit setting position on sugar accumulation and fermentation in oriental melon, J. Korean Soc. Hort. Sci., 32(4), 440-446.
- Staut, G., 1989, The species of *Fragaria*, their taxonomy and geographical distribution. International Strawberry Symposium, ISHS Acta Horticulturae, Cesena, 23-34.
- Von Amim, A., Deng, X. W., 1996, Light control of seedling development, Annual review of plant physiology and plant molecular biology, 47, 215-243.
- Yao, Y., Yamamoto, Y., Yoshida, T., Nitta, Y., Miyazaki, A., 2000, Response of differentiated and degenerated spikelets to top-dressing, shading and day/night temperature treatments in rice cultivars with large panicles, Soil Sci. Plant Nutr., 46(3), 631-641.
- Zhong, L. F., Kato, T., 1988, The effect of sunlight intensity on growth, yield and chemical composition of xylem exudate in solanaceous fruits, Research Reports of Kochi Univ., Agricultural Sci., Japan, 37, 39-40.
-
- Ph.D. Gyu-Bin Lee
Department of Horticulture Bioscience, Pusan National University
gyubin0211@naver.com
 - Master. Jung-Eun Lee
Department of Horticulture Bioscience, Pusan National University
wjddms3986@naver.com
 - Professor. Byoung-II Je
Department of Horticulture Bioscience, Pusan National University
bije@pusan.ac.kr
 - Professor. Yong-Jae Lee
Department of Horticulture Bioscience, Pusan National University
yjl@pusan.ac.kr
 - Professor. Young-Hoon Park
Department of Horticulture Bioscience, Pusan National University
ypark@pusan.ac.kr
 - Professor. Young-Whan Choi
Department of Horticulture Bioscience, Pusan National University
ywchoi@pusan.ac.kr
 - Professor. Beung-Gu Son
Department of Horticulture Bioscience, Pusan National University
bgson@pusan.ac.kr
 - Professor. Nam-Jun Kang
Department of Horticulture, Gyeongsang National University
k284077@gnu.ac.kr
 - Professor. Jum-Soon Kang
Department of Horticulture Bioscience, Pusan National University
kangjs@pusan.ac.kr