

ORIGINAL ARTICLE

하위 적엽처리가 딸기의 생육 및 생산성에 미치는 영향

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

부산대학교 원예생명과학과, ¹⁾경상대학교 원예학과

Influence of Lower Leaf Defoliation Treatment on the 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 effects of defoliation treatment on the growth and yield of strawberries. There was a remarkable growth in the above-ground part and root of untreated strawberry plants possibly due to higher amount of photosynthesis, while overall plant growth was suppressed as the level of defoliation treatment increased. In both the “Seolhyang” and “Maehyang” cultivars examined, defoliation treatment resulted in small fruits and a low number of fruits per plant. Notably, 50% defoliation significantly reduced the number of fruits per plant to 8.2, compared to 13.8 in untreated plants. Defoliation treatment also negatively influenced the fruit quality including color, sugar content, and solid-acid rate. However, no significant changes in fruit firmness was observed in either cultivar. Therefore, retaining enough leaves without defoliation treatment can be important to increasing fruit yield, producing high quality fruits and saving labor required for defoliation.

Key words : Assimilation, Defoliation, Fruit quality, Photosynthesis, Strawberry

1. 서론

딸기(*Fragaria×ananassa* Duch.)는 과채류의 저온성 작물로 겨울철 시설재배에서 난방비 부담이 적으며 가격이 안정되어 있어 농가의 고소득 작물 중 하나로 분류되고 있다(RDA, 2015). 또한 비타민 C와 안토시아닌 등 항산화 활성이 있는 유용한 페놀 화합물들을 다량 함

유하고 있다(Lee et al., 2017). 2017년 기준 딸기의 연간 생산량은 198,000톤(KASMO, 2017)이며, 생산액은 13,057억원으로 과채류 중에서 생산액으로는 1위를 차지하고 있다(MAFRA, 2017). 이와 같이 딸기산업은 지난 10년 전에 비하여 생산액이 2배 이상 증가한 것이며, 이는 우수한 국산 품종의 육성과 재배기술의 발전 및 작형의 변화가 큰 몫을 한 것으로 추정된다.

Received 8 November, 2019; Revised 20 February, 2020;

Accepted 20 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.

최근 우리나라도 이상기후의 빈도가 증가하고 있으며, 일조시간은 1970년대 2,429시간에서 2000년대에는 2,172시간으로 256시간이 감소하였다(Lee and Sim, 2011). 겨울철 시설 딸기재배에서 일조 부족은 지상부를 웃자라게 하고 착과가 불량해진다. 이와 아울러 과일의 생장지연 및 기형과 발생율이 증가하여 상품성을 저하시키는 요인이 되어왔다(RDA, 2011).

딸기의 잎은 관부에서 로제트 상으로 발생하고 복엽으로 잎자루 끝에 3장의 소엽이 붙어 있다. 겨울철 저온기에는 잎이 왜화되고 신엽의 발생속도가 늦으나 봄철에 온도가 상승하면 신엽의 발생속도가 빠르고 과도한 엽수 증가로 인해 과번무 되기 쉽다(Lee et al., 2019). 식물에서 잎은 광합성을 하는 중요한 기관이며, 적절한 잎의 확보는 작물의 생육과 품질에도 영향을 미친다(Marcelis et al., 2004). 반면 수광량이 적으면 과채류에서 경엽은 증가되나 건물중이 감소하고 착과지연, 과실비대 저하, 당도저하 및 식미저하의 결과를 초래한다(Lester and Bruton, 1986).

딸기는 잎이 전개된 후 45일 이상 경과하여도 높은 광합성 능력을 나타내어 동화산물의 공급원으로 중요한 역할을 한다(Keutgen et al., 1997). 적엽처리는 지상부가 과번무 하거나 수광량이 부족할 때 수광량을 확보하기 위한 수단인 하나로 과실주변의 밀착엽과 노화된 잎을 제거해 주는 처리이다(Nam et al., 2016). 그러나 포도의 과도한 적엽처리는 광합성 면적의 감소와 함께 동화량 감소가 수반되므로 화아발육과 착과불량, 저장양분의 감소 및 착색과 당도저하 등 과실 품질을 악화시킨다고 하였다(Lee and Kang, 1992).

적엽처리가 저장양분의 축적과 과실비대에 미치는 영향은 감(Park et al., 2002), 감귤(Shimizu et al., 1975), 복숭아(Kang and Ko, 1976), 피칸(Worley, 1979a, b), 포도(Park, 1970), 블루베리(Lyrene, 1992), 멜론(Ham et al., 2008), 수박(Park, 2017), 키위(Srisook et al., 2016) 등 다양한 작물을 대상으로 연구가 진행되었으나 딸기에 대한 연구는 미흡하였다.

본 연구는 적엽처리 방법이 시설 딸기의 생육, 수량 및 품질에 미치는 영향을 조사하여 고품질 딸기 생산을 위한 효과적인 적엽관리 기준을 확립하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료 및 재배조건

2.1.1. 공시품종 및 실험장소

본 시험에 사용된 딸기(*Fragaria ananassa* Duch.) 품종은 ‘설향’과 ‘매향’이었다. 시험은 2017년 9월부터 2018년 4월까지 부산대학교 온실(경남 밀양시 삼랑진읍 청학리 산 50번지)의 고설벤치 베드에서 실험을 수행하였다. 주간온도 20℃로 온도환경을 설정하여 재배하였다.

2.1.2. 재배조건 및 적엽처리

딸기는 육묘하여 본엽이 4장 전개된 유묘를 상토(Chambujs, Farmhannong, Korea)가 충진된 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 평균 크라운 직경이 8.5 mm 되는 것을 사용하였다.

무적엽(엽수 8장)을 대조구로 하였고, 전개된 잎의 30% 적엽(엽수 6장)과 50% 적엽(엽수 4장)을 실시하였다. 적엽 처리구는 하위엽을 제거하는 방식으로 관리하였으며 정식 후 7일 간격으로 적엽하여 전 실험기간 동안 처리 엽수를 유지하도록 관리하였다. 무적엽 처리구는 황화된 잎만 제거해 주었다. 각 처리구에서 발생하는 액아와 런너는 수시로 제거하였으며, 적화 및 적과는 하지 않았다.

재배기간 중 양액은 400배로 희석한 물푸레 1호 과채류용(Dae-yu, Korea)를 사용하였고, 자동 타이머를 이용하여 하루에 각 2분씩 5회 걸쳐 점적튜브를 통해 총 400 ml의 양액을 공급하였다. 공급되는 양액의 pH는 6.7 이었으며, EC는 1.5 dS.m⁻¹ 였다. 그외의 재배관리는 농촌진흥청 표준 딸기재배법에 준하여 실시하였다.

2.2. 조사방법

2.2.1. 생육조사

생육조사는 포트에 딸기를 정식 한 후 30, 60 및 90일 째에 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 흠을 제거한 후 뿌리의 가장 긴 부분을 측정하였다.

2.2.2. 생산성 조사

딸기의 생산성 조사는 포트에 딸기를 정식 한 후 1화방에서 5화방이 출현할 때까지 수확된 수량을 합산하였다. 딸기 수확은 과실크기가 2 g 이상이고, 속도가 균일한 것을 대상으로 하였다. 수확한 딸기는 수량, 과중, 과장, 과경을 조사하였다. 과중은 실험용 전자저울 (AX2202KR/E, OHAUS Cor., USA)을 이용하여 측정하였으며, 과장, 과경은 vernier calipers(CD-15CP, Mitutoyo Cor., JAPAN)을 사용하여 딸기의 과장과 과폭을 측정하였다.

또한 딸기의 품질에 관련된 색도, 경도, 산도, 당도, 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 측정하여 측정하였다. 산도는 Titratable acidity 법으로 그리고 당산비를 조사하였다. 딸기의 품질에 관련된 분석 실험은 시료당 10개의 딸기를 3반복씩 측정 후 그 평균값을 나타내었다.

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. 하위 적엽처리가 딸기의 생육에 미치는 영향

적절한 적엽처리는 수광조건을 개선시켜 과실의 당축적을 향상시킨다(Nam et al., 2016). 딸기 수확기의 엽

수 관리는 현장에서 쉽게 적용할 수 있고 수량과 품질에 미치는 영향도 크지만 개별 농가마다 적엽 방법이 달라 고품질의 딸기 생산을 위한 적엽 기준 설정이 필요하다.

시설 딸기재배에서 적엽처리 수준이 딸기의 생육에 미치는 영향을 조사하였다(Table 1-3 및 Fig. 1). 이를 위해 무적엽(엽수 8매)를 기준하여 30% 적엽(엽수 6매) 및 50% 적엽(엽수 4매)으로 적엽처리를 수준을 달리하여 딸기의 시기별 생육을 조사하였다.

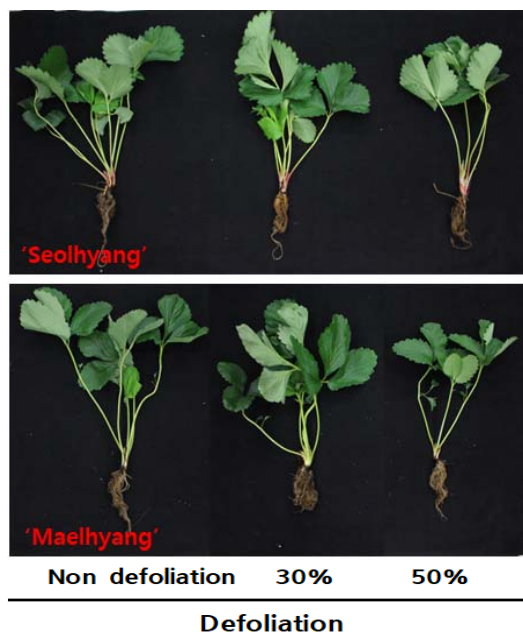


Fig. 1. The effect of different levels of defoliation on growth of strawberry at 90 days after transplanting.

무적엽으로 재배하였을 때 지상부 생육인 엽수와 엽면적, 엽장, 경직경 등이 수분별로 적엽한 처리보다 좋았고, 이러한 경향은 90일간의 전 생육기간 동안 유지되었다.

적엽과 딸기의 지상부 생육은 부의 상관관계를 나타냈는데, 적엽을 많이 할수록 딸기의 생육은 억제되었다. ‘설향’, ‘매향’ 두 품종 모두 무적엽 처리에서 지상부 및 지하부 생육이 좋았다. 정식 후 30% 적엽한 처리구는 생육 90일째까지 6매의 엽수를 유지하였고, 50% 적엽한 처리구는 4매, 반면 무적엽 처리구는 8매의 엽수를 유지하였다. 적엽처리하면 식물체당 엽면적이 감소하였다.

Table 1. The effect of defoliation on number of leaves, leaf area, leaf length and leaf width of strawberry plants

Cultivars	Defoliation treatment(%) ^z	No. of Leaves	Leaf area (cm ²)	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)
<i>30 days after transplanting</i>					
Seolhyang	30	6.1b ^y	284.8b	10.8a	9.1ab
	50	4.3c	263.4c	11.1a	9.4b
	Non defoliation	7.3a	355.7a	11.4a	10.1a
Maehyang	30	6.2b	149.7b	10.8a	8.1a
	50	4.4c	111.7c	11.0a	8.0a
	Non defoliation	8.4a	488.3a	11.9a	8.7a
<i>60 days after transplanting</i>					
Seolhyang	30	6.1b	416.8a	10.0a	8.6a
	50	4.1c	291.7b	10.1a	8.1a
	Non defoliation	7.2a	415.8a	10.5a	8.6a
Maehyang	30	6.0b	275.0b	9.9a	7.1a
	50	4.6c	233.6c	9.0a	6.9a
	Non defoliation	8.3a	328.5a	8.7a	6.8a
<i>90 days after transplanting</i>					
Seolhyang	30	6.2b	554.4b	10.6a	9.1a
	50	4.7c	504.2c	10.9a	8.8a
	Non defoliation	8.4a	617.2a	11.5a	9.4a
Maehyang	30	6.1b	552.3b	11.3a	7.4a
	50	4.6c	520.5c	11.1a	7.2a
	Non defoliation	8.3a	578.2a	11.8a	7.8a

^z Plants were different levels of defoliation applied from transplanting to 90 days growing periods. Defoliation applied non defoliation(leaf 8 remained), 30%(leaf 6 remained), and 50%(leaf 4 remained). Plant growth was measured at 30 days intervals during growing periods. All values are means of 9 plants.

^y Means in columns within each cultivar are separated by LSD at P = 0.05.

적엽하지 않고 30일간 생육시킨 ‘설향’의 엽면적은 355.7 cm² 였으나 50% 적엽처리하면 엽면적이 284.8 cm²로 낮아졌다. ‘매향’도 같은 경향으로 적엽처리 수준이 높아질수록 엽면적은 감소하였다.

또한 엽장과 엽폭도 무적엽 처리에서 가장 높았으며, 적엽처리 수준이 높아질수록 엽장과 엽폭은 작아지는 경향이었다(Table 1). 반면 적엽처리는 식물체의 초장에는 큰 영향을 미치지 않았으나 지하부의 생육은 억제되었다. 생육 30일째의 무적엽한 ‘설향’의 근장은 21.7 cm 였고, 30% 적엽 처리구는 20.5 cm, 50% 적엽 처리구는 12.7 cm 나타나 딸기에서 적엽처리는 뿌리생장을 억제하였다. 이러한 현상은 생육이 진행된 60일 및 90일째에 지속되었고, ‘매향’에서도 유사한 결과를 보였다.

적엽처리에 의해 경직경과 관부직경은 생육 초기인 30일째까지는 억제 되었으나 그 이후 생육이 진행될수록 유의적인 차이가 없었다(Table 2). 딸기에서 적엽처리에

의해 생육 초기에 관부직경이 얇아진 것은 잎을 제거하는 과정 중에 관부의 외경이 함께 감소했기 때문에 판단되었다(Kim et al., 2016).

‘설향’ 및 ‘매향’ 두 품종 모두 적엽처리 수준에 따라 생체중과 건물중에 차이를 보였다. 무적엽으로 재배된 딸기는 생육단계에 관계없이 적엽처리에 비해 지상부의 생체중과 건물중이 높았으며, 이러한 경향은 생육 30일째에 가장 현저하였다. 이와 같이 딸기를 재배하는 과정 중 적엽처리는 식물체 수광을 개선하는 유익한 측면도 있으나 과도한 적엽처리는 엽면적을 감소시켜 생육저하를 초래하였다(Kim et al., 2016). 특히 적엽정도가 높은 50% 적엽처리에서는 무적엽 처리에 비해 식물체의 생체중과 건물중이 낮았다(Table 3). 그 원인은 적엽처리로 광합성의 주요 기관인 잎이 제거되어 광합성 효율이 낮아지고 이에 따라 식물체내에 동화산물 축적량 감소로 이어진 것으로 해석된다(Keutgen et al., 1997; Lyu et

Table 2. The effect of defoliation on plant height, stem diameter, crown diameter and root length of strawberry plants

Cultivars	Defoliation treatment(%) ^z	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Crown diameter (mm)	Root length (cm)
<i>30 days after transplanting</i>					
Seolhyang	30	31.5a ^y	3.1b	10.1a	20.5a
	50	31.8a	3.4b	8.6b	12.7b
	Non defoliation	31.8a	3.6a	10.2a	21.7a
Maehyang	30	32.3a	3.7a	11.8b	12.4b
	50	33.1a	3.2a	10.6b	14.7b
	Non defoliation	35.3a	3.7a	15.3a	16.2a
<i>60 days after transplanting</i>					
Seolhyang	30	31.9a	3.2a	13.2a	16.3b
	50	30.7a	3.5a	11.2b	11.8b
	Non defoliation	33.3a	3.5a	13.1a	26.3a
Maehyang	30	33.0a	3.4a	12.2a	17.5b
	50	33.5a	3.5a	13.2a	17.1b
	Non defoliation	35.6a	3.5a	13.3a	22.9a
<i>90 days after transplanting</i>					
Seolhyang	30	32.6a	3.6a	14.3a	22.5a
	50	32.2a	3.5a	13.4a	16.8b
	Non defoliation	34.0a	3.6a	14.0a	20.8a
Maehyang	30	33.8a	3.6a	13.5a	21.2a
	50	31.6a	3.5a	13.0a	17.7b
	Non defoliation	34.1a	3.6a	13.8a	24.7a

^z Plants were different levels of defoliation applied from transplanting to 90 days growing periods. Defoliation applied non defoliation(leaf 8 remained), 30%(leaf 6 remained), and 50%(leaf 4 remained) defoliation. Plant growth was measured at 30 days intervals during growing periods. All values are means of 9 plants.

^y Means in columns within each cultivar are separated by LSD at $P = 0.05$.

al., 2014).

딸기 잎의 광합성 특성은 잎이 전개된 후 3주 미만의 잎보다는 생육이 진전된 7-9주 이상 경과된 잎에서 광합성 효율이 가장 높다고 하였다(Keutgen et al., 1997). 이에 따라 딸기의 효율적인 초세관리 및 생육의 최적화를 위해서는 과도하게 적엽하지 않고 노화잎이나 병든 잎만 제거하는 낮은 수준의 적엽관리가 좋을 것으로 판단된다.

3.2. 하위엽 적엽처리가 딸기의 과실수량에 미치는 영향

적엽처리는 적정 엽과비(leaf-fruit ratio)를 조성하기 위한 하나의 수단으로 수행되고 있으며 적엽 수준에 따라 과실비대, 당도 및 식미 등 딸기 품질에 영향을 끼친다. 시설 딸기재배에서 적엽처리가 딸기의 과실수량에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 4 및 5에 나타내었다.

‘설향’ 및 ‘매향’ 모두 적엽처리하면 과중이 적은 소과가 생산되어 딸기의 상품성도 낮아졌다. 원예작물에서 고품질의 과실을 생산하기 위해서는 적정 엽수가 필요하며, 작물에 따라 요구되는 적정 엽수는 다르다고 알려져 있다(Heuvenlink, 1997).

적엽을 하지 않고 재배한 ‘설향’은 주당 과실수가 13.8개로 가장 높았고, 적엽처리 수준이 높아질수록 과실수량은 감소하였다. 특히 50% 적엽처리구는 주당 과실수가 8.2개에 불과 하였다. 반면 ‘매향’은 적엽처리 수준에 관계없이 주당 과실수가 4.0-4.6개로 적엽처리에 의해 주당 과실수량에는 큰 차이가 없었다.

이러한 결과는 품종간 차이에 의한 것으로 판단되며 ‘설향’이 적엽처리에 더 민감하게 반응하였다. 딸기에서 적엽처리는 꽃분발육과 분화에 관련되며(Albergt et al., 1992; Casierra-Posada et al., 2012; Lee et al.,

Table 3. The effect of defoliation on fresh weight and dry weight of strawberry plants

Cultivars	Defoliation treatment(%) ^z	Fresh weight(g/plant)			Dry weight(g/plant)		
		Shoot	Root	Total	Shoot	Root	Total
<i>30 days after transplanting</i>							
Seolhyang	30	7.8b ^y	7.5b	15.3b	1.3b	0.8b	2.1b
	50	5.1b	7.5b	12.6b	1.7b	0.5b	2.2b
	Non defoliation	29.0a	14.3a	43.3a	4.9a	1.4a	5.3a
Maehyang	30	9.3b	4.1b	13.4b	1.0b	0.9a	1.9b
	50	4.1c	3.0b	7.1c	0.6b	0.5b	1.1b
	Non defoliation	14.4a	11.2a	25.6a	2.5a	1.1a	3.6a
<i>60 days after transplanting</i>							
Seolhyang	30	12.5b	11.3a	23.8b	2.3a	1.3a	3.6a
	50	11.6b	6.5b	18.1c	1.9b	0.7b	2.6b
	Non defoliation	17.7a	14.8a	32.5a	2.5a	1.4a	3.9a
Maehyang	30	9.1b	9.6a	18.7a	1.6a	1.4a	3.0a
	50	5.6c	6.4b	12.0b	1.0b	0.7b	1.7b
	Non defoliation	12.9a	10.7a	23.6a	2.1a	1.6a2	3.7a
<i>90 days after transplanting</i>							
Seolhyang	30	26.2a	16.2b	42.4a	4.4a	0.9a	5.3a
	50	20.3b	15.1b	35.4b	4.0a	1.1a	5.1a
	Non defoliation	27.7a	19.0a	46.7a	4.5a	0.8a	5.3a
Maehyang	30	23.5a	15.1b	38.6b	3.9b	0.7a	4.6b
	50	22.0a	15.5b	37.5b	3.3b	0.8a	4.1b
	Non defoliation	23.5a	18.1a	41.6a	5.4a	0.9a	6.3a

^z Plants were different levels of defoliation applied from transplanting to 90 days growing periods. Defoliation applied non defoliation(leaf 8 remained), 30%(leaf 6 remained), and 50%(leaf 4 remained). Plant growth was measured at 30 days intervals during growing periods. All values are means of 9 plants.

^y Means in columns within each cultivar are separated by LSD at $P = 0.05$.

2019), ‘설향’에서 적엽처리 수준이 높아질수록 과실이 작아지고 주당 과실수가 감소한 것은 과실생장에 필요한 충분한 잎의 확보하지 못하여 동화산물의 축적량이 부족했던 것에 기인한 것으로 판단된다(Kim et al., 2016).

과실의 길이와 직경도 적엽처리 수준에 따라 달랐으며 무적엽 처리구가 30% 및 50% 적엽처리구에 비해 과실이 컸다. ‘설향’에서 무적엽으로 재배된 과실의 과장과 과경은 각각 22.9 mm 및 21.6 mm 였다. 이는 50% 적엽처리구에 19.1 mm 및 18.8 mm 비해 과장은 3.8 mm 과폭은 2.8 mm 높았다. ‘매향’에서는 무적엽 처리와 30% 적엽처리는 50% 적엽 처리에 비해 과실수와 과장 및 과폭이 높았다. 반면 무처리와 30% 적엽 처리간에는 통계적인 유의성은 없었다. 따라서 ‘매향’에서는 하위엽 30% 적엽 처리도 유용할 것으로 판단된다.

과실의 무게는 동화산물의 축적에 의해 결정되는데,

적엽처리구는 주당 동화산물의 생산량이 감소하여 (Marceils et al., 2004) 과실로의 동화산물 분배량이 적어 과실의 크기가 감소한 것으로 사료된다. 따라서 적엽 처리는 딸기의 크기와 과실수량을 감소하는 원인이었다 (Table 4).

적엽처리가 딸기 품질에 미치는 영향을 조사하였다 (Table 5). 딸기재배에서 적엽처리는 과실 품질에 영향을 주었다. ‘설향’과 ‘매향’에서 적엽처리된 딸기는 색도, 당도 및 당산비 값이 감소하였다. 이러한 경향은 적엽정도가 많은 50% 적엽 처리구에서 더욱 두렷하였다.

과실의 색도는 적엽처리 수준이 높아짐에 따라 명도를 나타내는 L은 직선적으로 감소하였다. 또한 과실성숙과 관련이 있는 붉은색을 나타내는 a값 및 황색을 나타내는 L값도 적엽처리 수준이 높아질수록 감소하였다.

반면 과실의 경도는 두 품종 모두 적엽처리에 의해 큰

Table 4. The effect of defoliation on number of fruits, fruits weight, fruit length and fruit diameter of strawberry

Cultivars	Defoliation treatment(%) ^z	No. of fruits /plant	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)
Seolhyang	30	9.3b ^y	5.0a	22.4a	21.4a
	50	8.2b	3.6b	19.1b	18.8b
	Non defoliation	13.8a	5.2a	22.9a	21.6a
Maehyang	30	4.6a	4.4a	24.4a	20.2a
	50	4.0a	2.4b	17.9b	17.0b
	Non defoliation	4.0a	4.3a	29.0a	19.8a

^z Plants were different levels of defoliation applied from transplanting to 90 days growing periods. Defoliation applied non defoliation(leaf 8 remained), 30%(leaf 6 remained), and 50%(leaf 4 remained). All values are means of 18 plants and fruit characteristic measure from 1 flower clusters to 5 flower clusters.

^y Means in columns within each cultivar are separated by LSD at $P = 0.05$.

Table 5. The effect of defoliation on chromaticity, firmness, sugar content, acidity of fruit in strawberry(1 flower clusters ~ 5 flower clusters)

Cultivars	Defoliation treatment(%) ^z	Hunter value			Firmness (N)	Soluble solid content (°Brix)	Titratable acidity (Acetic acid %)	SSC/TA ratio ^y
		L	a	b				
Seolhyang	30	49.6a ^x	40.4b	34.8a	2.0a	7.2a	0.6a	12.9b
	50	49.5a	40.2b	33.2b	2.0a	5.7b	0.5b	12.1b
	Non defoliation	48.9b	41.3a	35.3a	2.2a	7.8a	0.6a	14.1a
Maehyang	30	47.6a	42.2a	29.9b	2.4a	9.2a	0.6a	16.1a
	50	45.8b	36.6b	27.0c	2.3a	7.7b	0.6a	12.9b
	Non defoliation	47.7a	41.6a	31.3a	2.5a	9.5a	0.6a	15.8a

^z Plants were different levels of defoliation applied from transplanting to 90 days growing periods. Defoliation applied non defoliation(leaf 8 remained), 30%(leaf 6 remained), and 50%(leaf 4 remained). All values are means of 18 plants and fruit characteristic measure from 1 flower clusters to 5 flower clusters.

^y SSC/TA ratio; Soluble solids concentration/Titratable acidity ratio.

^x Means in columns within each cultivar are separated by LSD at $P = 0.05$.

차이가 없었다. 다만 품종간 차이는 있었으며, ‘매향’은 ‘설향’보다 경도가 0.5N 정도 높았다. 이는 ‘매향’이 저장성이 강하여 수출용으로 적합함을 시사하는 결과이다.

‘설향’에서 적엽처리를 하지 않은 재배한 과실의 당도는 7.8 °Brix 였다. 반면 50% 적엽처리한 과실의 당도는 5.7 °Brix로 무적엽 처리한 과실에 비해 당도가 2.1 °Brix 낮아졌으며, ‘매향’ 또한 ‘설향’과 유사한 경향을 보였다. Ollat and Gaudillere(1998)는 딸기에서 적엽처리는 과실의 당도와 malic acid 함량을 감소시킨다고 하였고, 벨론에서도 적엽처리하는 과실내의 Sucrose 함량을 감소시킨다고 하였다(Hubbard et al., 1990). 이와 같이 본 연구와 선행연구를 고찰하여 보면 딸기를 재배하는

동안 적엽처리하는 과실의 당도를 감소시키는 것으로 판단된다.

당산비는 당도와 산도의 비율을 나타내며 과실의 맛을 결정하는 요인이다. ‘설향’에서 과실의 당산비는 무적엽 처리구에서 14.1로 가장 높았다. ‘매향’에서도 과실의 당산비는 무적엽 처리구에서 15.8로 가장 높았고, 50% 적엽처리구에서 12.9로 가장 낮았다.

딸기의 잎이 전개된 후 45일 이상 경과하여도 높은 광합성을 능력을 나타내고 동화산물의 공급원으로 중요한 역할을 한다(Keutgen et al., 1997; Lyu et al., 2014). 또한 딸기는 엽수가 증가하면 화방의 분화가 촉진되고 화수가 많아져 과실수량이 증가한다고 알려져 있다

(Albergt et al., 1992; Casierra-Posada et al., 2012). 시설 딸기 재배에서 권고되고 있는 적엽관리는 정식후에는 4매 그리고 첫 수확기에는 7-8매 정도의 엽수를 확보하는 좋다고 알려져 있다(Lee et al., 2019).

본 연구에서도 적엽처리에 비해 무적엽 처리구에서 딸기의 생육과 과실품질이 우수하였다. 이는 식물체의 생육과 과실성숙에 필요한 충분한 엽수를 확보함으로써 잎을 통한 광합성 및 동화산물 전류가 균형적으로 이루어져 결과라고 판단된다. 시설 딸기 재배의 영농현장에서는 정식 후 30일 이후에 적엽을 하는 것이 일반적이지만 본 실험에서는 정식 후 7일 간격으로 주기적으로 적엽을 실시한 결과 광합성에 필요한 충분한 엽수와 엽면적을 확보하지 않아 생육과 과실생산량이 저하된 것으로 해석된다. 따라서 딸기에서는 적엽처리를 하지 않고 8매 정도의 엽수를 확보하여 충분한 엽면적을 확보하는 것이 과실수량 증진과 품질 향상에 유용할 것으로 판단된다. 또한 적엽처리에 소요되는 노동력을 절감하는 효과를 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

4. 결론

본 연구는 딸기의 재배 기간동안 하위 적엽처리가 ‘설향’과 ‘매향’의 식물체의 생육, 과실수량 및 품질 변화에 미치는 영향을 밝히고, 효과적인 적엽관리 방법을 구명하고자 하였다. 재배기간 동안 적엽을 하지 않은 무처리에서 딸기의 지상부 및 지하부의 생장이 우수하였다. 이러한 경향은 ‘설향’, ‘매향’ 두 품종 모두 동일하였으며 적엽처리 수준이 높아질수록 생육이 억제되는 정도가 컸다.

‘설향’ 및 ‘매향’ 모두 적엽처리하면 과중이 적은 소과가 생산되어 딸기의 상품성도 낮아졌다. 적엽을 하지 않고 재배한 ‘설향’은 주당 과실수는 13.8개로 가장 높았고, 적엽처리 수준이 높아질수록 과실수량은 감소하였다. 특히 50% 적엽 처리구에는 주당 과실수는 8.2개에 불과하였다. ‘매향’에서는 무적엽 처리와 30% 적엽처리는 50% 적엽 처리에 비해 과실수와 과장 및 과폭이 높았다. 반면 무처리와 30% 적엽 처리간에는 통계적인 유의성은 없었다.

딸기를 재배하는 기간 동안 적엽처리는 딸기 품질에 부정적인 영향을 주었다. ‘설향’과 ‘매향’에서 50% 적엽

처리된 딸기는 색도, 당도 및 당산비 값이 감소하였다. ‘설향’에서 적엽처리를 하지 않고 재배한 과실의 당도는 7.8 °Brix 였다. 반면 50% 적엽처리한 과실의 당도는 5.7 °Brix로 무적엽 처리한 과실에 비해 당도가 2.1 °Brix 낮아졌으며, ‘매향’ 또한 ‘설향’과 유사한 경향을 보였다. 반면 과실의 경도는 두 품종 모두 적엽처리에 의해 큰 차이가 없었다. 따라서 딸기에서는 적엽처리를 하지 않고 8매 정도의 엽수를 확보하여 충분한 엽면적을 확보하는 것이 과실수량 증진과 품질 향상에 유용할 것으로 판단된다. 또한 적엽처리에 소요되는 노동력을 절감하는 효과를 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

감사의 글

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

REFERENCES

- Albergt, E. E., Howard, C. M., Chandler, C. K., 1992, Defoliation of strawberry transplants for fruit production in Florida, *HortScience*, 127, 887-891.
- Casierra-Posada, F., Torres, I. D., Riascos-Ortiz, D. H., 2012, Growth in partially defoliated strawberry plants cultivated in the tropical highlands, *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgacion Cientifica*, 15, 349-355.
- Ham, E. J., Jeong, W. J., Kang, I. G., Lee, J. Y., Chung, G. C., Kim, S. G., Lee, J. H., 2008, Effect of number of defoliation leave and its position on fruit characteristics during enlargement stage in Muskmelon(*cucumis melo* L.), *J. Bio-Envir. Cont.*, 17, 241-245.
- Heuvelink, E., 1997, Effect of fruit load on dry matter partitioning in tomato, *Entia. J. Hort. Sci.*, 69, 51-59.
- Hubbard, N. L., Pharr, D. M., Huber, S. C., 1990, Sucrose metabolism in ripening muskmelon fruit as affected by leaf area, *J. Amer. Hort. Sci.*, 115, 798-802.
- Kang, S. M., Ko, K. C., 1976, A Study on cold hardiness, flowering and fruit bearing in ‘Okubo’ peach trees as affected by defoliation, *Kor. J. Hort. Sci. Technol.*, 17, 1-11.
- Keutgen, N., Chen, K., Lenz, F., 1997, Responces of

- strawberry leaf photosynthesis, chlorophyll fluorescence and macronutrient contents to elevated CO₂, *Journal of plant physiology*, 150, 395-400.
- Kim, D. Y., Kim, S. Y., Lee, S. Y., 2016, Effects of leaf management during winter season on the yield and soluble solid contents of fruits in forcing cultivation of strawberry 'Seolhyang', *Protected Horticulture and Plant Factory*, 25, 283-287.
- KREI-Agricultural Simulation Model (KASMO), 2017, Vegetable state.
- Lee, D. B., Sim, K. M., 2011, Impact and countermeasures of climate change on agriculture, Korea Rural Economic Institute.
- Lee, G. B., Choe, Y. U., Park, E. J., Park, Y. H., Choi, Y. H., Kang, N. J., Kang, J. S., 2017, Effect of removing corolla and calyx lobes on fruit shape and quality of strawberry, *J. Envir. Sci. Inter.*, 24, 87-96.
- Lee, S. W., Yun, J. G., Hong, J. K., Choi, K. Y., Park, S. J., 2019, The effects of different degrees of defoliation on 'Seolhyang' strawberry's fruit characteristics, plant growth and changes in nonstructural carbohydrates, *Protected Horticulture and Plant Factory*, 28, 9-15.
- Lee, Y. C., Kang, S. M., 1992, The immediate and carry-over effects of leaf area restrictions on vegetative and fruit growth of seibe 9110(*Vitis* spp.), *Kor. J. Hort. Sci. Technol.*, 10, 106-107.
- Lester, G. E., Bruton, B. D., 1986, Relationship of netted muskmelon fruit water loss to post-harvest storage life, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 111, 727-731.
- Lyrene, P. M., 1992, Early defoliation reduces flower bud counts on rabbiteye blueberry, *HortScience*, 27, 783-785.
- Lyu, C. B., Yang, W. J., Li, K. T., 2014, Partial Defoliation and Runner Removal Affect Runnering, Fruiting, Leaf Photosynthesis and Root Growth in 'Toyonoka' Strawberries for Subtropical Winter Production, *Hort. Environ. Biotechnol.*, 55(5), 372-379.
- Marcelis, L. F. M., Heuvelink, E., Baan Hotman-Eijer, L. R., Bakker, J., Xue, L. B., 2004, Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength, *J. Exper. Botany.*, 55, 2261-2268.
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries(MAFRA), 2017, The statistics of vegetable production, 85.
- Nam, J. C., Chang, E. H., Yang, H., Cho, E. K., Jung, S. M., Hur, Y. Y., Koh, S. W., Choi, I. M., 2016, Effect of leaf removal on coloration improvement of red variety 'Hongisul' Grape, *J. Korean Soc. Int. Agric.*, 28, 231-236.
- Ollat, N., Gaudillere, J. P., 1998, The effect of limiting leaf area during stage I of berry growth on development and composition of berries of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon, *Am. J. Eno. Vitic.*, 49, 251-258.
- Park, H. S., 1970, Studies of the effect of number of leaves per shoot on shoot growth and grape yield in 'Campbell Early', *Kor. J. Hort. Sci. Technol.*, 8, 71-79.
- Park, S. J., Kim, Y. G., Kim, J. C., Cho, J. L., Jeong, B. R., Kang, S. M., Lee, Y. C., 2002, Changes in organic nutrients of senescing Fuyu leaves at two locations differing in the time of abscission, *Acta. Hort.*, 601, 73-78.
- Park, Y. G., 2017, Establishment of seed harvesting condition for high-quality seed production of watermelon, PhD. Diss., Pusan National University, Busan, Korea.
- Rural Development Administration (RDA), 2011, Operating manual for improving agricultural income by commodity(vegetable)-strawberry, 11-1390000-002935-01, Suwon, Korea.
- Rural Development Administration (RDA), 2015, Information of agriculture statistic, <http://www.rda.go.kr>.
- Shimizu, T., Torikata, H., Torii, S., 1975, Studies on the effect of crop load on the composition of Satsuma mandarin trees. III. Effect of different leaf-to-fruit ratios on the carbohydrate content of the tree of harvest time and blossom and foliage productions of the following year, *J. Japan Soc. Hort. Sci.*, 43, 423-429.
- Srisook, W., Lim, C. K., Oh, E. U., Moon, D. G., Song, K. J., 2016, Effects of defoliation levels and times on return bloom and fruit quality in the following two years in 'Jecy Gold' kiwifruit, *J. Korean Soc. Int. Agric.*, 28, 520-525.
- Worley, R. E., 1979a, Fall defoliation date and seasonal carbohydrate concentration of pecan wood tissues. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 104, 195-199.
- Worley, R. E., 1979b, Pecan yield, quality nutlet set and spring growth as a response to time of fall defoliation, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 104, 192-194.

-
- 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