

적엽 수준이 '설향' 딸기의 과실 특성, 식물체 생육 및 탄수화물 변화에 미치는 영향

이상우^{1*} · 윤재길¹ · 홍점규¹ · 최기영² · 박수정¹

¹경남과학기술대학교 원예과학과, ²강원대학교 시설농업학과

The Effects of Different Degrees of Defoliation on 'Seolhyang' Strawberry's Fruit Characteristics, Plant Growth and Changes in Nonstructural Carbohydrates

Sang Woo Lee^{1*}, Jae Gill Yun¹, Jeum Kyu Hong¹, Ki Young Choi², and Soo Jeong Park¹

¹Department of Horticulture, Gyengnam National University of Science and Technology, Jinju 52725, Korea

²Department of Controlled Agriculture, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

Abstract. This study aimed to examine the effects of different degrees of defoliation during harvest season on hydroponically cultured 'Seolhyang' strawberry's fruit characteristics, plant growth, and changes in nonstructural carbohydrates, and find an effective defoliation method. On November 29, 2013, some of the 'Seolhyang' leaves were non-defoliated and the others were defoliated remaining 9 and 5 leaves. The number of fruits and fruit weight were not significantly different in the first flower cluster but in the second, third, and fourth flower clusters decreased as the level of defoliation increased. The soluble solids content and acidity of fruits decreased in all the clusters as the level of defoliation increased. The leaf area and leaf dry weight of strawberry plant in all the treatment groups decreased from January to March and root dry weight sharply decreased during February. Thereafter, during April, the growth of plant increased. As defoliation increased, the dry weight of fruits, flower clusters, crowns, and roots decreased, and during late growing period, difference in dry weight according to the degree of defoliation was considerable. The content of carbohydrate was greater in the leaves than the fruits excepting January 30 and February 28, 2014 and in the case of strawberry plant that continuously produce fruits, the content of carbohydrate decreased in the leaves and roots. As defoliation increased, the content of carbohydrate in fruits, flower clusters, crowns, and roots decreased. Defoliation for strawberry plants is carefully done during harvest season. Twelve leaves during December and 14 leaves from January to March should be maintained, and in April when the number of leaves increases, old leaves should be defoliated.

Additional key words : flower cluster, *Fragaria × ananassa*, hydroponics, soluble sugars, starch

서 론

시설 하우스 내에서 생산되는 축성재배용 딸기는 겨울을 대표하는 과실로 12월부터 이듬해 5월까지 수확이 집중되고 있다. 재배기간이 긴 시설딸기는 겨울철 저온과 봄철 고온으로 인해 온도 환경의 효율적 관리가 어렵고, 특히 겨울철 저온과 일조 부족은 식물체의 초세를 약화시켜 과실의 당도가 저하되고 생산량이 감소한다. 최근 시설딸기는 하우스 지면에서 1m 높이의 고설베드

를 설치하여 수경재배 하는 농가가 매년 증가하고 있고, 고설베드에 백색 유공 멀칭 비닐을 이용하여 묘의 포기 간격을 18cm, 열 간격을 11cm, 격자간격으로 두줄씩 심어 햇빛을 고르게 받도록 재배하고 있다.

딸기의 잎은 관부에서 로제트상으로 발생하고 복엽으로 잎자루 끝에 3매의 소엽이 붙어 있다. 딸기는 겨울철 저온기에 잎이 왜화되고 신엽의 발생속도가 늦으나 봄철 고온에서는 신엽의 발생속도가 빠르고 잎의 수가 많아 과면부 함으로 수확기간 중 식물체의 적절한 잎 관리가 필요하다. 식물의 광합성은 엽령, 엽면적, 엽수 등에 의해 영향을 받는다(Bhagsari와 Brown, 1985; Keutgen 등, 1997; Suzuki 등, 1987). 딸기의 잎은 전엽 후 45일 이상 경과하여도 높은 광합성 능력을 나타내고, 동화산물

*Corresponding author: Iswmelon@gnitech.ac.kr
Received October 10, 2018; Revised November 5, 2018;
Accepted December 17, 2018

의 공급원으로 중요한 역할을 한다(Keutgen 등, 1997; Lyu 등, 2014). 딸기는 엽수가 증가하면 동화산물의 생성이 증가하여 화방의 분화가 촉진되고, 화수가 많아져 과실 수량이 증가한다(Albergt 등, 1992; Casierra-Posada 등, 2013). 축성재배용 딸기는 엽수를 정식 후에 4매, 1화방 출퇴기에 5매, 개화 초기에 6~7매, 그리고 첫 수확기에 7~8매 정도로 유지한다. 딸기는 생육기 동안 화방의 수를 4~6개 정도 출퇴시켜 재배함으로 과실 생산에 필요한 잎의 수를 충분히 확보해야 한다. 딸기 재배농가에서는 식물체의 초세관리를 위해 겨울철에 이병엽과 노화된 잎을 제거하고, 봄철 잎이 과번무하여 수광 상태가 불량하면 적엽을 실시한다. 시설 하우스 내의 환경과 잎의 생육을 고려한 적엽관리가 필요하다.

본 연구는 딸기 수확기간 동안 적엽 수준이 ‘설향’ 딸기의 과실 특성, 식물체 생육 및 탄수화물의 변화에 미치는 영향을 밝히고, 효과적인 적엽관리 방법을 구명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 실험은 축성재배용 ‘설향’ 품종의 묘를 2013년 10월 10일 와그너 포트(1/5000 a, Kenis, Japan)에 정식하여 고설식 베드에서 재배하였다. 와그너 포트는 묘 포기 간격을 18cm, 열 간격을 11cm, 이조식 격자로 배열하였다. 경남농업기술원 딸기 양액 처방서에 따라 양액을 조제한 후 주당 약 10mL 씩 매일 3~5회 점적관수 하였고, 기타 재배는 표준 딸기 재배법에 준하여 관리하였다. 2013년 11월 29일에 무적엽을 대조구로 하였고, 잎을 9매, 5매 남기고 적엽하였다. 9매와 5매 적엽구는 하위엽을 제거하는 방식으로 관리하였다. 실험구는 처리당 3반복 반복당 40주로 난괴법으로 배치하여 과실 특성과 식물체 생장을 조사하였다.

과실의 특성조사는 1화방부터 4화방까지 과실수, 과실의 생체중, 당도, 산도를 측정하였다. 과실은 꽃받침 아랫부분까지 착색된 과실을 2~3일 간격으로 수확하였다. 당도와 산도는 수확시 처리당 3개의 과실을 2등분한 후 한 과실당 2회씩 과일 당산도 측정기(SAM-706AC, G-Won HITECK., Korea)로 측정하여 평균값으로 나타내었다.

식물체의 생장은 적엽 처리시기인 2013년 11월 29일부터 이듬해 2014년 4월 30일까지 한 달 간격으로 각 처리마다 15주씩을 굴취하여 잎, 과실, 화경, 관부, 뿌리로 나누어 조사하였다. 잎은 엽수와 총엽면적(LI-3100 Area meter, LI-COR Co. USA)을 조사하였고, 과실은 조사 시기에 화방에 남아있는 과실을 화경과 분리하여 조사하였다. 관부는 최대 직경을 버니어캘리퍼스로 측정하였다. 각 부위의 건물중은 80°C에서 48시간 건조(HQ-

FDO 260, RS KOREA, Korea) 후 측정하였으며, Wiley mill(T4276M, Thomas Scientific, USA)을 이용하여 20mesh로 분쇄하여 분석시료로 사용하였다.

생화학적 분석은 Park(2002)이 사용한 방법에 준하여 가용성 당과 전분의 함량을 측정하였다. 가용성 당은 각 부위별 건물 50mg에 80% 에탄올(v/v) 0.9mL을 첨가하여 80±5°C 수조에서 30분간 용출시킨 후 15,000×g에서 5분 동안 원심분리하여 상등액을 2회 반복하여 추출하였다. 전분은 가용성 당을 추출한 후 남은 침전물에 4.5N HClO₄을 0.9mL 첨가하여 실온에서 30분간 용출시킨 후 15,000×g에서 5분 동안 원심분리하여 상등액을 2회 추출하였다. Anthrone 반응(McCready 등, 1950)으로 당을 정량하였으며, 포도당을 표준당으로 사용하였다.

통계분석은 Duncan의 다중검정(Duncan's multiple range test, p=0.05)으로 처리간 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

적엽 수준이 과실 특성에 미치는 영향

적엽 수준에 따른 ‘설향’ 딸기의 주당 과실수와 과실 수량은 1화방부터 4화방까지 조사하였다(Table 1). 1화방에서 무적엽 처리구는 과실수 15개, 과실 수량 198.4g 이었고 9매와 5매 처리구는 각각 과실수 14개, 과실 수량 197.0g과 181.4g으로 처리간에 유의성이 없었다. 2화방에서 무적엽은 18개, 238.3g으로 많았고 9매 처리구는 16개로 220.0g, 5매 처리구는 12개로 153.8g 이었다. 3화방에서 무적엽은 12개로 139.5g, 9매 처리구는 9개로 106.1g, 5매 처리구는 5개로 47.3g 이었다. 4화방에서 무적엽은 10개로 118.5g, 9매 처리구는 6개로 73.0g, 5

Table 1. Effect of different degrees of defoliation on number of fruit and yield of ‘Seolhyang’ strawberry.

Treatment	Flower cluster				
	1st	2nd	3rd	4th	Total
	No. of fruits				
Non-defoliation	15 a ^y	18 a	12 a	10 a	55 a
Leaf-9 ^z	14 a	16 b	9 b	6 b	45 b
Leaf-5	14 a	12 c	5 c	4 b	35 c
	Yield (g FW/plant)				
Non-defoliation	198.4 a	238.3 a	139.5 a	118.5 a	694.7 a
Leaf-9	197.0 a	220.0 b	106.1 b	73.0 b	596.1 b
Leaf-5	181.4 a	153.8 c	47.3 c	48.6 c	431.1 c

^yPlants were defoliated on Nov. 29, 2013. Number of remained leaves after defoliation treatment.

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at p=0.05.

매 처리구는 4개로 48.6g 이었고 2, 3, 4화방에서는 적엽 처리에 따른 유의적인 차이를 보였다. 2화방의 무적엽과 9매 처리구는 1화방보다 과실수와 과실 수량이 증가하였으나, Lee와 Chae(2012)는 '설향' 딸기에서 상위 화방일수록 착과된 과실수가 많고, 과중이 증가하였다고 보고하였다. 주당 총 과실수와 과실 수량은 무적엽 처리

구가 55개, 694.7g으로 가장 많았고, 9매 처리구가 45개로 596.1g, 5매 처리구가 35개로 431.1g으로 적엽 수준이 증가할수록 총 과실수가 적고, 총 과실 수량은 9매 처리구에서 14.2%, 5매 처리구에서 37.9% 감소하였다. 적엽 수준이 증가할수록 1화방을 제외한 모든 화방에서 과실수가 감소하였는데, 적엽정도는 꽃눈발육과 밀접한 관계가 있다(Albregts 등, 1992; Casierra-Posada 등, 2013; Eshghi 등, 2007).

Table 2. Effect of different defoliation treatments on fruit quality of 'Seolhyang' strawberry.

Treatment	Flower cluster			
	1st	2nd	3rd	4th
Soluble solids content(°Brix)				
Non-defoliation	11.2 a ²	9.3 a	8.5 a	9.9 a
Leaf-9 ²	10.9 a	8.1 b	8.2 a	8.2 b
Leaf-5	9.1 b	6.5 c	7.3 b	7.6 c
Acidity(%)				
Non-defoliation	0.66 a	0.64 a	0.65 a	0.69 a
Leaf-9	0.56 b	0.54 b	0.58 b	0.66 a
Leaf-5	0.47 c	0.53 b	0.56 b	0.64 a

²Plants were defoliated on Nov. 29, 2013. Number of remained leaves after defoliation treatment.

³Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p=0.05$.

적엽 수준이 과실 품질에 미치는 영향을 조사하였다 (Table 2). 과실의 당도는 1화방에서 무적엽이 11.2°Brix로 가장 높았고, 9매 처리구가 10.9°Brix, 5매 처리구가 9.1°Brix로 적엽 처리에 따른 유의적인 차이를 보였다. 2화방에서 무적엽이 9.3°Brix, 9매 처리구가 8.1°Brix, 5매 처리구가 6.5°Brix 이었다. 3화방에서 무적엽이 8.5°Brix, 9매 처리구가 8.2°Brix, 5매 처리구가 7.3°Brix로 무적엽은 상위 화방일수록 과실의 당도가 높았고, 9매와 5매 처리구는 1월과 2월에 수확하는 2화방에서 과실의 당도가 낮았다. 4화방에서 무적엽이 9.9°Brix, 9매 처리구가 8.2°Brix, 5매 처리구가 7.6°Brix로 3월과 4월에 수확하는 4화방의 무적엽과 5매 처리구에서 당도가 증가하였다. 적엽이 증가할수록 모든 화방에서 과실의 당도가 감소하였고 5매 처리구는 무적엽 처리구보다 2°Brix 정도 낮았다. 과실의 산도는 1화방에서 무적엽이 0.66%, 9매

Table 3. Effect of different degrees of defoliation on the growth and dry weight in various parts of a 'Seolhyang' strawberry plant.

Date	Treatment	Leaf per plant			Fruit (g DW/plant)	Flower cluster (g DW/plant)	Crown per plant		Root (g DW/plant)
		No.	Area (cm ²)	DW (g)			Size (mm)	DW (g)	
Nov.29. 2013		9.7 d ²	976 c	8.90 d	1.94 e-h	1.43 d-g	13.80 h	1.44 f	3.58 ef
	Non-defoliation	12.1 c	1,416 ab	13.76 a	3.07 c-g	2.47 a	16.61 c-f	1.98 c-f	4.54 abc
Dec.30. 2013	Leaf-9 ²	8.7 d	1,020 c	10.23 cd	3.51 bcd	2.44 a	16.35 def	1.86 def	4.12 cd
	Leaf-5	5.0 e	443 fg	4.23 g	3.09 c-g	1.82 bcd	15.67 fg	1.47 f	3.49 f
Jan.30. 2014	Non-defoliation	14.1 b	1,326 b	13.10 a	6.16 a	2.00 abc	17.15 a-d	2.63 bc	4.38 bc
	Leaf-9	8.9 d	693 d	6.60 e	4.84 b	1.87 b-e	16.81 bcd	2.32 b-e	4.56 abc
Feb.28. 2014	Leaf-5	4.8 e	323 gh	2.66 h	3.27 cde	1.05 gh	15.26 g	1.44 f	2.86 g
	Non-defoliation	15.5 b	1,386 b	12.36 ab	4.31 bc	2.36 ab	17.31 a-d	2.05 c-f	2.82 g
Mar.30 2014	Leaf-9	8.8 d	676 de	5.83 ef	3.21 c-f	1.93 a-d	16.76 b-e	1.80 ef	2.73 g
	Leaf-5	4.9 e	238 h	1.66 h	1.92 e-h	1.39 d-g	16.43 cd	1.52 f	2.10 h
Apr.30. 2014	Non-defoliation	15.0 b	1,259 b	11.30 bc	2.36 d-h	1.17 fg	17.67 ab	2.54 bcd	3.76 def
	Leaf-9	8.9 d	523 ef	4.50 fg	1.76 fgh	1.36 efg	16.84 b-e	1.97 c-f	3.34 f
Apr.30. 2014	Leaf-5	5.0 e	296 gh	1.76 h	0.93 h	0.59 h	16.11 efg	1.59 f	2.55 gh
	Non-defoliation	18.3 a	1,554 a	13.50 a	2.36 d-h	1.79 cde	17.88 a	5.19 a	5.03 a
Apr.30. 2014	Leaf-9	9.2 d	898 c	6.10 e	1.97 e-h	1.63 c-f	17.38 abc	2.96 b	4.65 ab
	Leaf-5	4.7 e	518 ef	3.06 gh	1.63 gh	0.99 gh	17.09 a-e	1.95 c-f	4.04 cde

²Number of remained leaves after defoliation treatment.

³Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p=0.05$.

처리구가 0.56%, 5매 처리구가 0.47%로 적엽 처리에 따른 유의적인 차이를 보였다. 2, 3화방에서 적엽 처리구는 무적엽 처리구에 비하여 산도가 감소하였다. 4화방에서 무적엽이 0.69%, 9매 처리구가 0.66%, 5매 처리구가 0.64%로 산도가 증가하나 처리간에 유의성이 없었다. 화방별로 산도의 변화는 일관성이 없었으나 적엽이 증가할수록 산도가 감소하였다(Casierra-Posada 등, 2013).

적엽 수준이 식물체 생장에 미치는 영향

적엽 수준이 ‘설향’ 딸기의 식물체 부위별 생장과 건물중에 미치는 영향을 조사하였다(Table 3). 적엽 처리 직전인 11월 29일에 주당 엽수는 9.7매, 엽면적은 976cm², 엽건물중은 8.90g 이었다. 한달 간격으로 조사한 결과 무적엽 처리구에서 엽수는 12월 30일에 12.1매, 1월 30일부터 3월 30일까지는 14.1~15.5매, 4월 30일에 18.3매로 증가하였다. 엽면적과 엽건물중은 12월 30일에 1,416cm²와, 13.76g 이었고, 3월 30일에 1,259cm²와 11.30g으로 감소한 후 4월 30일에 1,554cm²와 13.50g으로 증가하였다. 1월 30일부터 3월 30일까지 무적엽 처리구의 엽수는 12월 30일 보다 증가한데 반하여 엽면적과 엽건물중은 감소하였다. 9매 처리구의 엽면적과 엽건물중은 12월 30일에 1,020cm²와 10.23g 이었으나 이후 감소하여 3월 30일에 523cm²와 4.50g 이었고 4월 30일에 898cm²와 6.1g으로 증가하였다. 5매 처리구는 12월 30일에 443cm²와 4.23g 이었고 2월 28일에 238cm²와 1.66g으로 감소한 후 4월 30일에 518cm²와 3.06g으로 증가하였다. 적엽 처리 후 엽면적과 엽건물중은 12월 30일에 조사한 결과 9매 처리구에서 28%와 26%, 5매 처리구에서 각각 69%로 무적엽 처리구에 비하여 감소하였고, 이후 생육이 진행될수록 적엽 처리간 감소 비율이 증가하였다. 과실의 건물중은 생육 시기별 화방에 남아 있는 과실을 조사하였고, 12월 30일을 제외하고 적엽이 증가할수록 과실의 건물중은 감소하였다. 화방의 건물중은 적엽이 증가할수록 감소하여 적엽 처리에 따른 유의적인 차이를 보였다. 관부는 적엽을 실시한 11월 29일에 직경은 13.80mm, 건물중은 1.44g 이었다. 무적엽 처리구는 12월 30일에 16.61mm와 1.98g 이었고 4월 30일에 17.88mm와 5.19g으로 생육 후반기에 직경과 건물중이 증가하였다. 9매 처리구는 12월 30일에 16.35mm와 1.86g 이었고, 4월 30일에 17.38mm와 2.96g으로 증가하였다. 5매 처리구는 12월 30일에 15.67mm와 1.47g 이었고, 4월 30일에 17.09mm와 1.95g으로 증가하였다. 관부의 건물중은 무적엽 처리구에 비하여 12월 30일 9매 처리구에서 6%, 5매 처리구에서 26% 감소하였고, 4월 30일 9매 처리구에서 43%, 5매 처리구에서 62%로 생육 후반기로 갈수록 적엽 처리간 감소 비율이 증가하였다.

딸기의 관부는 줄기 절간이 단축된 형태로 뿌리와 더불어 동화산물의 중요한 저장기관으로 알려져 있다. 적엽 처리구는 엽을 제거하는 과정 중에 관부를 감싸고 있는 엽병이 제거되어 관부의 직경이 감소하였다(Kim 등, 2011). 뿌리의 건물중은 적엽 처리 직전인 11월 29일에 3.58g 이었다. 무적엽 처리구는 12월 30일에 4.54g으로 증가하였고 2월 28일에 2.82g으로 감소한 후 4월 30일에 5.03g으로 증가하였다. 5매 처리구는 12월 30일에 3.49g, 2월 28일에 2.10g으로 감소하였고 4월 30일에 4.04g으로 증가하였다. 뿌리 건물중은 5매 처리구가 무적엽과 9매 처리구에 비하여 유의적으로 낮았다. 12월부터 이듬해 4월까지 과실 생산이 연속적인 딸기 식물체는 적엽 처리와 관계없이 모든 처리구에서 엽면적과 엽 건물중이 1월부터 3월까지 감소하였고 뿌리 건물중은 2월에 급격히 감소하는 경향이었다. 이후 봄철 4월에 식물체 생장이 증가하였다. 축적재배용 ‘설향’ 딸기는 적엽이 증가할수록 과실, 화방, 관부, 뿌리의 건물중이 감소하였다. 딸기는 수확기간 동안 잎을 제거하면 광합성이 감소하여 식물체 생장이 약화되고, 건물축적이 감소하였다(Casierra-Posada 등, 2012; Lyu 등, 2014).

적엽 수준이 탄수화물의 분배에 미치는 영향

적엽 수준이 ‘설향’ 딸기의 식물체 부위별 가용성 당 함량에 미치는 영향을 조사하였다(Table 4). 식물체 부위별 가용성 당의 함량은 건물중과 농도를 곱한 값으로 잎에서 가장 높았고, 적엽 처리 직전인 11월 29일에 잎의 가용성 당 함량은 주당 1.18g 이었다. 무적엽 처리구의 잎은 12월 30일에 1.98g으로 증가하였고 2월 28일에 1.28g으로 감소하였다. 12월 30일에 9매 처리구는 1.42g, 5매 처리구는 0.56g 이었고 1월 30일 이후부터 9매 처리구는 0.57g~0.67g, 5매 처리구는 0.16g~0.35g 범위로 감소하였다. 과실의 가용성 당 함량은 1월 30일과 2월 28일 조사에서 높았고, 1월 30일부터 적엽이 증가할수록 과실의 가용성 당 함량이 감소하였다. 관부는 11월 29일에 0.13g 이었고, 4월 30일에 무적엽 처리구는 0.45g, 9매 처리구는 0.23g, 5매 처리구는 0.15g으로 가용성 당 함량이 증가하였다. 뿌리의 가용성 당 함량은 11월 29일에 0.29g 이었고 1월 30일에 무적엽은 0.47g, 9매 처리구는 0.58g으로 증가한 후 감소하는 경향이었다. 12월 30일에 무적엽 처리구는 0.30g, 9매 처리구는 0.26g, 5매 처리구는 0.17g 이었고 4월 30일에 무적엽은 0.22g, 9매와 5매 처리구는 각각 0.13g으로 감소하였다. 무적엽 처리구는 5매 처리구보다 가용성 당 함량이 12월 30일에 1.8배, 4월 30일에 1.7배 많았다. 저장기관인 관부와 뿌리는 가용성 당의 축적 양상이 상반된 경향이었다. 특히 뿌리에서 저장된 가용성 당은 생육 후반기에 감소하였는데,

Table 4. Effect of different degrees of defoliation on the content of soluble sugars in various parts of a 'Seolhyang' strawberry plant.

Date	Treatment	Soluble sugars (g/plant)				
		Leaf	Fruit	Flower cluster	Crown	Root
Nov.29. 2013		1.18 c ^y	0.58 ef	0.16 a-d	0.13 e	0.29 c
	Non-defoliation	1.98 a	1.23 cde	0.21 a	0.15 e	0.30 c
Dec.30. 2013	Leaf-9 ^z	1.42 b	1.32 b-e	0.21 a	0.15 e	0.26 cd
	Leaf-5	0.56 de	1.03 c-f	0.14 cde	0.14 e	0.17 efg
	Non-defoliation	1.36 bc	2.36 a	0.19 ab	0.35 b	0.47 b
Jan.30. 2014	Leaf-9	0.66 d	1.64 abc	0.15 bcd	0.27 c	0.58 a
	Leaf-5	0.29 f	1.48 bcd	0.07 fg	0.13 e	0.17 efg
	Non-defoliation	1.28 bc	2.06 ab	0.18 abc	0.18 de	0.18 efg
Feb.28. 2014	Leaf-9	0.57 de	1.35 b-e	0.13 de	0.16 e	0.15 fg
	Leaf-5	0.16 f	0.71 def	0.07 fg	0.13 e	0.08 h
	Non-defoliation	1.39 bc	0.74 def	0.09 ef	0.25 c	0.20 ef
Mar.30. 2014	Leaf-9	0.57 de	0.58 ef	0.09 ef	0.17 e	0.15 fg
	Leaf-5	0.25 f	0.28 f	0.04 g	0.12 e	0.12 gh
	Non-defoliation	1.42 b	0.72 def	0.13 de	0.45 a	0.22 de
Apr.30. 2014	Leaf-9	0.67 d	0.56 ef	0.10 ef	0.23 cd	0.13 gh
	Leaf-5	0.35 ef	0.57 ef	0.05 fg	0.15 e	0.13 gh

^yNumber of remained leaves after defoliation treatment.

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p=0.05$.

Table 5. Effect of different degrees of defoliation on the content of starch in various parts of a 'Seolhyang' strawberry plant.

Date	Treatment	Starch (g/plant)				
		Leaf	Fruit	Flower cluster	Crown	Root
Nov.29. 2013		0.34 c ^y	0.13 def	0.07 bc	0.07 d	0.34 bc
	Non-defoliation	0.56 a	0.20 b-e	0.12 a	0.09 d	0.41 a
Dec.30. 2013	Leaf-9 ^z	0.48 ab	0.24 bcd	0.12 a	0.11 cd	0.30 c
	Leaf-5	0.16 efg	0.22 b-e	0.07 bc	0.06 d	0.15 def
	Non-defoliation	0.49 ab	0.40 a	0.09 b	0.17 b	0.33 bc
Jan.30. 2014	Leaf-9	0.26 cd	0.31 ab	0.08 bc	0.14 bc	0.38 ab
	Leaf-5	0.09 g	0.22 b-e	0.04 d	0.06 d	0.09 efg
	Non-defoliation	0.44 b	0.29 bc	0.09 b	0.11 cd	0.16 de
Feb.28. 2014	Leaf-9	0.24 de	0.28 bc	0.07 bc	0.09 d	0.12 d-g
	Leaf-5	0.07 g	0.13 def	0.04 d	0.06 d	0.06 g
	Non-defoliation	0.51 ab	0.19 cde	0.04 d	0.16 b	0.26 c
Mar.30. 2014	Leaf-9	0.20 def	0.15 def	0.04 d	0.08 d	0.13 d-g
	Leaf-5	0.09 g	0.06 f	0.02 e	0.08 d	0.09 efg
	Non-defoliation	0.57 a	0.17 c-f	0.07 bc	0.32 a	0.18 d
Apr.30. 2014	Leaf-9	0.26 cd	0.14 def	0.08 bc	0.10 cd	0.11 d-g
	Leaf-5	0.13 fg	0.12 ef	0.06 cd	0.07 d	0.08 fg

^yNumber of remained leaves after defoliation treatment.

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p=0.05$.

이들 가용성 당은 과실 생장과 식물체 생장에 탄소와 에너지원으로 이용된다(Eshghi 등, 2007; Nishizawa, 1995).

적엽 수준이 '설향' 딸기의 식물체 부위별 전분 함량에 미치는 영향을 조사하였다(Table 5). 잎의 전분 함량은 적엽 처리 직전인 11월 29일에 주당 0.34g 이었다. 무적엽 처리구의 잎은 12월 30일에 0.56g으로 증가하였고 2월 28일에 0.44g으로 감소한 후 4월 30일에 0.57g으로 증가하였다. 9매 처리구는 12월 30일에 0.48g으로 증가하였고 1월 30일 이후부터 0.20~0.26g 범위로 감소하였다. 5매 처리구는 12월 30일에 0.16g 이었고 1월 30일부터 3월 30일까지 0.07~0.09g 범위로 감소하였다. 과실은 1월 30일 조사에서 전분 함량이 높았다. 관부는 적엽 처리 직전인 11월 29일에 0.07g 이었고, 4월 30일에 무적엽은 0.32g, 9매 처리구는 0.10g, 5매 처리구는 0.07g 이었다. 뿌리의 전분 함량은 적엽 처리 직전에 주당 0.34g 이었고 4월 30일에 무적엽은 0.18g, 9매 처리구는 0.11g, 5매 처리구는 0.08g으로 감소하였다. 무적엽 처리구는 5매 처리구보다 전분 함량이 2.3배 많았다. 딸기 식물체의 잎은 탄수화물의 공급부위이면서 저장기관으로서의 역할을 동시에 하며, 실제적 저장기관인 뿌리보다 탄수화물의 분배가 많았다. 과실 생산이 연속적인 딸기 식물체는 잎과 뿌리에서 탄수화물 함량이 감소하였고, 이들 탄수화물은 수용부위 활성도가 큰 과실로 이동된다(Casierra-Posada 등, 2012; Eshghi 등, 2007; Lyu 등, 2014; Nishizawa, 1994).

딸기 재배에 있어서 적엽 처리는 과실 수량과 품질 뿐만 아니라 식물체 생육에도 영향을 미친다(Albregts 등, 1992; Casierra-Posada 등, 2013; Chandler 등, 1988; Mohamed, 2002). 적엽으로 엽면적이 감소하면 식물체내 탄수화물 축적이 적어 꽃눈발육이 불량하고(Eshghi 등, 2007), 딸기 과실의 당도와 산도가 감소하고(Casierra-Posada 등, 2013), 식물체의 건물중이 감소하였다(Casierra-Posada 등, 2012; Lyu 등, 2014). 축성재배용 '설향' 딸기는 수확기간 동안 온도 환경이 겨울철 저온과 봄철 고온으로 대별되어 식물체 생장이 다르므로 시기별 동일한 적엽 기준을 제시하기에 다소 어려움이 있다. 또한 딸기 식물체는 1월부터 3월까지 엽면적과 엽건물중이 감소하므로 적엽을 자제하는 것이 바람직하다(Table 3). 축성재배용 딸기의 적정 엽수는 12월에 12매, 1월부터 3월까지 14매 정도의 잎을 유지하고, 잎의 수가 증가하는 4월에는 오래된 잎 위주로 적엽을 실시한다.

적 요

수확기간 동안 적엽 수준이 수경 재배한 '설향' 딸기의 과실 특성, 식물체 생육 및 탄수화물 변화에 미치는

영향을 밝히고, 효과적인 적엽관리 방법을 구명하고자 본 연구를 수행하였다. 2013년 11월 29일에 잎을 무적엽, 9매, 5매 남기고 적엽하였다. 과실수와 과실 수량은 1화방에서 유의적인 차이가 없었으나 2, 3, 4 화방에서 적엽 수준이 증가할수록 감소하였다. 과실의 당도와 산도는 모든 화방에서 적엽 수준이 증가할수록 감소하였다. 딸기 식물체는 모든 처리구에서 엽면적과 엽건물중이 1월부터 3월까지 감소하였고, 뿌리 건물중은 2월에 급격히 감소하는 경향을 보였다. 이후 봄철 4월에 식물체 생장이 증가하였다. 적엽이 증가할수록 과실, 화방, 관부, 뿌리 건물중이 감소하였고, 생육 후반기로 갈수록 적엽 정도에 의한 차이가 현저하였다. 탄수화물 함량은 2014년 1월 30일과 2월 28일을 제외하고 과실보다 잎에서 많았고, 과실 생산이 연속적인 딸기 식물체는 잎과 뿌리에서 탄수화물 함량이 감소하였다. 적엽이 증가할수록 과실, 화방, 관부, 뿌리의 탄수화물 함량이 감소하였다. 딸기 식물체는 수확기간 동안 적엽을 최대한 자제하고, 12월에는 12매, 1월부터 3월까지 14매 정도의 잎을 유지하고, 잎의 수가 증가하는 4월에는 오래된 잎 위주로 적엽을 실시한다.

추가 주제어 : 가용성 당, 수경재배, 전분, *Fragaria × ananassa*, 화방

사 사

이 논문은 농촌진흥청 연구사업비(PJ 0119412108)에 의하여 수행되었음.

Literature Cited

- Albregts, E.E., C.M. Howard, and C.K. Chandler. 1992. Defoliation of strawberry transplants for fruit production in Florida. *HortScience* 127:889-891.
- Bhagsari, A.S. and R.H. Brown. 1985. Leaf photosynthesis and its correlation with leaf area. *ACESS* 26:127-132.
- Casierra-Posada, F., I.D. Torres, and D.H. Riascos-Ortiz. 2012. Growth in partially defoliated strawberry plants cultivated in the tropical highlands. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 15:349-355.
- Casierra-Posada, F., I.D. Torres, and M.M. Blanke. 2013. Fruit quality and yield in partially defoliated strawberry plants in the tropical highlands. *Gesunde Pflanzen* 65:107-112.
- Chandler, C.K., D.D. Miller, and D.C. Ferree. 1988. Influence of leaf removal, root pruning, and soil addition on the growth of greenhouse-grown strawberry plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113:529-532.
- Eshghi S., E. Tafazoli, S. Dokhani, M. Rahemi, and Y. Emam.

2007. Changes in carbohydrate contents in shoot tips, leaves and roots of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) during flower-bud differentiation. *Scientia Horticulturae*. 113:255-260.
- Keutgen, N., K. Chen, and F. Lenz. 1997. Responses of strawberry leaf photosynthesis, chlorophyll fluorescence and macronutrient contents to elevated CO₂. *J. Plant Physiol.* 150:395-400.
- Kim D.Y., T.I. Kim, Y.S. Kim, Y.I. Kang, H.K. Yun, J.M. Choi, and M.K. Yoon. 2011. Changes in growth and yield of strawberry (cv. Maehyang and Seolhyang) in response to defoliation during nursery period. *J. of Bio-Env. Con.* 20:283-289 (in Korean).
- Lee, S.W. and Y.S. Chae. 2012. Changes in fruit weight and soluble solids content of 'Seolhyang' strawberry by fruit setting order of the flower cluster. *Journal of Agriculture & Life Science* 46:105-111 (in Korean).
- Lyu, C.B., W.J. Yang, and K.T. Li. 2014. Partial defoliation and runner removal affect runnering, fruiting, leaf photosynthesis and root growth in 'Toyonoka' strawberries for subtropical winter production. *Hort. Environ. Biotechnol.* 55:372-379.
- McCready, R.M., J. Guggolz, V. Silveira, and H.S. Owens. 1950. Determination of starch and amylose in vegetables. *Anal. Chem.* 22:1156-1158.
- Mohamed, F.H. 2002. Effect of transplant defoliation and mulch color on the performance of three strawberry cultivars grown under high tunnel. *Acta Hort.* 567:482-485.
- Nishizawa. T. 1994. Comparison of carbohydrate partitioning patterns between fruiting and deflorated June-Bearing strawberry plants. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 62:795-800.
- Nishizawa. T. 1995. Effects of defoliation on fruit development and carbohydrate levels in vegetative organs of strawberry plants. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 64:55-61.
- Park S.J. 2002. Growth and distribution of non-structural carbohydrates in persimmon seedling trees as affected by different severities of heading-back pruning. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 43:316-320 (in Korean).
- Suzuki, S., H. Nakamoto, M.S. B. Ku, and G.E. Edwards. 1987. Influence of leaf age on photosynthesis, enzyme activity, and metabolite levels in wheat. *Plant Physiol.* 84:1244-1248.