

딸기 '설향' 축성 재배 시 동절기 엽수 관리 방법이 수량 및 가용성 고형물 함량에 미치는 영향

김대영* · 김승유 · 이선이

국립원예특작과학원 채소과

Effects of Leaf Management during Winter Season on the Yield and Soluble Solid Contents of Fruits in Forcing Cultivation of Strawberry 'Seolhyang'

Dae-Young Kim*, Seung Yu Kim, and Sun Yi Lee

Vegetable Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Wanju, 55365, Korea

Abstract. This study was conducted to examine the effects of defoliation levels during winter season on the yield and soluble solid contents of fruits. To achieve this strawberry 'Seolhyang' cultivated forcibly in the year of 2013 to 2014 as well as 2014 to 2015. The three treatments include periodical removing of leaves remaining 6 fully expanded leaves, those remaining 9 leaves, and only removing of old and infected leaves during the period from early December to end of February. In the early marketable fruit yield until the end of February and total marketable fruit yield, the treatment of non-defoliation was significantly higher than those of the treatment of 6 and 9 leaves in the year of 2014 to 2015 cropping season. Soluble solid contents of fruits among January and March increased significantly as the number of leaves get higher. Soluble solid contents were higher and stable around 12°Brix in the treatment of non-defoliation. Assimilation of photosynthetic products into plant tissue are insufficient due to the lack of irradiation and short day in winter season forcing cultivation of strawberry. Thus, it is considered to manage the leaves with defoliation for only old and infected leaves from December to February for increasing of fruit yield and improvement of fruit quality.

Additional key words : defoliation, *Fragaria × ananassa*, number of leaves

서 론

국내에서 육성한 '설향'(Kim 등, 2006) 딸기(*Fragaria × ananassa* Duch.)는 기존 재배되었던 일본 품종인 '레드필' 및 '아키히메'를 대체하여 지난 10여 년간 보급이 크게 확대되어 전국 딸기 재배 면적의 83% 이상을 점유하고 있다(KREI, 2016). 우수한 국산 딸기 품종의 개발과 더불어 재배 기술의 발전 및 작형의 변화로 말미암아 딸기 산업의 외연이 확장되었고 생산액이 불과 10여 년 전과 비교하여 2배 증가한 12,843억원에 이르고 있다(MAFRA, 2016). 과거 딸기는 3월을 전후하여 집중 출하되는 반축성 작형이 중심이었으나 현재는 축성 재배 작형의 증가로 딸기가 겨울 과일로 인식될 정도로 겨울철 출하량이 증가하였다(Kim 등, 2013).

'설향'은 다수성이면서 흰가루병에 강한 특성을 보여

재배가 용이하고 농가의 선호도가 높은 장점이 있으나 농가마다 재배 기술이 상이하어 수량 및 과실 품질의 차이가 크다. 국내 딸기 생산의 대부분을 차지하는 '설향'의 품질이 저하될 경우, 소비 위축으로 가격 하락이 발생할 우려가 높아 딸기 산업 전반에 미치는 부정적인 영향이 크므로 수량성 증대 기술뿐만 아니라 품질 향상에 대한 다각적인 연구와 노력이 필요하다.

딸기 수량성은 육묘기 묘소질과 관련이 높다고 알려져 있으며(Uematsu, 1998), 국내에서는 '설향'을 대상으로 우량묘 생산을 위하여 육묘기 적엽 기준, 후기 양분관리 및 자묘절단시기 등 다수의 연구가 진행된 바 있지만(Kim 등, 2011, 2012, 2013), 수확기 과실의 당도 향상 등 품질 개선을 위한 연구가 다소 미흡한 실정이다. 과실 품질은 재배 환경 관리 및 농가의 적용 기술에 따라 당도 등 품질에 미치는 영향이 큰데 이러한 재배 환경 요소에는 기후 조건, 양·수분, 온도, 재배 시스템, 농가의 관리 기술 등이 포함된다(Wang과 Camp, 2000). 딸기 수확기의 엽수 관리는 현장에서 가장 쉽게 적용할

*Corresponding author: young78@korea.kr

Received October 31, 2016; Revised November 15, 2016;

Accepted November 15, 2016

수 있고 수량과 품질에 미치는 영향도 크지만, 개별 농가마다 적엽 방법이 달라 우리나라 기후 조건에 부합한 동절기 엽수 관리 기준 설정이 필요하다. 따라서 축성 작형으로 딸기 ‘설향’을 토양 재배 시 동절기 엽수 관리 방법이 생육, 수량 및 품질에 미치는 영향을 검토하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

본 실험은 국내에서 육성되어 널리 재배되고 있는 딸기 품종인 ‘설향’ (*Fragaria×ananassa* Duch. cv. Seolhyang)을 대상으로 실험하였다. 경기도 수원시에 소재한 국립원예특작과학원에서 비가림 포트 육묘를 통하여 실험에 필요한 자묘를 확보하였다. 모주에서 6월 중순을 전후하여 본엽이 2.5매 내외로 전개한 자묘를 유인하여 자묘를 발근시킨 후 60일간 육묘하였으며 3매 내외를 남기고 주기적으로 적엽하여 실험에 필요한 균일한 자묘를 양성하였다.

정식 포장은 단동형 2중 비닐하우스에 이랑 간격 110cm 및 높이 40cm 이상이 되도록 진동베토기로 조성하였다. 2013년 및 2014년에 각각 9월 10일을 기준으로 주간 거리 18cm, 2조식으로 관부직경이 8-9mm내외의 자묘를 선별하여 토양에 정식하였다. 실험구는 각 처리별로 난괴법으로 배치하였으며, 각 처리당 3반복으로 하고 반복당 20주로 하였다. 정식 후 관비 기계(Agrow-2000, 한가람농업개발)를 이용하여 경상남도농업기술원에서 딸기 관비 처방용으로 개발한 $N(NO_3:NH_4)-P-K-Ca-Mg=(13:3.3)-2-7-3.5-1.8me\cdot L^{-1}$ 을 기준으로 양액을 조제하여 EC(electrical conductivity) 0.2-0.9dS·m⁻¹ 농도 범위에서 수확이 종료될 때까지 생육 상태와 시기에 따라 양수분을 적절하게 조절하여 공급하였다.

처리구별로 12월부터 익년 2월 하순까지 완전히 전개

된 잎 6매 및 9매를 남기고 약 10일 간격으로 적엽한 처리구와 황화된 잎만 제거한 무적엽 처리구를 두어 실험하였다. 각 처리구에서 발생하는 액이는 수시로 제거하였으며, 적화 및 적과는 실시하지 않았다. 처리별 관부직경, 엽수, 초장, 엽병장, 엽폭, 엽장 등 지상부 생육 조사는 2014년 2월 하순 및 5월 하순에 각각 조사하였는데, 조사 잎은 완전히 전개된 잎 중에서 신엽부터 세 번째 잎을 기준으로 하였다. 각 화방별 수확 시점은 2013-2014년 작기에 1-3화방의 1번과를 수확하는 시점을 조사하였다. 과실 수확은 일주일당 1-2회 내외로 수확하여 10g 이상의 상품과와 10g 미만의 하품과 및 기형과로 구분하여 측정된 후 주(株)당 수량으로 환산하였다. 당도는 처리구별로 등숙률이 동일한 90% 이상의 완숙된 과실을 선별하여 세로로 2등분한 후 과실 중앙 부위를 눌러 착즙하였으며 전자식 굴절당도계(PR-101, Atago, Japan)로 측정하여 °Brix로 표시하였다.

기타 생육 관리는 농촌진흥청 딸기 표준영농교본(RDA, 2009)에 준하여 실시하였다. 통계 분석은 SAS 9.2(NC, USA)를 이용한 Duncan의 다중검정(Duncan's multiple range test, $p \leq 0.05$)이 이용되었다.

결과 및 고찰

동절기 딸기의 엽수 관리는 재배 농가마다 상이한데 ‘설향’을 축성 작형으로 토경 재배 시 동절기 엽수 조절에 따른 생육 특성은 Fig. 1 및 Table 1과 같다. 적엽 관리를 실시한 2월까지의 일반적인 딸기 생육은 처리 간에 유의한 차이를 보이지 않았으나 황화된 노엽만 제거한 방임 처리구에서 관부의 직경이 19.6mm로 적엽 처리구에 비하여 높은 경향을 보였다. 관부는 1차근과 더불어 동화산물이 저장되는 중요한 기관으로 관부가 위치한 지체부를 엽병이 감싸고 있는데(Kim 등, 2011;

Table 1. Effects of defoliation levels during winter season on the growth of strawberry ‘Seolhyang’.

Treatment ²	Crown diameter (mm)	No. of leaves	Plant height (mm)	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)	Leaf petiole (mm)
February 2014						
6 leaves	17.7a ³	6.0c	157.9a	72.0a	60.3a	91.0a
9 leaves	17.8a	9.0b	170.8a	68.8a	57.2a	91.1a
Non-defoliation	19.6a	12.7a	174.2a	68.7a	55.6a	90.6a
May 2014						
6 leaves	16.3a	10.6a	388.8a	114.5a	89.9a	220.1a
9 leaves	15.9a	9.9a	388.3a	109.1a	85.4a	229.2a
Non-defoliation	16.6a	11.3a	392.5a	106.6a	83.8a	208.9a

²The number of fully expanded leaves from December to February.

³Mean separation within columns for each year by Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).



Fig. 1. The photos of leaf management during winter season from Dec. to Feb (A, fully expanded 6 leaves; B, fully expanded 9 leaves; C, Non-defoliation).

Uematsu, 1998), 적엽 처리구에서 관부 직경이 작은 것은 엽을 제거하는 과정 중에 관부의 외경이 함께 감소한 것으로 판단된다. 엽수는 방임처리구의 경우 12.7장까지 전개되었으나 6매를 남긴 적엽 처리구에 비하여 엽장과 엽폭이 각각 95.4% 및 92.2% 수준으로 감소하는 경향을 보였다. 반면, 엽수가 적은 처리구는 엽수가 감소됨에 따라 무적엽 처리구보다 수체의 충분한 광량 확보를 통하여 엽장과 엽폭이 다소 증가한 것으로 판단된다. 봄철 3월 이후 모든 처리구에서 엽이 하향하고 있는 노엽을 중심으로 강적엽한 이후 엽수를 동일한 조건에서 관리하였을 때, 5월 생육 조사에서는 처리구 간에 엽수가 10-11매 내외를 유지하는 것으로 나타났다. 수확 종료기인 5월 조사한 주요 지상부 생육 지표는 처리구 간에 유의한 차이가 없었다.

엽수 관리에 따른 각 화방별 1번과 수확 시기는 Table 2와 같다. 1화방 첫 수확시기는 동절기 적엽 강도에 따라 12월 1-6일, 2화방은 2월 11-15일 및 3화방은 3월 17-19일 사이에 수확할 수 있었다. 방임 처리구에서 1화방 1번과 수확일이 6매로 관리한 처리구에 비하여 5일 빨라지는 것으로 나타났으나 통계적인 유의성은 보이지 않았다. 2화방의 경우 3일 촉진되었으며, 3화방의 경우 수확일이 3월 19일로 동일하였다. 일반적으로 딸기의 화아 분화 시기는 9월의 저온 단일 조건에서 일어나며 (Eshghi 등, 2007) 체내 질소 수준이 낮을 때 화아분화 감응을 높인다고 하였다(Uematsu, 1998). 실제 위의 이론을 적용하여 딸기 육묘기 자묘 관리 시 3매 내외를 남기고 적엽을 실시한 결과 화아분화를 유도하여 출퇴와

개화를 앞당길 수 있었다(Kim 등, 2011) 그러나 화아분화 이후의 발육을 위해서는 많은 양의 동화산물을 요구하기 때문에(Eshghi 등, 2007) 오히려 잎을 적게 유지하는 6매 및 9매 처리구에서 화아 발육, 개화 및 결실에 영향을 미쳐 수확시기가 다소 늦어진 것으로 판단된다.

엽수 조절에 따른 딸기 수량의 경우 생육과 수확일에 비하여 유의한 결과를 얻을 수 있었다(Table 3). 2013-2014년 작기의 처리구간에 유의한 수량 차이는 보이지 않았으나, 2014-2015년에 걸쳐 수확한 딸기 과실 수확량 중 동절기 무적엽 처리구에서 2월 하순까지의 상품과(10g 이상) 수확량이 400.1g으로 나타나 동절기 엽수 6매 처리구의 315.9g 및 9매 처리구의 349.1g에 비하여 유의하게 높게 나타났다. 또한, 2014-2015년 작기의 12월에서 4월 하순까지의 상품과 총수량도 적엽 강도에 따라 유의한 차이를 보였는데, 동절기 무적엽 처리구에서 629.0g으로 6매 처리구의 469.5g 및 9매 처리구의 540.6g에 비하여 각각 34.0% 및 16.4% 높은 수량을 보임에 따라 동절기 엽수가 증가할수록 수량이 증가하는 양상을 보였다. 2014-2015년 작기에서 연속 출퇴하는 각 화방의 발달에 필요한 충분한 잎의 확보를 못한 6매 및 9매 처리구에서 주당 상품과 과수가 무적엽 처리구와 비교하여 2월 하순까지 각각 2.7개 및 1.6개, 4월 하순까지 각각 5.8개 및 3.1개 감소되는 결과를 가져왔으며 동절기 과실 비대에도 영향을 미쳐 전체적인 수량 감소에 영향을 미쳤을 것으로 판단한다. 농가에서 겨울철 기간에 엽수를 조절하는 가장 큰 이유는 겨울철 밀로 쳐져 그늘진 하엽을 제거하여 수광 태세를 개선시키고 흰가루병, 응애 등 병해충의 발생원이 되는 노엽 부위를 제거시키는데 있다. 그러나 딸기 엽령에 따른 광합성 특성을 살펴보면 출현한지 3주 미만의 잎보다는 오히려 7-9주 이상 된 잎의 광합성 효율이 높았고(Keutgen 등, 1997) 잎 전개 후 3개월 후에도 상당히 높은 광합성 능력을 갖고 있음을 알 수 있다(Uematsu, 1998). 특히, 동절기 저온 조건 하에서는 엽의 광합성 기능이 하절기보다 보편적으로 길게 유지될 수 있다. 그러므로 식물체가 필요로 하는 동화산물 생산을 새로운 잎에만 의지할 경우 오히려 화퇴 발육 및 과실 비대에 필요한 충분한 동

Table 2. Effects of defoliation levels during winter season on harvesting date of 1st to 3rd flower cluster of strawberry 'Seolhyang'.

Treatment ²	First harvesting date of each flower cluster		
	1st flower cluster	2nd flower cluster	3rd flower cluster
6 leaves	6 Dec. a ³	14 Feb. a	19 Mar. a
9 leaves	2 Dec. a	15 Feb. a	17 Mar. a
Non-defoliation	1 Dec. a	11 Feb. a	19 Mar. a

²The number of fully expanded leaves from December to February.

³Mean separation within columns by Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

Table 3. Effects of defoliation levels during winter season on the marketable and unmarketable yield per plant of strawberry ‘Seolhyang’.

Year	Treatment ²	Marketable fruit yield		Unmarketable fruit yield				
		Above 10g		Below 10g		Malformed		
		Yield (g/plant)	No. of fruit	Yield (g/plant)	No. of fruit	Yield (g/plant)	No. of fruit	
From Dec. to Feb.								
2013-2014	6 leaves	286.6a ³	10.2a	1.7a	0.3a	0.0a	0.0a	
	9 leaves	276.8a	10.0a	3.4a	0.4a	0.0a	0.0a	
	Non-defoliation	292.2a	12.1a	11.7a	2.5a	0.0a	0.0a	
	From Dec. to May							
	6 leaves	626.7a	27.8a	77.0a	13.4a	0.9a	0.2a	
	9 leaves	606.6a	27.2a	83.3a	14.6a	1.5a	0.8a	
Non-defoliation	588.8a	26.3a	80.2a	13.9a	0.0a	0.0a		
From Dec. to Feb.								
2014-2015	6 leaves	315.9b	13.6b	12.3a	1.6a	0.0a	0.0a	
	9 leaves	349.1b	14.7b	10.9a	1.3a	0.0a	0.0a	
	Non-defoliation	400.1a	16.3a	15.2a	2.1a	0.0a	0.0a	
	From Dec. to Apr.							
	6 leaves	469.5b	22.5b	86.5a	14.3a	0.4a	0.3a	
	9 leaves	540.6ab	25.2ab	74.9a	12.8a	0.2a	0.3a	
Non-defoliation	629.0a	28.3a	85.9a	14.3a	2.4a	0.2a		

²The number of fully expanded leaves from December to February.

³Mean separation within columns for each year by Duncan’s multiple range test ($p \leq 0.05$).

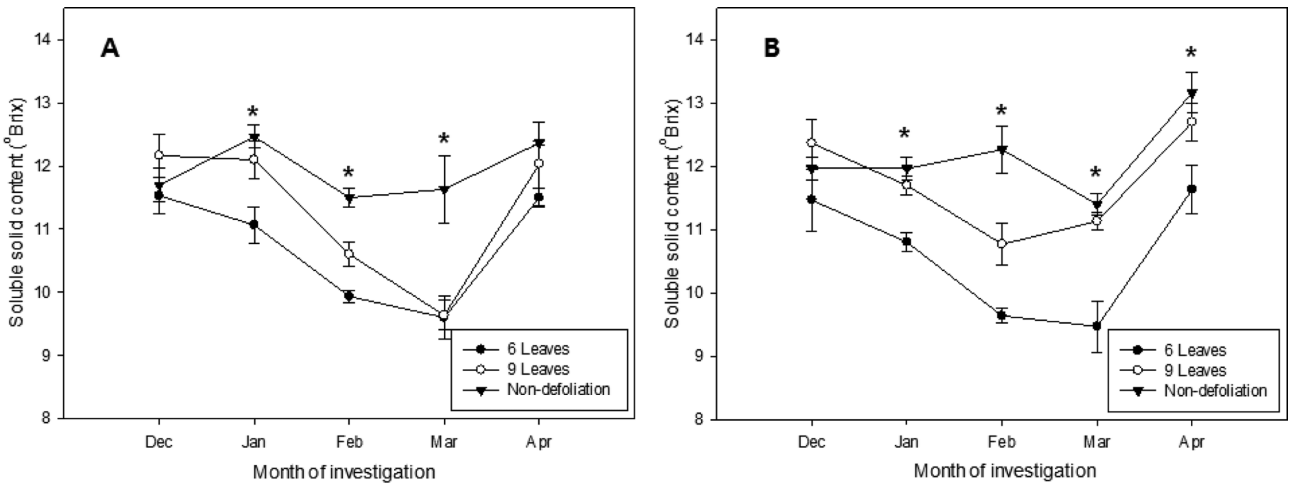


Fig. 2. Effects of defoliation levels during winter season on changes in monthly soluble solid contents of strawberry ‘Seolhyang’. Vertical bars are standard errors of the means (n=9). The asterisks indicate significant difference at $p \leq 0.05$ (A, year of 2013-2014; B, year of 2014-2015).

화산물을 생산하기에 부족할 수 있다고 추정된다. 동화산물의 감소는 딸기 뿐만 아니라 배, 사과, 밀 등 다양한 작물에서 화기 기관의 발달, 화퇴 수 및 수량을 감소시킨다는 연구결과가 있다(Eshghi 등, 2007). 발달 중인 화퇴는 강력한 Sink로 작용하여 매우 역동적으로 효소

작용이 일어나게 되는데(Peng과 Iwahori, 1994) 초기 많은 양의 적엽 시 화퇴 발달에 필요한 충분한 동화산물을 공급받지 못할 수 있다.

과실 품질의 가장 중요한 지표인 가용성 고형물 함량 역시 수확량 특성과 동일하게 엽수를 적게 유지한 처리

구에서 낮게 나타났으며 특히 6매 처리구에서는 2월 또는 3월경에 10°Brix 이하까지 떨어지기도 하였다(Fig. 2). 2013-2104년 작기에서 동절기 6매, 9매 및 무적엽 처리구의 수확 전기간 평균 당도는 각각 10.7, 11.3 및 11.9°Brix였으며, 2014-2015년 작기에서는 10.6, 11.7 및 12.2°Brix를 보여 무적엽 처리구가 적엽 처리구와 비교하여 최대 1.6°Brix 높게 나타났다. 동절기 적엽에 따른 누적 효과로 12월에서 3월로 경과될수록 처리 간에 차이가 유의하게 커졌으며, 동절기 무적엽 처리구는 수확 전기간 평균 12°Brix 내외의 안정적인 당도를 보이는 것이 특징이었다. 과실 당도를 상대적으로 나타내는 기용성 고형물 함량의 경우 과실 내 탄수화물 함량과 매우 강한 정의 상관 관계가 있는 것으로 알려져 있다(Wang과 Camp, 2000). 딸기 생육 기간 적엽 작업으로 식물체 수광 태세를 양호하게 개선할 수는 있지만 지나친 적엽은 엽면적 감소를 초래하여 균락 전체의 수광율이 낮아질 수 있다. 과실 수량과 당도 변화를 살펴본 결과 관행적으로 동절기 적엽을 실시하는 6-9매 내외의 엽수 관리는 전반적인 딸기 생육뿐만 아니라 과실 품질 관리 측면에서 적합하지 않은 것으로 판단된다. 본 실험을 통하여 딸기 축성 재배 시 광량 및 일조시간이 부족한 겨울철에 엽수를 늘려 충분한 엽면적을 확보해야만 수확량 증진과 품질을 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다.

적 요

동절기 엽수 관리는 딸기 재배 농가마다 상이한데 축성 작형으로 '설향'을 토경 재배할 때 동절기 엽수 조절이 딸기 수량 및 과실 당도에 미치는 영향을 2작기(2013-2014년 및 2014-2015년)에 걸쳐 검토하였다. 12월 상순에서 2월 하순 사이에 엽수를 성엽을 기준으로 6매 및 9매를 남기고 주기적으로 적엽하거나 노화되어 황화된 엽만 제거한 무적엽 처리구를 두어 실험하였다. 2014-2015년 작기에서 엽수를 6매 및 9매를 남기고 적엽한 처리구와 비교하여 무적엽 처리구에서 2월 하순까지의 조기 상품과 수량 및 상품과 총수량이 유의하게 높았다. 기용성 고형물 함량은 동절기 엽수 조절에 따라 1-3월 사이에 처리구간에 유의한 차이를 보였는데, 무적엽 처리구에서 가장 높았으며 수확 전기간 평균 12°Brix 내외로 안정적이었다. 따라서, 동절기에는 부족한 일조량과 단일 조건으로 충분한 동화산물의 생산이 어렵기 때문에, 노화엽과 이병엽을 제외하고 최소한으로 적엽하여 관리하는 것이 딸기 과실 수량과 품질을 향상시킬 수 있을 것을 판단된다.

추가 주제어 : 엽수, 적엽, *Fragaria×ananassa*

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ0113 232016)의 지원에 의해 이루어진 것임.

Literature Cited

- 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.
- MAFRA (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs). 2016. Key Statistics for agriculture, forestry, livestock and agrifood industries. Sejong, Rep. of Korea (in Korean).
- 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(4):283-289 (in Korean).
- Kim D.Y., S. Kim, Y.I. Kang, H.K. Yun, M.K. Yoon, T.I. Kim, and J.M. Choi. 2012. Effect of runner cutting time on growth and yield during nursery of strawberry (cv. Maehyang and Seolhyang) *J. of Bio-Env. Con*. 21(4):385-391 (in Korean).
- Kim D.Y., W.B. Chae, J.H. Kwak, S. Park, S.R. Cheong, J.M. Choi, and M.K. Yoon. 2013. Effect of timing of nutrient starvation during transplant production on the growth of runner plants and yield of strawberry 'Seolhyang'. *J. of Bio-Env. Con*. 22(4):421-426 (in Korean).
- Kim T.I., W.S. Jang, M.H. Nam, W.K. Lee, S.S. Lee. 2006. Breeding of strawberry 'Seolhyang' for forcing culture. *IHC* 2006. p. 231.
- KREI(Korea Rural Economic Institute). 2016. Monthly report on vegetable prospect (September). Seoul, Rep. of Korea. p. 11 (in Korean).
- Peng S.A. and S. Iwahori. 1994. Morphological and cytological changes in apical meristem during flower bud differentiation of Japanese pear, *Pyrus pyrifolia* Nakai. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci*. 63:313-321 (in Japanese).
- RDA(Rural Development Administration). 2009. Manual for strawberry cultivation. pp. 35-170. Suwon, Rep. of Korea (in Korean).
- Uematsu Y. 1998. Principles and practices in strawberry cultivation. pp. 2-102. Seibundo-shinkosha, Tokyo, Japan (in Japanese).
- Wang S.Y. and M.J. Camp. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. 2000. *Scientia Horticulturae*. 85:183-199.