

조기낙엽이 사과 ‘시나노스위트’의 수량, 저장양분 및 꽃눈형성에 미치는 영향

한점화^{1*} · 한현희¹ · 권용희¹ · 정재훈¹ · 류수현¹ · 도경란¹ · 이한찬¹ · 최인명¹ · 김태춘²

¹국립원예특작과학원 과수과, ²원광대학교 원예애완동식물학부

Effect of Early Defoliation on Fruit Yield, Reserve Accumulations and Flower Bud Formation in ‘Sinano Sweet’ Apple Trees

Jeom Hwa Han^{1*}, Hyun Hee Han¹, Yong Hee Kwon¹, Jea Hoon Jung¹, Su-Hyun Ryu¹,
Kyeong Ran Do¹, Han-Chan Lee, In Myeong Choi¹, and Tae-Choon Kim²

¹National Institute of Horticultural & Herbal Science, Wanju-gun 55365, Korea

²Division of Horticulture and Pet Animal-Plant Science, Wonkwang University, Iksan 54538, Korea

Abstract. ‘Sinano Sweet’ apple trees were defoliated at intervals of a month from May to October to simulate damage occurred by hail and typhoon in Korea, accordingly fruit yield, reserve accumulations and return bloom were investigated. As the more severe defoliation degree was and earlier defoliation time was, fruit weight and fruit yields were more decreased. Fruit weight and yields of 30% defoliated trees, regardless of the defoliation time, showed no significant difference with those of control. Because carbohydrate contents of the 2-year old branches defoliated before August were even lower than those of branches defoliated after September, it was considered that defoliation time is more effective on the carbohydrate content than defoliation degree. Among the trees defoliated before August, 50% defoliated trees at August contained the lowest carbohydrate by 50% of control. Time and degree of defoliation had an effect on the number of flower buds following year. The number of return bloom in trees defoliated from May to July was decreased by delay of defoliation time and was the lowest in trees defoliated at July. On the other hand, it was not have a significant different between control and trees defoliated since August. Relationship between the number of return bloom and carbohydrate reserves showed positive correlation. As a result, it is considered that fruit thinning, when defoliation occurred in the growing season, needs for strengthening the sink function of remained individual fruit effect on fruit enlargement and for increasing the carbohydrate reserve effect on return bloom.

Additional key words : carbohydrate content, return bloom

서 론

낙엽과수의 잎은 저장양분 축적에 매우 중요한 역할을 하며, 이른봄의 영양생장과 과실의 세포수 결정이나 낙과 등 과실 생산량과 과실 품질에 직접적인 영향을 미친다(Hirata와 Kurooka, 1974).

주로 7~9월에 한반도에 영향을 미치는 태풍은 조기 낙엽을 유발하여 과실의 품질을 저하시키고(Kwack 등, 2012) 이듬해 개화량을 감소시키는 피해를 유발한다(Lim 등, 2000).

또한 우리나라에서 5~6월과 9~10월에 주로 발생하는 우박에 의한 농작물 피해는 낙과, 낙엽, 가지나 잎의 열

상 피해 등이다(Kim 등, 1994). 우리나라에서 태풍에 의한 피해 실태는 배(Cho 등, 2004; Kang 등, 2003), 단감(Park 등, 2001)에서 보고되었으며, 우박에 의한 피해는 사과(Kim 등, 1994), 배(Hong 등, 1989)에서 보고되었다. 기후변화는 태풍, 가뭄, 홍수 등 재해 위험에 급격한 영향을 줄 수 있는 기후 위험 요인의 유형을 변화시켜, 최근 기상재해는 증가하고 있는 추세이다(Kim 등, 2008). 우리나라에서 최근 35년간(1979~2013년) 발생된 기상재해의 발생 원인별 분포는 호우가 37.8%, 태풍이 8.7%이나 피해액은 태풍이 12조 8,370억원으로 가장 크게 나타났다(Ahm 등, 2014).

본 연구에서는 생육기간 동안 우박 및 태풍에 의한 낙엽 피해를 가정하여 인위적으로 낙엽 처리를 실시하고, 그에 따른 사과나무의 수량, 저장양분 및 다음해 착화에 미치는 영향을 구명하여 우박 및 태풍에 의한 낙엽 피해 경감을 위한 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

*Corresponding author: najuflower@korea.kr

*Received June 03, 2016; Revised June 23, 2016;

*Accepted June 23, 2016

재료 및 방법

1. 시험재료 및 처리

시험재료는 경기도 수원시에 소재한 국립원예특작과학원 포장에 4x2m로 재식되어 방추형 수형으로 재배되고 있는 8년생 사과 '시나노스위트'(Malus domestica Borkh. cv. Sinano Sweet)를 이용하였으며, 무처리구 3주를 포함하여 낙엽구 54주 등 총 57주를 이용하였다. 2014년 5월부터 10월까지 매월 15일에 가위를 이용하여 엽병만을 남기고 잎을 제거하였으며 매월 각기 다른 9주의 시험수를 대상으로 처리하였다. 5월 15일은 만개후 23일에 해당되며, 6월 15일은 54일, 7월 15일은 84일, 8월 15일은 115일, 9월 15일은 146일, 10월 15일은 176일이다. 낙엽 정도는 전개된 모든 잎을 대상으로 30, 50, 100% 낙엽을 실시하였으며, 특정 부위에 낙엽이 치우치지 않도록 잎을 번갈아가며 제거하였고 낙엽 처리 횟수는 각 처리시기별 1회만 처리하였다. 실험구는 처리당 3반복, 반복당 1주로하여 완전임의 배치하였다.

모든 시험구는 5월 중순에 15~20엽/과 수준에서 1차 적과를 실시하였으며, 6월 중순에 30~40엽/과가 되도록 마무리 적과를 실시하였다.

처리별 유의성 검정을 위한 통계처리는 SAS 9.2를 이용하였다.

2. 수량, 저장양분 및 이듬해 화총수 조사

수량 조사를 위해 9월 30일에 과실을 수확하여 수확된 과실의 전체 무게 및 평균 과중을 조사하였다. 저장양분 분석을 위해 12월 29일에 2년생 가지를 채취하여 가지내 전체 탄수화물 함량을 분석하였다.

탄수화물 분석을 위해 건조하여 분쇄한 시료 0.5g을 평량하여 500mL 삼각플라스크에 넣고 0.7N HCL 20mL을 첨가한 후, 100°C의 항온수조에서 2시간 30분 동안 끓인 다음 분해 용액을 여과지로 여과한 후 증류수로 전체 용량이 100mL이 되도록 하였다. V-플라스크에 분해액 3mL을 넣고 Dinitrosalicylic acid 5mL을 첨가한 후 10분간 끓인 후 증류수로 전체 용량을 50mL로 한 다음 1시간 30분 이상 발색시킨 뒤 흡광분광분석기(UV0250 IPC, Shimadzu, Japan)에서 glucose를 사용하여 표준곡선을 작성한 후 550nm에서 흡광도를 측정하였다. 꽃눈 분화 정도를 파악하기 위해 이듬해 4월에 개화된 전체 화총수를 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 수량변화

낙엽 시기 및 정도가 8년생 사과 '시나노스위트'의 평

균 과중에 미치는 영향은 Table 1과 같다. 5월 100% 낙엽구는 수확기까지 90%이상 낙과되어 평균 과중 조사가 불가능하였다. 또한 10월 낙엽구는 낙엽 이전인 9월 30일에 수확하였으므로 무처리구와 차이가 없는 것으로 판단되어 평균 과중 및 수량을 조사하지 않았다. 평균 과중은 낙엽 시기보다는 낙엽 정도의 영향을 크게 받았다. 특히 5월, 6월 낙엽구에서 낙엽 정도가 심할수록 평균과

Table 1. Fruit weight, yield, carbohydrate content and return bloom of 8 year old apple 'Sinano Sweet' trees affected by different degrees of defoliation from May to October. Fruits of each defoliated group were harvested at the same time on Sept. 30th.

Defoliation time	Defoliation Degree (%)	Fruit weight (g)	Fruit yield (kg/tree)	Carbohydrate Content (%)	Flower cluster (No/tree)
May	0	397.1 a ^Z	22.0 a	24.6 a	352.5 a
	30	351.2 b	17.9 b	13.1 b	221.0 ab
	50	315.0 c	15.1 c	13.0 b	182.0 b
	100	-	-	13.0 b	156.5 b
Jun.	0	397.1 a	22.0 a	24.6 a	352.5 a
	30	370.8 ab	20.0 a	13.2 b	285.0 a
	50	344.9 b	14.0 ab	12.9 b	108.5 b
	100	294.4 c	9.9 b	12.7 b	0.0 b
Jul.	0	397.1 a	22.0 a	24.6 a	352.5 a
	30	381.1 a	21.9 a	12.5 b	116.0 b
	50	378.1 a	17.0 ab	12.3 b	103.5 b
	100	273.0 b	14.3 b	12.8 b	29.0 b
Aug.	0	397.1 a	22.0 a	24.6 a	352.5 a
	30	386.6 a	20.8 a	12.4 b	252.0 a
	50	334.5 a	18.6 a	12.3 b	263.5 a
	100	305.3 a	15.5 a	12.4 b	216.5 a
Sept.	0	397.1 a	22.0 a	24.6 a	352.5 a
	30	335.3 a	19.6 a	17.2 c	243.5 a
	50	359.9 a	21.8 a	18.1 bc	254.5 a
	100	322.7 a	17.1 a	18.8 b	202.0 a
Oct.	0	-	-	24.6 a	352.5 a
	30	-	-	19.3 b	272.0 a
	50	-	-	18.9 b	273.5 a
	100	-	-	19.2 b	220.5 a
Defoliation time(A)		NS	NS	**	**
Defoliation degree(B)		**	**	NS	**
AxB		NS	NS	*	NS

^ZMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P≤0.05.

NS, *, ** Nonsignificant or significant at P≤0.01 or 0.05, respectively.

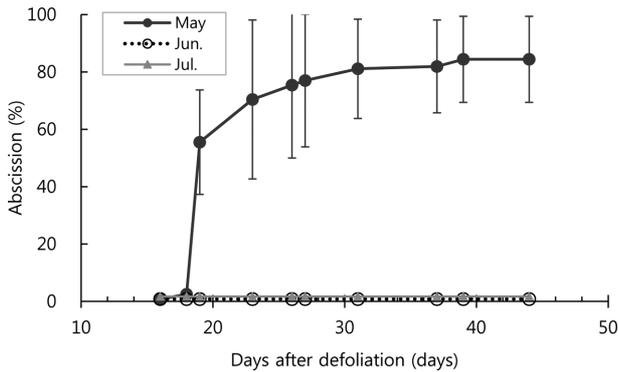


Fig. 1. Accumulative abscission of fruits by fully defoliation from May to July in 8 year old ‘Sinano Sweet’ apple trees.

중이 작았으며 8월, 9월 낙엽구에서는 낙엽 정도에 따른 차이가 인정되지 않았다. 수체 각 기관의 동화산물에 대한 sink로서의 경쟁 강도는 shoot, fruit, root순으로 강하며(Buwalda와 Smith, 1990) 발달 중인 잎은 강한 sink로서 과실과 경쟁한다(Mehouachi 등, 1995). 본 연구에서 낙엽 시기가 빠른 5, 6월 낙엽구의 평균 과중이 작은 것은 낙엽 후 과실과 신초 성장과의 양분 경쟁에서 과실이 어릴수록 과실의 sink로서의 경쟁력이 약할 가능성을 보여준다. 이는 낙엽 후 낙과율 변화에서도 추정해 볼 수 있는데, 5월 100% 낙엽구에서는 낙엽 1개월 후에 약 80% 이상의 낙과율을 보인 반면 6월 100% 낙엽구는 수확기까지 5% 내외의 낙과율을 보였으며, 7월 100% 낙엽구는 3% 내외의 낙과율을 보였다(Fig. 1). 과실과 신초 성장과의 양분 경쟁에 의한 낙과는 사과의 조기 낙과에서도 알려진 사실로, Choi와 Kim(2000)은 사과 ‘세계일’의 낙화 후 4~7주간에 걸쳐 일어나는 낙과는 동화산물, 수분 또는 무기성분의 과실간 또는 과실과 신초 성장간의 경쟁이 주요한 원인이라고 하였다. 30% 낙엽구의 과중은 5월을 제외한 모든 시기에 무처리구와 유의한 차이가 인정되지 않았다.

낙엽 시기 및 정도에 따른 수확기 수량은 평균 과중과 비슷한 경향을 보여, 낙엽 정도가 심할수록, 낙엽 시기가 빠를수록 감소하는 경향이였다(Table 1). 85% 이상이 낙과된 5월 100% 낙엽구를 제외한 낙엽구에서 무처리구와 비교하여 1~55% 수량이 감소되었는데, 감소량이 가장 큰 6월 100% 낙엽구가 55%, 5월 50% 낙엽구는 31% 감소되었다. 30% 낙엽구의 수량은 평균 과중과 마찬가지로 5월을 제외한 모든 시기에서 무처리구의 수량과 유의한 차이를 보이지 않았다. 위의 결과로써, 낙엽에 의한 과실 비대 감소 영향이 수량 감소로 이어진 것으로 판단된다.

2. 저장양분

낙엽의 시기 및 정도에 따른 사과 ‘시나노스위트’ 2년

생 가지의 탄수화물 함량을 분석하였다(Table 1). 탄수화물 함량은 수량과는 반대로 낙엽 정도보다는 낙엽 시기의 영향이 커서 8월 이전 낙엽구가 9월 이후 낙엽구에 비해 현저히 낮은 탄수화물 함량을 보였다. 8월 이전 낙엽구 중에서는 8월 낙엽구의 탄수화물 함량이 가장 낮았으며 무처리구 대비 약 50% 수준이었다. Kwack(2013)은 키위프루트를 7월부터 10월까지 1개월 간격으로 낙엽 처리를 한 결과, 8월 낙엽구에서 전분 축적량이 가장 낮은 결과를 보였다고 하여 본 연구 결과와 유사한 경향을 보였으며, 7월 낙엽구에서는 새로운 신초의 출현으로 수체내 전분함량의 증가가 인정된다고 하였다. 본 연구에서도 7월 이전의 낙엽구에서는 새로 발생한 잎에 의한 동화산물의 축적으로 8월 낙엽구에 비해 약간 높은 저장양분 축적을 보인것으로 추정된다. 반면 8월 낙엽구의 경우, 낙엽 후 발생 초기 어린 잎은 동화능력이 작기 때문에 어느 정도 자란 후에야 광합성산물을 다른 기관으로 분배할 수 있는데(Hale와 Weaver, 1962; Oliveira와 Priestley, 1988; Quinland와 Weaver, 1969; Wang 등, 1999) 8월 중순 낙엽 후 새로 발생한 잎이 성엽이 되는 9월 말 이후에는 잎의 엽록소 함량 감소와 함께 광합성 속도가 급격히 감소하여(Choi 등, 2000) 상대적으로 8월이전 낙엽구에 비해 탄수화물 함량이 낮은 것으로 추정된다. 9월 이후 낙엽구에서는 낙엽 이전에 이미 많은 양의 탄수화물이 가지로 전류되어 축적되었기 때문에 8월 이전 낙엽구에 비해 상대적으로 탄수화물 함량이 높은 것으로 추정된다. Choi와 Kang(2007)은 단감 ‘부유’의 2년생 가지에서 9월 상순에 11월 상순 대비 약 75%의 탄수화물이 축적되었다고 하였다. 본 연구에서도 9월 이후 낙엽구의 탄수화물 함량은 무처리구 대비 70~78% 수준을 보였다.

3. 꽃눈형성

낙엽 처리한(2014년) 시험수의 다음해(2015년) 화총수를 비교하였다(Table 1). 주당 화총 수는 낙엽 시기 및 정도에 따라 큰 차이를 보였다. 5월 이후 낙엽시기가 늦어질수록 화총 수가 감소하여 7월 낙엽구에서 가장 낮은 화총 수를 보였으며 8월 이후에는 무처리구와 큰 차이를 보이지 않았다. Kwack(2013)은 키위프루트에서 7월과 8월 낙엽구보다 9월 낙엽구에서 꽃눈 수 감소가 두드러졌으며, 이는 7월과 8월 낙엽구에서는 재발아된 신초의 잎들이 광합성 산물 생산을 위한 새로운 source로 작용하였기 때문이라고 하였다. 본 연구의 5월 100% 낙엽구에서는 낙엽 후 새로 발생한 잎의 광합성산물을 이용한 꽃눈의 발달로 이듬해 화총 수가 무처리구 대비 44% 수준이었으나 6월과 7월 100% 낙엽구에서는 10% 미만이었다. 꽃눈 분화가 이루어지기 위해서는 눈 내부에 일정한 수의 잎이나 포엽, 인편 등이 형성되어 있어야 하

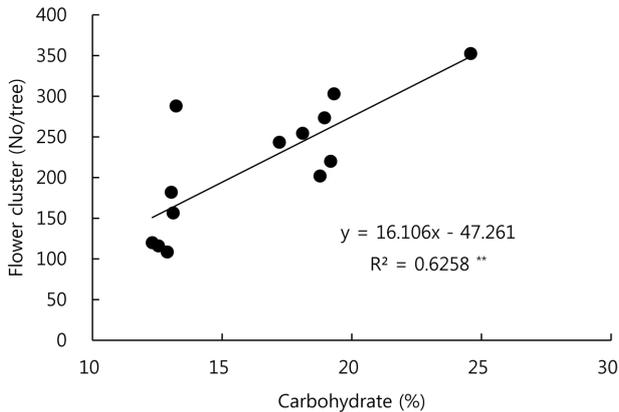


Fig. 2. Relationship between carbohydrate content of branch and flower bud number in 8 year old 'Sinano Sweet' apple trees affected by different degrees of defoliation from May to October.

는데(Kim 등, 1989), 6월과 7월의 100% 낙엽구는 낙엽 이후 발생된 눈들이 가을 낙엽 전까지 화아로 발달할 수 있는 기간이 짧아 화총 수 감소가 컸던 것으로 추정된다. 또한 5월 100% 낙엽구는 낙엽 이후 90% 이상의 과실이 낙과되어 새로 발생된 잎에서 생성된 탄수화물이 눈으로 상당부분 분배되었으나 6, 7월 낙엽구에서는 과실이 눈보다 강한 sink작용을 하므로(Buwalda와 Smith, 1990) 눈으로의 양분 분배가 적었을 것으로 추정된다. 9월과 10월 낙엽구는 무처리구 대비 57~77%의 화총 수를 보였는데, 9월 중순 이후에는 휴면에 진입하게 되어 낙엽에 의한 화총 수의 감소가 상대적으로 크지 않았을 것으로 추정되나 '시나노스위트' 품종의 휴면 개시 시점에 대해서는 추후 검토가 필요하다. Lee 등(2015)은 충주지역에서 사과 '후지'의 휴면 시작은 만개후 165일~180일 사이(10월 중하순)라고 하였으며, Kweon 등(2013)은 경북지역에서 사과 앵아를 대상으로 조사한 결과, '후지'와 '홍로'는 9월 말, '쓰가루'는 9월 초에 깊은 휴면에 진입하였다고 하여 사과의 휴면 시작 시기는 품종, 조사 년도, 지역간에 차이가 있음을 시사하고 있다.

100% 낙엽구 및 8월 낙엽구를 제외한 처리에서는 2년생 가지내 탄수화물 함량이 높을수록 이듬해 주당 화총 수가 많아 가지내 탄수화물 함량과 주당 화총 수는 높은 정의 상관관계를 보인다(Fig. 2). 그러나 8월 낙엽구는 저장양분이 낮음에도 불구하고 이듬해 화총 수가 무처리구 대비 61~74% 수준으로 비교적 높은 것은 8월 중순에 이미 화아 분화가 상당부분 이루어졌기 때문으로 추정된다. 우리나라에서 사과 '홍옥'과 '국광'의 화아 분화 시기는 각각 7월 상순과 7월 중순이었으며(Rhee와 Ko, 1973) 일본 동북지방에서 사과 '홍옥'은 7월 중순에 분화가 시작되어 8월 상순에 수술이 형성되었으며 꽃가루 주머니와 배주의 외형 조직이 형성되어 화기의 대부분이

완성되었다고 하였다(Kim 등, 1989).

위의 결과, 7월 이전의 낙엽 피해가 발생되었을 때에는 적과를 통해 개별 과실의 sink 기능을 강화하여 과실 비대를 향상시키고, 저장양분 확보를 통해 다음해 화총 수를 확보하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 또한 낙엽의 시기 및 정도에 따른 적정 적과 정도에 관한 추가 연구가 필요하다.

적 요

우박 및 태풍에 의해 생육기간 동안에 낙엽이 발생했을 때를 가정하여 5월부터 10월까지 1개월 간격으로 인위적으로 낙엽 처리를 실시하고 그에 따른 사과나무 '시나노스위트'의 수량, 저장양분 및 다음해 화총 수에 미치는 영향을 조사하였다. 평균 과중은 낙엽 정도가 심할수록, 낙엽 시기가 빠를수록 감소하였으며 과실 비대 감소는 수량 감소로 이어졌다. 30% 낙엽구의 과실 크기 및 수량은 낙엽 시기와 관계없이 무처리구와 유의한 차이를 보이지 않았다. 2년생 가지의 탄수화물 함량은 8월 이전 낙엽구가 9월 이후 낙엽구에 비해 현저히 낮은 함량을 보여 낙엽 정도보다는 낙엽 시기의 영향이 컸다. 8월 이전 낙엽구 중에서는 낙엽 시기가 늦어질수록 탄수화물 함량이 감소하여 8월 낙엽구에서 무처리구 대비 50% 수준으로 가장 낮았다. 생육기 중의 조기 낙엽 다음해 화총 수는 낙엽 시기 및 정도에 따라 큰 차이를 보였다. 5월 이후 낙엽 시기가 늦어질수록 화총 수가 감소하여 7월 낙엽구에서 가장 낮은 화총 수를 보였으며 8월 이후 낙엽구는 무처리구와 큰 차이를 보이지 않았다. 낙엽 이듬해 화총 수는 수체내 탄수화물 함량과 정의 상관관계를 보였다. 위의 결과, 7월 이전의 낙엽 피해가 발생되었을 때에는 적과를 통해 개별 과실의 sink 기능을 강화하여 과실 비대를 향상시키고, 저장양분 확보를 통해 다음해 화총 수를 확보하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

추가 주제어 : 이듬해 화총 수, 탄수화물

사 사

본 연구는 농촌진흥청 기본연구사업(PJ01139202)의 지원에 의해 수행되었음.

Literature Cited

Ahn, S.H., S.W. Lee, I.G. Kim, K.J. Park, J.Y. Kim, H.S. Shin, and B.J. Kim. 2014. Aanalysis of meteorological disasters of the Korean peninsula that have occurred in the recent 35 years. Proc. Autumn Mtg. of KMS. p. 954-956 (in Korean).

- Buwalda, J.G. and G.S. Smith. 1990. Effect of partial defoliation at various stages of the growing season on fruit yields, root growth and return bloom of kiwifruit vines. *Scientia Hort.* 42:29-44.
- Cho, K.S., S.S. Kang, D.S. Son, M.S. Kim, J.B. Kim, J.H. Song, Y.K. Kim, S.B. Jeong, and G.U. Park. 2004. Survey of typhoon ‘Maemi’ damage in pear orchards in Ulsan district. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 22(SUPPL. II). p. 54 (in Korean).
- Choi, S.T. and S.M. Kang. 2007. Effects of defoliation and defruiting in early September on partitioning of nonstructural carbohydrates in ‘Fuyu’ persimmon at harvest. *Hort. Environ. Biotechnol.* 48(6):359-364.
- Choi, S.W., J.H. Kim, and K.R. Kim. 2000. Effect of defoliation treatments during maturation on fruit quality of ‘Fuji’ apples. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41(4):383-386 (in Korean).
- Choi, S.W. and K.R. Kim. 2000. Effects of girdling and pinching on the june drop of ‘Sekaiichi’ apple. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 18(3):391-394 (in Korean).
- Hale, C.R. and R.J. Weaver. 1962. The effect of developmental stage on direction of translocation of photosynthate in *Vitis vinifera*. *Hilgardia.* 33:89-131.
- Hirata, N. and H. Kurooka. 1974. Physiological studies of developing and ripening fruits of the Japanese persimmon. I. The effects of degrees or times of artificial defoliation during last fall on carbohydrate contents in shoot, fruit growth and fruit quality. *Dept. Hort. Faculty Agr. Tottori Univ.* 26:1-14.
- Hong, K.H., Y.S. Kim, K.K. Yiem, and M.S. Yiem. 1989. Investigation on hail injury at bloom period of pear fruits. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 7(SUPPL. II):150-151 (in Korean).
- Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC). 2013. *Climate change 2013 (The physical science basis), 2. Observations: Atmosphere and surface.* WMO & UNEP. p. 187-193.
- Kang, S.S., K.S. Cho, M.S. Kim, D.S. Son, and J.H. Han. 2003. Damage of pear (*P. pyrifolia* Nakai) fruit drop by typhoon called ‘Rusa’. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 21(SUPPL. I). p. 70 (in Korean).
- Kim, D.E., W.J. Choi, and J.H. Shim. 2008. Analysis of global disaster trends and types. *Water and Future.* 41(2):56-61 (in Korean).
- Kim, J.H., J.C. Kim, K.C. Ko, H.S. Park, K.R. Kim, and J.C. Lee. 1989. *General Pomology.* 3rd ed. Hyangmoonsa, Seoul, Korea (in Korean).
- Kim, J.S., J.T. Yoon, D.H. Cho, B.S. Choi, W.S. Lee, and J.Y. Oh. 1994. Survey of the hailstorm damages on apple trees in Kyungbuk area in 1992. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 35(4):345-350 (in Korean).
- Kwack, Y.B. 2013. Effect of early defoliation on flower bud formation, nonstructural carbohydrate accumulation, and fruit quality in kiwifruit. PhD Diss., Gyeongsang Nat. Univ. Jinju Gyeongnam. p. 33-67 (in Korean).
- Kwack, Y.B., H.L. Kim, Y.H. Choi, J.H. Lee, J.G. Kim, and Y.B. Lee. 2012. Fruit quality and fruit locule air hole of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward) affected by early defoliation. *Kor. J. Environ. Agric.* 31:229-234 (in Korean).
- Kweon, H.J., D.H. Sagong, Y.Y. Song, M.Y. Park, S.I. Kwon, and M.J. Kim. 2013. Chilling requirement for breaking of internal dormancy of main apple cultivars in Korea. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 31(6):666-676 (in Korean).
- Lee, B.H.N., Y.S. Park, and H.S. Park. 2015. Changes in dormant phase and bud development of ‘Fuji’ apple trees in the chungju area of Korea. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 33(4):501-510 (in Korean).
- Lim, G.H., D.G. Lim, G.C. Ma, B.J. Jung, and G.C. Lim. 2000. Effect of typhoon on kiwifruit quality and development of technique to reduce its damages. *Res. Rpt. ChunNam Provincial Rural Dev. Adm., Korea.* p. 280-287 (in Korean).
- Mehouachi, J., D. Serna, S. Zaragoza, M. Agusti, M. Talon, and E. Primo-Millo. 1995. Defoliation increases fruit abscission and reduces carbohydrate levels in developing fruits and woody tissues of citrus unshiu. *Plant Sci.* 107:189-197.
- Oliveira, C.M. and A. Priestley. 1988. Carbohydrate reserves in deciduous fruit trees. *Hort. Rev.* 10:403-430.
- Park, M.Y., Y.S. Jo, H.S. Cho, J.O. Park, T.D. Park, and C.S. Ahn. 2001. The growth and fruit quality in typhoon-derived sweet persimmon. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 19(SUPPL. II). p. 66 (in Korean).
- Quinland, J.D. and R.J. Weaver. 1969. Influence of benzyladenine, leaf darkening and ringing on movement of ¹⁴C-labeled assimilates into expanded leaves of *Vitis vinifera* L. *Plant Physiol.* 44:1247-1252.
- Rhee, Y.S. and K.C. Ko. 1973. Study on the flower bud differentiation of main fruit trees in Korea. 1. Study on the time of flower bud differentiation on leading fruit varieties in the localities of Korea. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 13:115-123 (in Korean).
- Wang, Z., Q. Pan, and B. Quebedeaux. 1999. Carbon partitioning into sorbitol, sucrose, and starch in source and sink apple leaves as affected by elevated CO₂. *Environ. Expt. Bot.* 41:39-46.