

GA 도포제 처리가 '포모사' 자두의 생리적 낙과 및 과실 특성에 미치는 영향

윤석규 · 배해진* · 윤익구 · 남은영 · 권정현 · 전지혜 · 정경호
농촌진흥청 국립원예특작과학원

Effect of GA Paste on Physiological Fruit Drop and Fruit Characteristics in 'Formosa' Plums (*Prunus salicina* Lindl.)

Seok Kyu Yun, Haejin Bae*, Ik Koo Yoon, Eun Young Nam, Jung Hyun Kwon,
Ji Hae Jun, and Kyeong Ho Chung

National Institute of Horticultural & Herbal Science, Suwon 440-706, Korea

Abstract. Fruit drop is a serious problem in plum trees during fruit development after pollination and fertilization. In order to increase fruit yields, physiological fruit drop in plum trees at the early stages of fruit development must be reduced. In this study, the effect of gibberellic acid paste (GA paste 2.7%) applied on 'Formosa' plum was determined to reduce fruit drop. GA paste was applied one time on one set of the fruit stalk at 3 days after full bloom (DAFB), and on another set of the fruit stalk at 13 DAFB, and then the fruit-set rate was observed at 70 DAFB. GA paste application increased the fruit-set rate up to 61%. In 'Formosa', the time of GA application had a strong influence on reducing fruit drop. GA application increased the fruit-set rate up to 61% in treatments at 3 DAFB, and to 15% in treatments at 13 DAFB when the fruit-set rate was 5% in the control group. The same results were observed in 'Honey Red' and 'Akihime' plums. GA application impacted on fruit enlargement in the 'Formosa' cultivar, compared with the control trees, which had no GA application. The rate of fruit enlargement with GA application was similar to that of the control fruits until 70 DAFB, whereas the enlargement rate was slightly higher in the GA-treated trees than the control from 70 DAFB until harvest. In GA-treated fruit, fruit weight increased more than in the control, while total acidity and firmness was lower than in the control group. Additionally, GA application accelerated sucrose increase in maturing fruit. Our data indicated that GA paste application can reduce fruit drop, and subtly promote fruit enlargement and maturation in plum trees.

Additional key words : firmness, fruit setting, fruit weight, organic acid, sugar

서 론

국내에서 자두는 2012년 기준으로 재배 면적 5,714ha에서 연간 57,137톤이 생산되고 있다. 하지만, 자두의 10a당 수확량이 1,000kg 내외로 생산성이 낮은 수준에 머물고 있어 생산량을 높이는 노력이 필요한 실정이다.

자두 재배에서 자두의 수확량을 낮추는 요인으로서는 개화기 저온 피해, 수분수 부족, 자가불화합성에 의한 수정 불량, 생리적 낙과 및 병해충 피해 등 여러 가지 요인이 있으며, 특히 생리적 낙과는 자두 재배에서 심각한 요인이다.

자두는 복숭아 등 다른 과수 작물에 비해 꽃이 많이 피는 반면에, 수정 후 과실비대 과정에서 생리적 낙과가 심한 작물이다. 자두 '포모사' 품종은 보통 한 화총에 5~40개의 꽃이 피며, 일반적으로 만개 후 30일경이 되면 화총당 1~3개의 열매가 남으며, 정상적으로 생리적 낙과가 이루어진 경우에는 화총당 최소 1개 이상의 열매가 남는다. 하지만, 생리적 낙과가 심한 경우에는 화총 내의 열매가 모두 낙과되어 열매가 없는 화총이 많이 생기게 된다.

자두 재배에서 과실의 수확량을 높이기 위해서는 과실비대 초기에 발생하는 조기 낙과(June drop)와 같은 생리적 낙과를 억제하는 것이 필요하고, 이러한 생리적 낙과를 경감하기 위해 생장조절물질의 활용이 검토되고 있다. 포도에서 개화 전 GA 수용액 처리는 포도 열매(berry)의 꽃떨이 현상 즉 생리적 낙과를 경감하는 것으로

*Corresponding author: hjstory@korea.kr
Received August 30, 2013; Revised October 4, 2013;
Accepted October 10, 2013

로 보고되었다. 꽃떨이 현상이 심한 포도 ‘거봉’ 품종에서 개화 전에 GA 수용액을 처리하면 열매의 생리적 낙과가 경감되어 착립이 촉진된다(Byun, 1995; Jeong 등, 1998; Lee 등, 2013). GA 처리에 의해 종자가 형성되지 않은 상태에서 자방의 발육이 촉진되고 GA처리된 열매(berry)는 자방의 비대 성장에 의해 생리적 낙과가 진행되지 않고 정상적인 과실로 발달하게 된다(Jeong 등, 1998). 또한, 배에서는 열매 과정에 대한 GA₄₊₇ 도포제 처리가 배 과실의 비대를 촉진하는 효과가 있는 것으로 보고되었으며(Lee 등, 1992; Hong 등, 1994; Youn 등, 2000), 과실 비대뿐만 아니라 숙기도 촉진하는 효과가 있는 것으로 보고되었다(Hong 등, 1994; Byun, 1995). 사과(Byun, 1979; Cho 등, 1992) 및 복숭아(Kim 등, 1999) 과실에서도 과실비대 효과가 있는 것으로 보고되었다. 감에서는 GA₃ 살포는 씨 없는 과실의 낙과를 억제하는 효과가 있고(Jeong 등, 1998; Choi 등, 1999), 또한 수분된 과실의 결실을 촉진하는 것으로 보고되었다(Hasegawa와 Nakajima, 1990). 생리적 낙과 방지를 위한 성장조절제 이용 연구는 유럽에서 많이 수행되었으며(Miller, 1988), 성장조절물질 중에서도 GA의 효과가 결실 증진에 유효하다는 보고가 있었다(Yuda 등, 1983).

과수 재배에 있어서 생리적 낙과를 경감하기 위해서는 수분 및 수정이 잘 이루어지도록 하는 것이 중요하지만, 자두의 경우에는 수분과 수정이 이루어진 경우에도 생리적 낙과가 진행되므로 이에 대한 대책이 필요하다. GA 수용액 처리가 열매의 발육을 촉진하여 열매의 생리적 낙과를 경감하는 효과가 있으며, 과실의 과정에 처리된 GA 도포제가 과실 비대를 촉진하는 것으로 보고되고 있어, 자두 열매의 생리적 낙과 경감 및 과실 비대 촉진을 위해 GA 도포제의 활용을 검토할 필요가 있다.

본 연구에서는 자두의 결실을 증진하기 위해 GA 도포제를 자두 과정에 처리하여 자두의 생리적 낙과 경감 효과를 검토하고, GA 처리에 따른 과실 생육의 부작용을 예방하기 위해 GA 도포제 처리가 과실 품질에 미치는 영향을 검토하고자 한다.

재료 및 방법

수원시에 소재한 국립원예특작과학원에 재식된 4년생 자두 ‘포모사’, ‘하니레드’, ‘추희’ 품종을 공시 하였으며 본 시험에 사용된 시험 수에는 수정을 촉진하기 위해 개화기에 방화곤충인 뒤영벌을 투입하고 또한 자두 ‘대석조생’에서 채취한 꽃가루를 이용하여 인공수분을 실시하였다. 꽃가루 채취 방법은 개화 직전의 꽃을 분쇄하여 꽃에서 화분낭을 분리하고, 화분낭은 24°C 항온조건에서 약 20시간 경과시켜 꽃가루를 얻었다. 자두 만개일 전후

에 채취한 꽃가루를 이용하여 인공수분을 실시하였으며, 인공수분 방법은 꽃가루를 문힌 손가락 끝을 자두 암술에 접촉시키는 방법을 사용하였다.

GA 처리는 GA 도포제(GA & GA₄₊₇ 2.7%, 에스엠비티, 한국) 약 20mg을 열매자루에 직접 도포하였으며 이때 GA 도포제가 과실에는 묻지 않도록 주의하였다. 그리고 GA 처리시기에 따른 생리적 낙과의 차이를 분석하기 위해, 만개 후 3일과 만개 후 13일에 구분하여 GA를 처리하고, 각 처리시기에 따른 착과율을 조사하였다. 착과율 조사를 위해 시험수에서 100개 이상의 화총을 가진 가지들 선정하였으며, 각 가지에서 5cm 간격으로 화총을 선택하고 화총별로 3개의 열매에 GA 도포제를 처리하였다. 최종 착과율은 만개 후 70일에 조사하였다.

한편, 과실 비대 및 과실 특성 조사를 위해 별도의 시험수에 만개 후 3일에 GA 도포제를 처리하고 열매는 약 12cm 간격으로 적과 작업을 실시하고 시기별로 과중 및 과실 특성을 조사하였다. 시기별 과실의 특성 조사를 위해 각 처리별로 착과 위치가 비슷한 과실을 채취하였으며, 5개의 평균 과중을 측정하였다. 당 함량 및 산 함량 조사를 위해 과실 절반을 착즙하였으며, 당 함량은 굴절당도계(PAL-1, Atago, Japan)로 측정하고, 산 함량은 0.1N NaOH로 적정하였다. 산 함량 측정은 과즙 5mL를 증류수 20mL에 희석하고 pH 8.1에 도달할 때까지 사용된 0.1N NaOH 소요량을 측정하여 이를 말산(malic acid)으로 환산하여 계산하였다. 경도는 probe(직경 8mm, 깊이 10mm)를 가진 과실경도계(Lloyd Instrument TA Plus digital texture analyzer, Ametek, West Sussex, UK)를 이용하여 적도부위를 측정하였다.

유리당 분석은 과육 10g에 초순수 40mL를 넣은 후 균질화 하고 균질화 된 샘플을 원심분리기를 이용하여 상층부의 추출액을 분리하였다. 다시 추출액을 millipore filter(0.45µm)로 여과하여 HPLC 주입용 시료로 사용하였다. Sugar-Pak™ I 컬럼(6.5 × 300mm)을 이용하여 90°C, 유속 0.5mL·min⁻¹ 조건에서 초순수 증류수를 이동상으로 사용하여 분석하였다. 검량선을 작성하기 위하여 fructose, glucose, sucrose 등의 유리당은 RI 검출기(HP1047A, Hewlett Packard, USA)가 장착된 HPLC(HP1100, Hewlett Packard Co., USA)를 사용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

1. GA 도포제 처리에 따른 생리적 낙과 경감

자두 ‘포모사’에 GA 도포제를 처리한 결과, GA 도포제를 만개 후 3일에 처리한 경우에 과실 착과율이 61%로 무처리구 5%에 비해 현저히 높았다(Table 1). 한편, GA 도포제를 만개 후 13일에 처리한 경우에는 착과율

Table 1. Fruit set of plum cultivars pasted with GA.

Application time ^z	Fruit set (%)		
	Formosa	Honey Red	Akihime
Control	5 c	6 c	11 c
3	61 a ^y	55 a	63 a
13	15 b	14 b	17 b

^zDays after full bloom. Blooming date was in April 23.

^yDifferent letters within each column are significantly different at 5% level according to Duncan's Multiple Range Test.

이 15%로 만개 후 3일 처리에 비해서는 현저히 낮았다. '포모사' 이외에 '하니레드', '추희' 품종에서도 GA 도포제 처리에 따라 유사한 경향이 관찰되었으며, 자두 착과율은 만개 후 3일 처리구에서는 55%와 63%로 높았고, 만개 후 13일에 처리구에서는 14%와 17%로 낮았으며, 무처리구에서는 6%와 11%로 현저히 낮았다.

한편, 무처리구에서는 만개 후 13일경에 자두 일부 열매에서 생리적 낙과가 진행되는 것이 관찰 되었다(자료 미제시). 화층 내에서 1~2개 열매는 크고 열매자루의 색이 진한 녹색인 반면에 나머지 열매들은 크기가 작고 열매자루의 색이 황백색을 나타냈으며, 열매자루의 색이 황백색으로 변한 열매들은 이후에 대부분 낙과되었다.

만개 후 3일 처리에서 착과율이 만개 후 13일 처리에 비해 높은 것으로 보아, GA 처리 시기가 빠를수록 생리적 낙과 방지에 효과가 높은 것으로 보인다. 그리고, 만개 후 13일 처리의 착과율은 무처리구에 비해 높지만 만개 후 3일 처리에 비해 낮아진 것으로 보아, 만개 후 13일경에는 자두 생리적 낙과가 상당 부분 진행된 것으로 보이며, 생리적 낙과를 경감하기 위해서는 이보다 빠른 시기에 GA를 처리하는 것이 효과적인 것으로 사려된다.

2. GA 도포제 처리에 따른 과실 비대 및 과실 경도의 변화

GA 처리구에서 만개 후 70일 이전까지는 무처리구에 비해 과실 크기에서 뚜렷한 차이는 없었다. 하지만, 만개 후 80일 경부터는 과실 크기에 미세한 차이를 보이고 만개 후 90일경에는 뚜렷한 차이를 보였다(Fig. 1). 이로 보아, 자두 과경에 대한 GA 처리는 과실의 생장 전반기에는 과실 비대효과가 미미하지만, 과실 생장 후반기, 즉 과실 성숙기에는 과실 비대를 촉진하는 것으로 조사되었다.

Table 2. Effect of GA paste on fruit of 'Formosa' plum at 90 days after full bloom.

Treatments	Weight (g)	Fruit Firmness (N)	Soluble solid content (°Brix)	Titrateable acidity (%)
Control	105 ± 5.00	4.20 ± 0.30	11.90 ± 1.11	0.53 ± 0.06
GA-paste	113 ± 10.00	3.30 ± 0.30	11.22 ± 0.22	0.35 ± 0.02

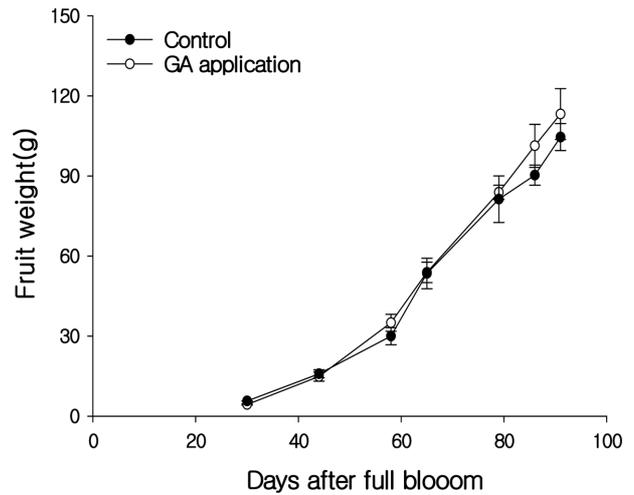


Fig. 1. Changes in fruit weight during fruit development in 'Formosa' plum. Vertical bars indicate SD (n = 5). GA-paste was treated at 3 days after full bloom.

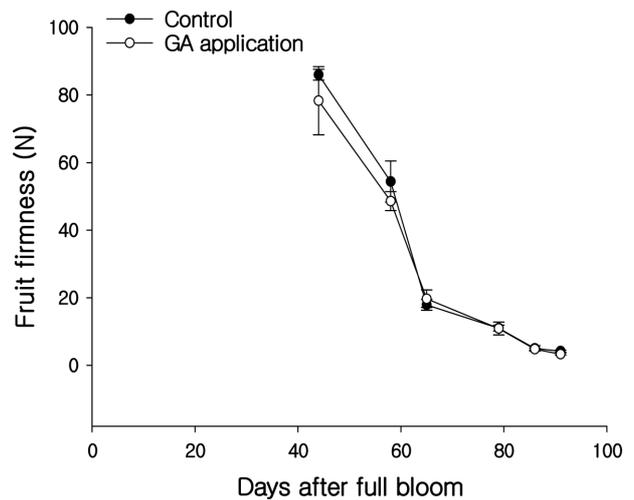


Fig. 2. Changes in fruit firmness during fruit development in 'Formosa' plum. Vertical bars indicate SD (n = 5). GA-paste was treated at 3 days after full bloom.

만개 후 40일부터 수확기까지 과실 경도를 조사한 결과, 과실의 경도는 만개 후 60일경에 현저히 낮아졌으며, 숙기인 만개 후 85일 경에는 5N 수준으로 낮아졌다. GA 처리구와 무처리구에서 과실 경도의 차이는 미미하였다(Fig. 2).

수확기 과실 특성을 조사한 결과, GA 처리한 과실에서 과실 경도가 무처리 과실에 비해 낮은 경향이 관찰

되었다(Table 2). GA 처리구에서 과실 경도의 감소는 배 과실에서도 관찰되었다(Hong 등, 1994; Youn 등, 2000). 배, 포도, 사과에서도 GA 처리구에서 과실 경도의 감소와 더불어 과실 비대 촉진, 과실 성숙 촉진이 관찰되는 것으로 보아(Byun, 1979; Cho 등, 1992; Hong 등, 1994; Byun, 1995), 자두 GA 처리구에서 과실 경도의 감소는 과실 비대 및 과실 성숙의 촉진에 기인한 것으로 추정된다.

3. GA 처리에 따른 과실 특성

GA 처리 과실은 무처리에 비해 과중이 크고, 경도, 당도와 산 함량이 약간 낮았다. 기존의 연구에서 GA 처리가 배 과실의 무게를 증가시킨다는 보고가 있었는데(Jeong 등, 1998), 본 연구에서도 과실 무게의 증가가 관찰되었다. GA 처리구에서 과중은 증가하였지만 약간의 당도 저하가 관찰되었는데, 이는 GA 처리에 의해 과실 비대가 촉진되어 당도가 낮아진 것으로 추정된다.

GA 처리구에서 산 함량이 낮았는데, 이는 GA 처리에 의해 성숙이 촉진되어 산 함량이 낮아진 것으로 판단되

었다. GA 처리구에서 과실의 당도 및 경도의 감소는 과실의 성숙 촉진에 기인한 것으로 추정된다. 배 과실에서 GA 도포제 처리는 과실 비대 및 과실 성숙을 모두 촉진한다는 보고가 있고(Hong 등, 1994), 본 연구에서도 GA 처리된 자두 과실에서 경도와 산 함량도 낮아지고 만개 후 90일경에 sucrose 함량이 낮아졌다(Fig. 3). 이로 보아 GA 처리는 과실 성숙을 촉진하는 것으로 보인다.

4. GA 처리에 따른 과실발육 시기별 당 함량 변화

‘포모사’ 과실의 발육시기별 sucrose, glucose, fructose, sorbitol 함량을 조사한 결과, sucrose 함량은 수확기 직전에 증가하였고, GA 처리구에서는 무처리구에 비해 sucrose 함량이 증가하는 시기가 약 5일 정도 빨라졌다(Fig. 3). Glucose와 fructose는 ‘포모사’ 과실의 주요 당 성분으로 만개 후 30일부터 70일 까지 완만하게 증가하고 수확기인 만개 후 90일 경에는 과실내 약 4,000mg·kg⁻¹ 수준으로 높게 존재한다. 이러한 glucose와 fructose의 증가는 기존의 연구에서도 보고되었다(Kim 등, 1988).

한편, 무처리구에서 sucrose 함량은 만개 후 80일까지

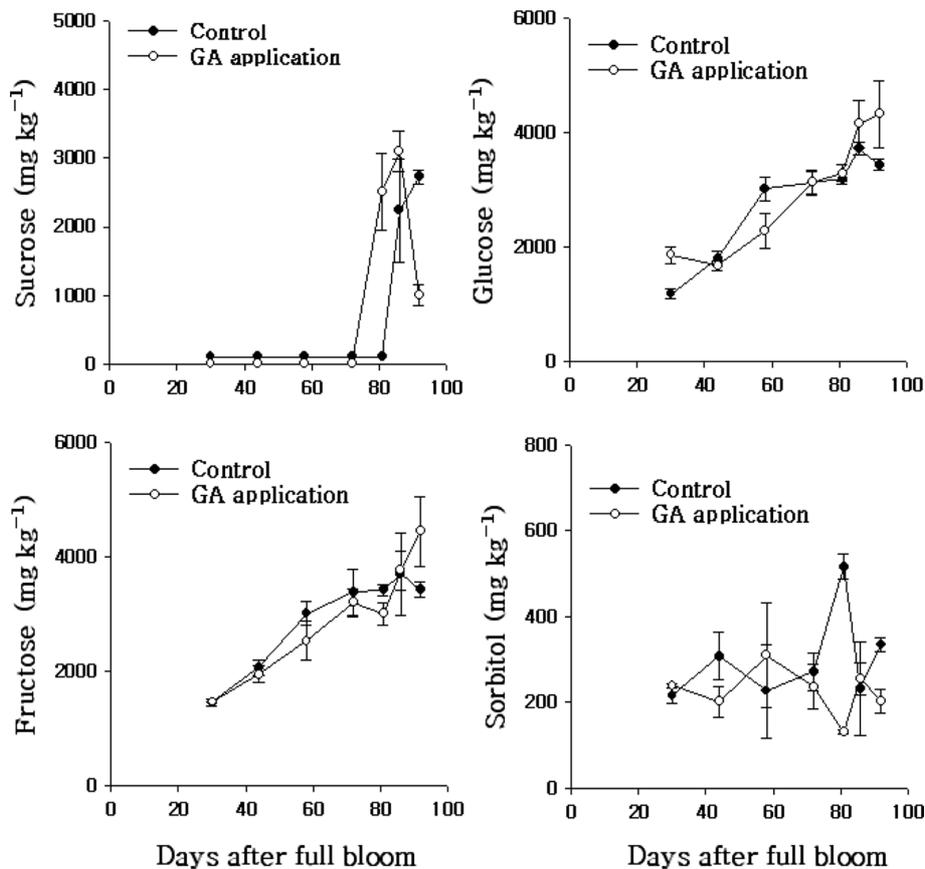


Fig. 3. Changes in sugars during fruit development in ‘Formosa’ plum. Vertical bars indicate SD (n = 5). GA-paste was treated at 3 days after full bloom.

GA 도포제 처리가 '포모사' 자두의 생리적 낙과 및 과실 특성에 미치는 영향

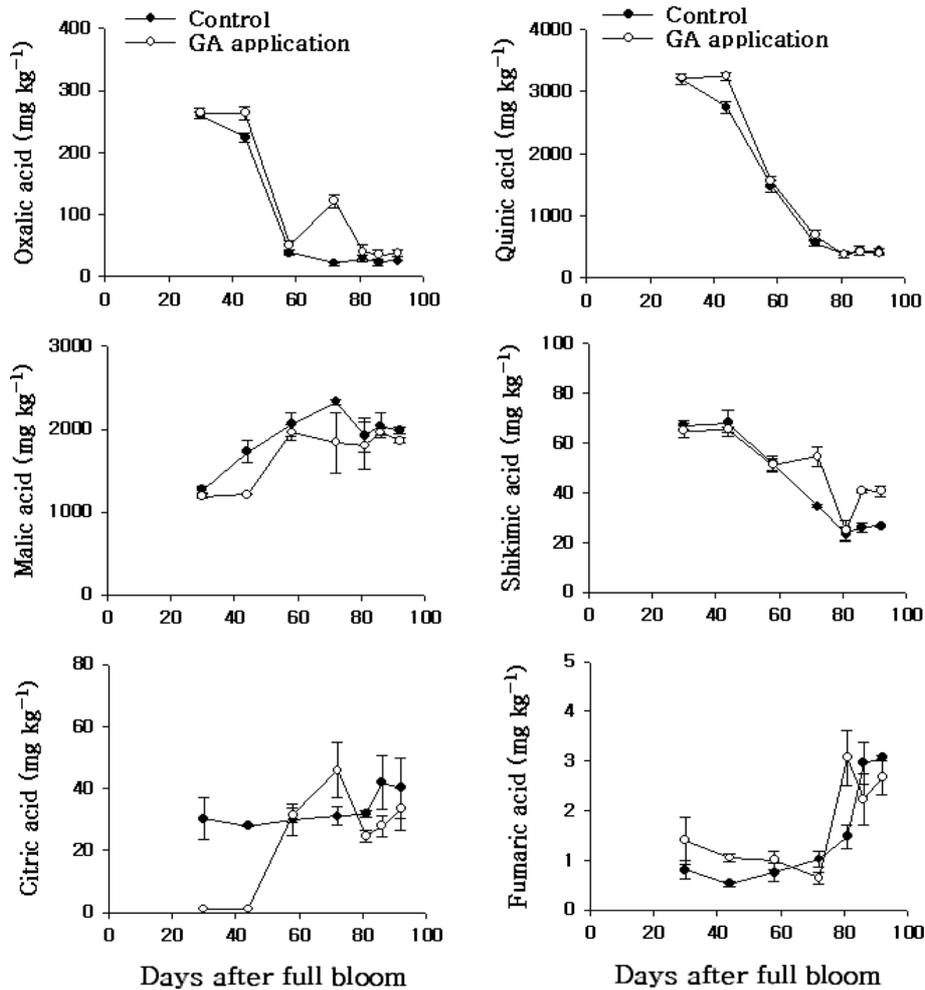


Fig. 4. Changes in organic acids during fruit development in 'Formosa' plum. Vertical bars indicate SD (n = 5). GA-paste was treated at 3 days after full bloom.

는 극히 적은 양으로 존재하고, 만개 후 80일 이후에는 급격히 증가하여 약 2,000mg·kg⁻¹까지 증가하였다. GA 처리구에서는 sucrose 함량의 증가 시기가 약 7일 정도 빠르게 진행되었다. 이 결과로 볼 때 GA 처리에 의해 과실 성숙이 촉진된 것으로 추정된다. 또한 GA 처리구에서는 만개 후 90일경에 sucrose 함량이 오히려 감소하였는데, 이 결과는 GA 처리의 과실 성숙 촉진 효과에 기인한 것으로 추정된다.

자두 과실에서 sorbitol 함량은 매우 낮은 편이며 성숙기까지 낮은 상태로 유지되었다. 총 유리당 함량은 만개 후 80일까지는 glucose와 fructose의 증가에 따라 완만하게 증가하고 만개 후 80일 이후에는 sucrose의 증가에 따라 급격히 증가하는 경향이였다.

5. GA 처리에 따른 과실발육 시기별 유기산 함량 변화

'포모사' 과실의 유과기에는 quinic acid 함량이 3,300mg·

kg⁻¹ 수준으로 다른 유기산에 비해 현저히 높고, 과실 비대에 따라 그 함량이 감소하여 만개 후 70일 경에는 500mg·kg⁻¹ 수준으로 낮아졌다(Fig. 4). 과실에서 malic acid 함량은 유과기에는 1,100mg·kg⁻¹ 내외이지만 과실 비대에 따라 증가하여 만개 후 60일 경에는 2,000mg·kg⁻¹에 도달하여 수확기까지 높게 유지되었다. 수확기 과실에서 주요 유기산은 malic acid 2,000mg·kg⁻¹, quinic acid 500mg·kg⁻¹ 이외에 oxalic acid, shikimic acid, citric acid, fumaric acid 등은 20mg·kg⁻¹ 내외의 소량으로 존재하였다. 자두 과실의 산 함량은 수확기에 도달하면서 0.5% 수준으로 감소되는데(Table 2), 이러한 산 함량의 변동은 주로 quinic acid 함량의 감소에 기인한 것으로 보인다(Fig. 4). GA 처리구에서 시기별 유기산 함량은 무처리구와 차이가 없었으며, 만개 후 80일 경에도 과실 내 유기산 함량에는 뚜렷한 차이는 관찰되지 않았다.

이상의 결과를 종합하면, 만개 후에 GA 2.5% 도포제 처리는 자두에서 생리적 낙과를 억제하는 것으로 관찰되었다. 특히, 만개 후 13일 처리에 비해 만개 후 3일처리에서 착과율이 높았으며, 이로부터 GA 처리 시기가 빠를수록 과실 생리적 낙과에 대한 억제 효과가 높은 것으로 사려된다. 이러한 생리적 낙과 경감 효과는 ‘포모사’ 외에 ‘하니레드’, ‘추희’ 품종에서도 동일하게 관찰되었다. 또한 만개 후 3일에 GA 도포제를 처리한 ‘포모사’ 과실에서는 과실 성숙이 촉진되고 과실 성숙기에 과실 비대가 증진되는 것으로 관찰되었다. GA 처리한 과실은 수확기에 과실 경도 및 당·산함량이 낮은 것으로 조사되었으며 과실 성숙기에 sucrose 증가 시기가 빨랐는데, 이는 과실 성숙 촉진 및 성숙기에 과실 비대 촉진에 기인한 것으로 사려된다. 이상의 결과로 보아, GA 처리는 자두에서 생리적 낙과를 억제시켜 수확량 증진에 기여할 것으로 예상된다.

한편, GA 도포제가 처리된 과실에서는 열매 자루가 두껍게 비대하고 과실 모양이 일그러진 비정형과가 다수 발생하였다(자료 미제시). 이러한 과경의 이상비대와 비정형과의 발생은 기존의 연구에서도 보고되고 있어 (Griggs와 Iwakiri, 1961; Yuda 등, 1983), GA 도포제를 자두 재배에 이용하기 위해서는 비정형과 발생과 같은 부작용을 방지하는 연구가 필요할 것으로 생각된다.

적 요

본 연구에서는 GA 2.5% 도포제 처리가 자두 과실의 생리적 낙과 억제 및 과실 품질에 미치는 영향을 검토하였다. ‘포모사’ 과실에 대한 GA 도포제 처리는 과실의 생리적 낙과를 경감시켰으며 수정 후 처리시기가 빠를수록 생리적 낙과방지 효과가 높았다. ‘포모사’ 품종에 GA 도포제를 처리하고 착과율을 조사한 결과, 착과율은 만개 후 3일 처리에서 61%, 만개 후 13일 처리에서 15%로 무처리 5%에 비해 현저히 높았다. GA 도포제 처리구에서 착과율 증가는 ‘하니레드’, ‘추희’ 품종에도 유사한 경향이였다. 또한, GA 도포제 처리는 과실의 비대 및 과실 성숙에 영향을 주었다. GA 도포제 처리구에서 ‘포모사’ 과실의 비대 양상을 조사한 결과, 만개 후 80일까지는 대조구와 유사하였으나, 만개 후 80일 이후에 대조구에 비해 과실 무게가 높게 나타났다. GA 처리된 ‘포모사’ 과실은 과중이 약간 높고, 당도, 산 함량 및 경도는 약간 낮은 것으로 나타났다. 그리고, ‘포모사’ 과실에서는 수확기 직전 즉 만개 후 85일경에 sucrose 함량이 증가하는데 GA 처리는 sucrose 함량 증가시기를 앞당겼다. 이를 종합하면, GA 도포제 처리는 자두에서 과실 생리적 낙과를 경감시켰으며 또한

과실의 성숙을 촉진하고 성숙기에 과실 비대를 촉진하였다.

추가 주제어 : 경도, 과중, 당, 유기산, 착과율

Literature Cited

- Byun, J.K. 1979. The effect of growth regulators (gibberellin A₄₊₇ and benzyladenine) on the fruit development and ripening in apple (*Malus domestica* B.) and pear (*Pyrus serotina* R.). Res. Bull. Cath. Univ. Taegu-Hysung. p. 117-129.
- Byun, J.K. and J.S. Kim. 1995. Effect of GA₃, thidiazuron and ABA on fruit set and quality of ‘Kyoho’ grapes. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 36(2):231-239.
- Cho, M.D., S.B. Kim, J.H. Kim, M.Y. Park, and I.K. Yoon. 1992. Effect of GA₄₊₇ and shinox on russetting, fruit shape and fruit quality in apple. Res. Rep. RDA(H). 34(2):94-101.
- Choi, S.T., S.M. Kang, G.H. Ahn, D.S. Park, G.M. Shon, and C.W. Rho. 1999. Effect of GA₃ and artificial pollination on fruit set and growth of ‘Fuyu’ persimmon (*Diospyros kaki*). J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40(5):581-584.
- Griggs, W.H. and B.T. Iwakiri. 1961. Effects of gibberellin and 2,4,5-trichlorophenoxy propionic acid sprays on Bartlett pear trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 77:73-89.
- Hasegawa, K. and Y. Nakajima. 1990. Effects of bloom date, seediness, GA treatment and location of fruits in the foliar canopy on the fruit quality of persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 59(2):263-270.
- Hong, K.H., J.K. Kim, J.H. Choi, J.W. Han, S.K. Yun, and I.K. Jang. 1994. Hastening of pear maturity by plant growth regulators. Ann. Rep. Hort. Exp. Stn. (Fruit). p. 1043-1061.
- Jeong, S.B., H.J. Lee, and S.J. Chung. 1998. Effect of gibberellic acid on seedlessness induction and berry development in ‘Campbell Early’ and ‘Kyoho’ grapes by GA grown in non-heated plastic house. Kor. J. Hort. Sci. Tech. 39(5):555-559.
- Kim, H.J., K.D. Moon, and T.H. Sohn. 1988. Changes in sugar content and invertase activity in plum fruits during the maturation. Agric. Res. Bull. Kyungpook Natl. Univ. 6:129-135.
- Kim, K.Y., C.C. Kim, and C.I. Choi. 1974. Effects of ethephon application on maturity and quality of pear, peach, sweet cherry and grape. Res. Rpt. of O.R.D (Hort.) 16:23-30.
- Kim, Y.H., C.K. Youn, S.C. Lim, H.H. Kim, C.H. Lee, K.S. Choi, and S.K. Kim. 1999. Effect of gibberellin and ethephon foliar application on fruit maturity and quality of ‘Mibaek’ peach. J. Agric. Sci. Chungbuk Natl. Univ. 16:57-62.
- Lee, B.H., Y.H. Kwon, Y.S. Park, and H.S. Park. 2013. Effect of GA₃ and thidiazuron on seedlessness and fruit quality of ‘Kyoho’ grapes. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 31(2):135-140.
- Lee, J.C., S.H. Park, O.H. Kwon, and Y.S. Hwang. 1992. Effect of gibberellin paste on the fruit growth and maturation.

- tion in 'Hosui' pears. *Agric. Sci. Chungnam Natl. Univ.* 19:9-15.
- Miller, S.S. 1988. Plant bioregulators in apple and pear culture. *Hort. Rev.* 10:309-401.
- Park, S.W., H.I. Jang, K.H. Hong, and K.Y. Kim. 1995. Sugar distribution in various parts of pear fruits. *J. Kor. Soc. Hort. Sci. Abstracts* 13(2):210-211.
- Steffens, G.L., F.W. Jacobs, and M.E. Engelhaupt. 1991. Effect of growth regulators on growth and fruiting of own-rooted 'Golden Delicious' apple trees. *Sci. Hort.* 47:247-257.
- Youn, C.K., S.K. Kim, S.C. Lim, H.H. Kim, Y.H. Kim, C.H. Lee, and K.S. Choi. 2000a. Effects of application time of GA paste and promalin on composition and content of free sugars in pear fruits. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41(4):392-394.
- Youn, C.K., S.K. Kim, S.C. Lim, H.H. Kim, Y.H. Kim, C.H. Lee, and K.S. Choi. 2000b. Effect of GA paste and calcium chloride on tree growth, fruit quality, and storability of 'Nii-taka' pears. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41(5):517-522.
- Yuda, E., M. Hirakawa, I. Yamaguchi, and N. Murofushi. 1982. Fruit set and development of three pear species induced by gibberellins. *Acta Hort.* 137:277-284.