

GA₄₊₇+BA의 처리방법이 사과 ‘갈라’ 품종의 수체생장 및 과실특성에 미치는 영향

사공동훈¹ · 윤태명^{2*} · 최석원³

¹국립원예특작과학원 사과시험장, ²경북대학교 농업생명과학대학 원예학과, ³경북바이오산업연구원 (주)비엔엘아그로

Effects of Application Method of GA₄₊₇+BA on Tree Growth and Fruit Characteristics of ‘Gala’ Apple

Dong-Hoon Sagong¹, Tae-Myung Yoon^{2*}, and Seak-Won Choi³

¹Apple Research Station, National Institute of Horticulture & Herbal Science, Rural Development Administration, Gunwi 716-812, Korea

²Department of Horticulture, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

³B&L AGRO, Gyeongbuk Institute for Bio-Industry, Andong 760-380, Korea

Abstract. GA₄₊₇+BA, a plant growth regulator for induction of feathering in young apple tree and increasing fruit size, was applied by various methods on ‘Gala’/M.9 apple trees in high density orchard for 4 years to investigate its effect on fruit and shoot growth. GA₄₊₇+BA(80-300 mg·L⁻¹) increased fruit length, fruit weight, and L/D ratio regardless of application methods, but it did not affect soluble solid content, acidity, leaf area, and chlorophyll. Seed number was not affected by GA₄₊₇+BA application, however, more immature seeds was observed in treated ‘Gala’ fruit. Shoot growth was increased when spraying GA₄₊₇+BA at tree crown but not affected when spraying at fruit directly. More significant fruit growth was observed when GA₄₊₇+BA was applied on the fruits between late of May and early of June when fruit cell division ended; however, high concentration of GA₄₊₇+BA resulted in lower fruit storability because of lower firmness. Hence, more attention should be paid when applying high concentration of GA₄₊₇+BA to small sized fruit cultivars like ‘Gala’.

Additional key words: fruit firmness, *Malus domestica* Borkh., return bloom, seed number, weight loss

서 언

외국도입 품종인 ‘갈라’는 과중이 200-250g으로 소과이나 과형 및 당산비가 좋아 세계적으로 재배면적이 빠르게 증가하고 있다(Hampson과 Kemp, 2003). 재배적인 측면에서도 밀식재배에 적합하게 곁가지 발생과 꽃눈형성이 쉬워 경북 청송, 영천지역의 적지 않은 농가들이 재배하고 있으나 과실이 작은 것이 아쉬운 점으로 지적되고 있어 과실 크기만 개선할 수 있다면 우리나라에서도 유망품종으로 자리할 수 있을 것으로 생각된다.

과실 비대를 촉진하기 위해서는 적절한 전정을 통해 수관내 광 환경을 개선하고 착과수를 조절하여 충분한 엽수를

확보하여야 한다. 이와 더불어 세포분열과 비대를 촉진하는 생장조절제를 사용하면 확실하면서 손쉽게 과실비대를 촉진할 수 있다. 과실 비대 촉진제로는 GA₃, GA₄₊₇, BA, GA₄₊₇+BA(Promalin) 등이 이용되고 있다(Wertheim과 Webster, 2005; Youn 등, 2000). Promalin은 주성분인 GA₄₊₇과 BA가 각각 1.8%씩 혼합되어 있는 생장조절제로 ‘텔리셔스’ 계통의 사과 품종에서 과형 개선 및 비대에 효과가 우수하여 광범위하게 이용되고 있다(Greene, 1980; Miller, 1979; Untrath, 1974).

Park 등(1998)과 Byun 등(1999)은 개화 및 만개시 GA₄₊₇+BA를 살포할 경우 수정이 되지 않은 과실도 정상적으로 발달을 하다 적과가 끝난 후인 6월에 수정되지 않은 과실이 낙과되어 결실량 확보에 문제가 있기 때문에 인공수분을 병행할 필요가 있다고 하였다.

이에 소과종을 재배하는 몇몇 재배농가들은 과실비대가

*Corresponding author: tmyoon@knu.ac.kr

※ Received 15 September 2009; Accepted 29 April 2010.

본격적으로 시작되는 시기에 GA₄₊₇+BA를 처리하면 이러한 문제점을 회피할 수 있을 것으로 판단, 유과기(과실 직경 15mm 이상)에 고농도의 GA₄₊₇+BA를 처리하고 있으나 이러한 처리방법이 수체생장 및 과실품질에 미치는 영향에 대한 연구 보고를 찾기 힘든 실정이며, 처리농도나 살포시기는 각 농가의 경험에 의존하여 다양하게 실시되고 있다.

본 시험은 확실하게 수정이 되고 과실비대가 본격적으로 일어나기 시작하는 유과기에 고농도의 GA₄₊₇+BA 처리가 수체생장 및 과실 품질에 미치는 영향을 알아보고자 수행하였다.

재료 및 방법

유과기 GA₄₊₇+BA 농도별 과면 살포가 과실 특성에 미치는 영향(2003)

경상북도 군위군 소재 경북대학교 부속농장 사과원에 4.0×1.5m로 재식된 6년생 ‘갈라’/M.9 8주를 선정하여, 수분 수정이 끝나고 과실직경이 15mm인 유과기(2003년 5월 21일)에 주당 10-20개, 총 120개 과실을 무작위로 선정하여 GA₄₊₇+BA를 100, 200, 400, 600, 800mg·L⁻¹ 농도로 각 20개(주당 5과 4반복)의 과실에 살포하였다. 대조구로 무처리를 두었다. 나무의 착과 수준은 주당 60-80개이었다.

과실 품질 조사는 8월 말에 처리 과실을 전량 수확하여 과중과 L/D율을 측정하였으며, 경도는 경도계(WAGNER, Ø7mm, USA)를 이용하여 나온 수치를 1cm²당 kg으로 환산하였다. 가용성 고형물 함량은 착즙 후 디지털 당도계(ATAGO, PR-101, Japan)로 측정하였으며, 산 함량은 착즙한 과즙 5mL를 증류수 20mL로 희석한 후 0.1N NaOH을 투입, pH 8.1-8.3이 되는 점을 중화점으로 한 적정치를 사과산으로 환산하였다.

만개기 GA₄₊₇+BA 수관 살포가 영양생장과 과실품질에 미치는 영향(2004)

대구시 산격동 소재 경북대학교 부속과수원의 재식 7년차 ‘Gala’/M.9 12주를 이용하여 만개기인 2004년 4월 18일에 GA₄₊₇+BA를 20, 40, 80mg·L⁻¹ 농도로 각각 수관에 약액이 흘러내릴 정도로 살포하고, 10일 후인 4월 28일에 20mg·L⁻¹와 40mg·L⁻¹로 처리한 구는 같은 농도로 2차 살포하였다. 대조구로는 무처리를 두었다. 착과 수준은 주당 100개 수준으로 조절하였다. 시험구 배치는 1주를 1구로 한 완전임의 배치 3반복으로 하였다.

수체생장 조사는 주당 10개의 정단 신초를 선정하여 4월 21일부터 6월 15일까지는 1주 간격으로 길이를 조사하였고, 이후부터 수확기까지는 2-3주 간격으로 조사하였다. 총 신

초생장량은 12월경 수고 2m이하 발생된 모든 신초의 길이를 조사하였다. 엽 특성 조사는 7월 중하순경(7월 20일경)에 주당 20개의 엽을 채취하여 엽록소(Minolta, SPAD-502, Japan) 및 엽면적(LI-COR, LI-3000A, USA)을 조사하였다.

8월말에 과실을 전량 수확하여 주당 과중과 착과수를 전수 조사하였으며, 열과 발생율은 주당 착과수에 대한 열과 발생 과실수를 퍼센트로 나타내었다. 이후 주당 과실 5개를 선별하여 2003년 시험과 동일하게 L/D율, 경도, 가용성 고형물 함량과 산 함량을 조사 하였다. 이후 이들 각 과실에서 나온 종자의 수와 종자 생체중량을 조사하였다. 익년 개화율 조사는 전정한 후 3월경에 나무마다 지면에서 2m 높이까지의 정아수를 조사하고, 만개기인 4월경에 개화된 정아의 수를 조사하여 퍼센트(%)로 나타내었다.

시기별 GA₄₊₇+BA 과면 살포가 과실특성에 미치는 영향(2005)

2005년도에 2004년 시험과 동일한 나무(8년생) 12주에 대해 주당 10-20개, 총 160개의 과실을 선정하여 GA₄₊₇+BA를 300mg·L⁻¹농도로 6월 11일, 7월 11일, 8월 11일에 시기별로 40개(주당 10과 4반복)의 과실에 대해 과실표면에 약액이 흘러내릴 정도로 살포하였다. 대조구로는 무처리를 두었다. 착과 수준은 주당 60-70개이었다.

수체생장 조사는 처리 과실에 발생된 과대지의 생장량을 조사하였다. 과실 특성 조사는 6월 11일부터 8월 23일까지 1주일 간격으로 과실 중경 비대량을 조사한 후 8월 23일에 수확하여 시험 1과 동일하게 처리당 15개의 과실에 대한 특성(L/D율, 경도, 당도, 산 함량)을 조사하였다.

기타 엽 및 종자특성은 2004년 시험과 동일한 방법으로 조사하되 일반종자 크기 및 중량의 1/3-1/10 수준인 미발육 종자수를 추가로 조사하여 한 과실내 전체 종자수에 대한 미발육 종자의 비율을 나타내었다.

유과기 GA₄₊₇+BA 처리방법이 영양생장과 과실품질에 미치는 영향(2006)

2006년도에 2004년 시험과 동일한 나무(9년생) 12주를 이용하여 과실직경이 약 15mm에 달한 유과기(5월 9일)에 GA₄₊₇+BA 300mg·L⁻¹을 과실에만 살포한 처리구와 수관전체 살포한 처리구를 두었고, 4주 후인 6월 6일에 다른 나무를 선정하여 같은 농도로 과실에만 살포 하였다. 시험구 배치는 1주를 1구로 한 완전임의배치 3반복이었다.

과실의 과실비대(횡경, 종경)조사는 나무당 과실 10개를 선정하여 5월 16일부터 8월 30일까지 1주 간격으로 조사하였다. 과실 특성(L/D율, 경도, 당도, 산 함량)은 주당 5과를 선정하여 2003년 시험과 동일하게 조사하였다. GA₄₊₇+BA

처리가 과실의 저장 후 특성에 미치는 영향을 알아보기로 하자. 처리당 10개의 과실을 상온(20-25°C)에 7일간 저장 한 다음 감모율 및 과실특성을 조사하였다. 신초생장 조사와 익년 개화율은 2004년 시험과 동일한 방법으로 조사하였다.

결 과

유과기 GA₄₊₇+BA 농도별 과면 살포가 과실 품질에 미치는 영향(2003)

수분·수정이 끝난 유과기에 GA₄₊₇+BA 100-800mg·L⁻¹을 과실에만 살포한 결과(Table 1), GA₄₊₇+BA 처리구의 과중은 대조구 267g보다 약 50-90g정도 증가된 것으로 나타났다. 처리 농도 별로는 처리 농도가 높아질수록 과중이 증가하는 경향을 나타내었으며, GA₄₊₇+BA 600, 800mg·L⁻¹ 처

리가 약 357g로 시험구 중 과중이 가장 높았다. 경도는 과중과 반대로 GA₄₊₇+BA 처리구가 대조구보다 낮았으며, 처리 농도가 높을수록 낮아지는 경향을 나타내었다. L/D율에 있어서는 GA₄₊₇+BA 400mg·L⁻¹ 이상에서 L/D율이 증가하는 경향을 보였으나 통계적 유의차는 인정되지 않았다. 가용성 고형물 함량과 산 함량은 대조구가 GA₄₊₇+BA 처리구보다 높았으나 처리 농도 증가에 따른 변화는 일정하지 않았다.

만개기 GA₄₊₇+BA 수관 살포가 영양생장과 과실품질에 미치는 영향(2004)

GA₄₊₇+BA 처리 농도에 따른 정단 신초 생장의 변화를 보면(Fig. 1), 통계적 유의차는 인정되지 않았다. 평균 신초장은 20-25cm로 차이가 인정되지 않았으며, 신초수와 총 신

Table 1. Effects of various GA₄₊₇+BA applications on fruit quality of 'Gala'/M.9 apple.

Treatment ^z		Fruit weight (g)	Fruit firmness (kg/cm ²)	L/D ratio	SSC (°Brix)	Acidity (%)	
Time ^y	Target ^x						Concn ^w
Application of different GA ₄₊₇ +BA's concentrations at fruit directly in fruitlet (2003)							
None	None	None	267 c ^v	7.7 a	0.93 a	12.0 a	0.37 a
5/21	Fruit	100	317 b	7.4 ab	0.93 a	11.6 bc	0.33 bc
5/21	Fruit	200	332 b	7.0 b	0.94 a	10.6 d	0.31 c
5/21	Fruit	400	324 b	7.1 b	0.95 a	11.7 ab	0.32 c
5/21	Fruit	600	357 a	7.1 b	0.96 a	11.8 ab	0.36 ab
5/21	Fruit	800	358 a	6.9 b	0.98 a	11.3 c	0.33 bc
Application of GA ₄₊₇ +BA at tree crown in full bloom (2004)							
None	None	None	205 b	6.8 a	0.88 b	12.5 a	0.29 a
4/18, 4/28	Tree	20	208 b	6.4 a	0.92 a	12.6 a	0.26 a
4/18, 4/28	Tree	40	224 a	6.2 a	0.93 a	12.5 a	0.27 a
4/18	Tree	80	226 a	6.4 a	0.92 a	12.8 a	0.28 a
Seasonal application of GA ₄₊₇ +BA at fruit directly (2005)							
None	None	None	287 b	7.9 a	0.90 b	12.7 a	0.36 a
6/11	Fruit	300	334 a	6.9 b	0.94 a	12.5 a	0.31 b
7/11	Fruit	300	296 b	7.5 ab	0.91 b	12.4 a	0.35 ab
8/11	Fruit	300	293 b	7.7 a	0.94 a	12.2 a	0.36 a
Comparison of GA ₄₊₇ +BA application time and target (2006)							
None	None	None	238 b	6.1 a	0.91 a	12.8 a	0.25 ab
5/9	Fruit	300	251 ab	5.7 a	0.92 a	12.2 a	0.19 b
5/9	Tree	300	251 ab	6.6 a	0.94 a	12.3 a	0.22 ab
6/6	Fruit	300	263 a	6.2 a	0.93 a	12.1 a	0.28 a

^zTreatments were divided into four groups to find optimum application methods of GA₄₊₇+BA on 'Gala' apple.

^yDate of GA₄₊₇+BA application; On May 21, 2003 and May 9, 2006, GA₄₊₇+BA was sprayed at fruit directly when fruit diameter was over 15 mm; in 2004, it was applied when central flower in all clusters was over 80% full blooming and supplementary spray was applied 10 days later; in 2005, it was sprayed at fruit directly in vigorous fruit growth stage or before harvest.

^xSpray target: GA₄₊₇+BA was sprayed at fruit directly or at tree crown.

^wConcentration of GA₄₊₇+BA (mg·L⁻¹).

^vMean separation within columns by Duncan's multiple range test at *P* = 0.05.

Table 2. Effects of various GA₄₊₇+BA applications on shoot growth in 'Gala'/M.9 apple trees.

Treatment ^z			Total shootv growth (cm)	Avg. shoot length (cm)	No. of shoot per tree
Time ^y	Target ^x	Concn ^w			
Application of GA ₄₊₇ +BA at tree crown in full bloom (2004)					
None	None	None	2,430 a ^u	25.1 a	100.0 a
4/18, 4/28	Tree	20	2,600 a	20.5 a	127.3 a
4/18, 4/28	Tree	40	2,515 a	24.1 a	105.0 a
4/18	Tree	80	3,057 a	23.1 a	133.0 a
Seasonal application of GA ₄₊₇ +BA at fruit directly (2005)					
None	None	None	-	22.6 a	-
6/11	Fruit	300	-	24.1 a	-
7/11	Fruit	300	-	16.0 a	-
8/11	Fruit	300	-	20.0 a	-
Comparison of GA ₄₊₇ +BA application time and target (2006)					
None	None	None	3,862 ab	21.4 b	177.5 a
5/9	Fruit	300	3,689 ab	26.6 ab	141.7 a
5/9	Tree	300	5,003 a	35.5 a	142.3 a
6/6	Fruit	300	2,919 b	23.1 b	128.0 a

^zTreatments were divided into four groups to find optimum application methods of GA₄₊₇+BA on 'Gala' apple.

^yDate of GA₄₊₇+BA application; On May 21, 2003 and May 9, 2006, GA₄₊₇+BA was sprayed at fruit directly when fruit diameter was over 15 mm; in 2004, it was applied when central flower in all clusters was over 80% full blooming and supplementary spray was applied 10 days later; in 2005, it was sprayed at fruit directly in vigorous fruit growth stage or before harvest.

^xSpray target: GA₄₊₇+BA was sprayed at fruit directly or at tree crown.

^wConcentration of GA₄₊₇+BA (mg·L⁻¹).

^vShoots under 2 m of tree height.

^uMean separation within columns by Duncan's multiple range test at *P* = 0.05.

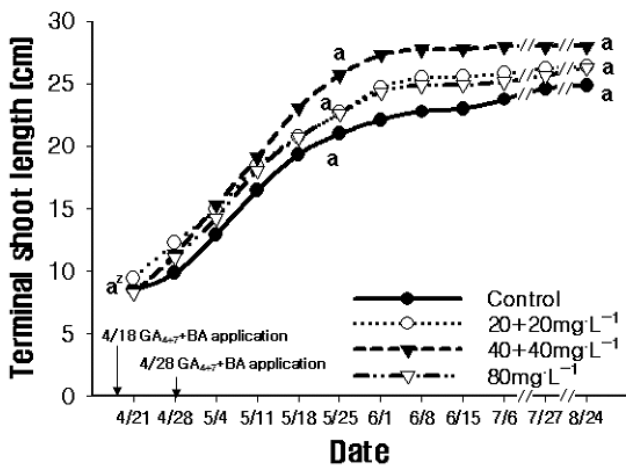


Fig. 1. Influence of GA₄₊₇+BA application to tree crown at full bloom on seasonal changes of terminal shoot length of 'Gala'/M.9 apple trees at Daegu in 2004. One foliar treatment of GA₄₊₇+BA was applied on 18 April when central flower in all clusters was over 80% full blooming and supplementary spray was applied 10 days later. zMeans followed by the same letter are not significantly different using Duncan's multiple range test at 5% level.

초생장량 역시 차이가 인정되지 않았다(Table 2).

평균 과중에 있어 GA₄₊₇+BA 20+20mg·L⁻¹ 처리구는 대조구와 차이가 인정되지 않았으나, GA₄₊₇+BA 40+40mg·L⁻¹

처리구와 GA₄₊₇+BA 80mg·L⁻¹ 처리구는 대조구보다 약 10% 더 높았다. L/D율에 있어서도 대조구는 0.88인데 비하여 GA₄₊₇+BA 처리구는 모두 0.90을 넘어섰다. 가용성 고형물 함량, 산 함량, 경도는 처리구와 대조구간 차이가 없었다 (Table 1).

엽 특성에 있어서 5월경 GA₄₊₇+BA 처리구의 소수 엽이 대조구보다 비대해 진 것이 관찰되었으나(데이터 미제시) 성엽이 되는 7월에 들어서는 통계적 유의차가 나타나지 않았으며, 엽록소 함량의 경우 뚜렷한 경향이 보이지 않았다. 종자수와 종자중량은 처리구와 대조구간 차이가 없었다(Table 3).

익년 개화율은 대조구보다 2회 GA₄₊₇+BA살포 처리구의 익년 개화율이 다소 낮아졌으나, GA₄₊₇+BA 80mg·L⁻¹ 1회 처리구는 대조구와 비슷한 경향을 보였다(Fig. 2a).

시기별 GA₄₊₇+BA 과면 살포가 과실특성에 미치는 영향(2005)

시기별 GA₄₊₇+BA 처리에 따른 과실 종경의 생장량을 보면(Fig. 3a), 6월 GA₄₊₇+BA 처리의 경우 처리 후 1주일 내에 종경 생장이 촉진되어 대조구에 비해 현저한 차이가 나타나기 시작하였으며, 이 차이는 수확기까지 유지되었다. 7월 GA₄₊₇+BA 처리구와 8월 GA₄₊₇+BA 처리구도 처리 후 생장

Table 3. Effects of various GA₄₊₇+BA applications on seed and leaf characteristics in 'Gala'/M.9 apple trees.

Treatment	Target ^y	Concn ^x	Number of seeds per fruit	Percentage of immature seed (%)	Weight of seeds (g)	Leaf area (cm ²)	SPAD value of leaf
Application of GA ₄₊₇ +BA at tree crown in full bloom (2004)							
None	None	None	8.0 a ^w	-	0.61 a	32.6 a	52.5 a
4/18, 4/28	Tree	20	8.7 a	-	0.65 a	33.3 a	50.0 b
4/18, 4/28	Tree	40	8.5 a	-	0.62 a	34.7 a	51.4 ab
4/18	Tree	80	8.1 a	-	0.63 a	33.6 a	52.9 a
Seasonal application of GA ₄₊₇ +BA at fruit directly (2005)							
None	None	None	10.3 a	11.2 a	0.61 a	25.0 a	55.7 a
6/11	Fruit	300	10.3 a	11.3 a	0.58 a	28.0 a	55.8 a
7/11	Fruit	300	10.5 a	12.5 a	0.58 a	25.0 a	57.0 a
8/11	Fruit	300	10.7 a	17.0 a	0.56 a	26.7 a	57.5 a
Comparison of GA ₄₊₇ +BA Application time and target (2006)							
None	None	None	9.8 a	19.1 b	0.60 a	33.1 a	51.3 ab
5/9	Fruit	300	10.4 a	35.6 a	0.48 a	35.7 a	50.7 bc
5/9	Tree	300	9.2 a	28.1 ab	0.47 a	33.4 a	50.0 c
6/6	Fruit	300	10.0 a	22.3 b	0.55 a	33.6 a	51.8 a

^zDate of GA₄₊₇+BA application; On May 21, 2003 and May 9, 2006, GA₄₊₇+BA was sprayed at fruit directly when fruit diameter was over 15 mm; in 2004, it was applied when central flower in all clusters was over 80% full blooming and supplementary spray was applied 10 days later; in 2005, it was sprayed at fruit directly in vigorous fruit growth stage or before harvest.

^ySpray target: GA₄₊₇+BA was sprayed at fruit directly or at tree crown.

^xConcentration of GA₄₊₇+BA (mg·L⁻¹).

^wMean separation within columns by Duncan's multiple range test at *P* = 0.05.

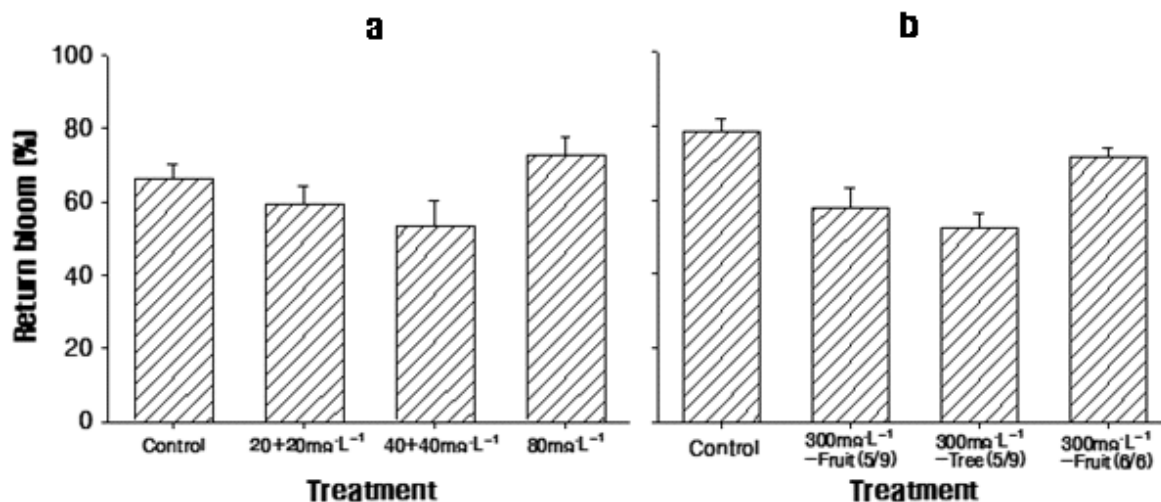


Fig. 2. Influence of various GA₄₊₇+BA applications on return bloom of 'Gala'/M.9 apple trees. a, one foliar treatment of GA₄₊₇+BA was applied on April 18, 2004 when central flower in all clusters was over 80% full blooming and supplementary spray was applied 10 days later; b, 300 mg·L⁻¹ GA₄₊₇+BA was sprayed at fruit directly or at tree crown when fruit diameter was over 15 mm on May 9, 2006; the same concentration was sprayed at fruit directly on June 6, 2006. Vertical bars indicate standard errors.

이 다소 촉진되는 경향이 있었으나 6월 GA₄₊₇+BA 처리구에 비하여 효과가 크게 낮았다. 착과 부위의 과대지의 길이는 16.0-24.1cm로 처리간 차이가 없는 것으로 나타났다 (Table 2).

평균 과중은 6월 GA₄₊₇+BA 처리구가 334g으로 가장 무거

웠고, 7월과 8월 GA₄₊₇+BA 처리구는 대조구와 차이가 없었다. 전반적으로 GA₄₊₇+BA의 처리시기가 빠를수록 과중이 증가하는 경향을 보였다. 가용성 고형물 함량은 통계적 유의차가 인정되지 않았으나, 경도 및 산 함량은 GA₄₊₇+BA 처리구가 대조구에 비해 다소 낮아지는 경향을 나타내었다. L/D율

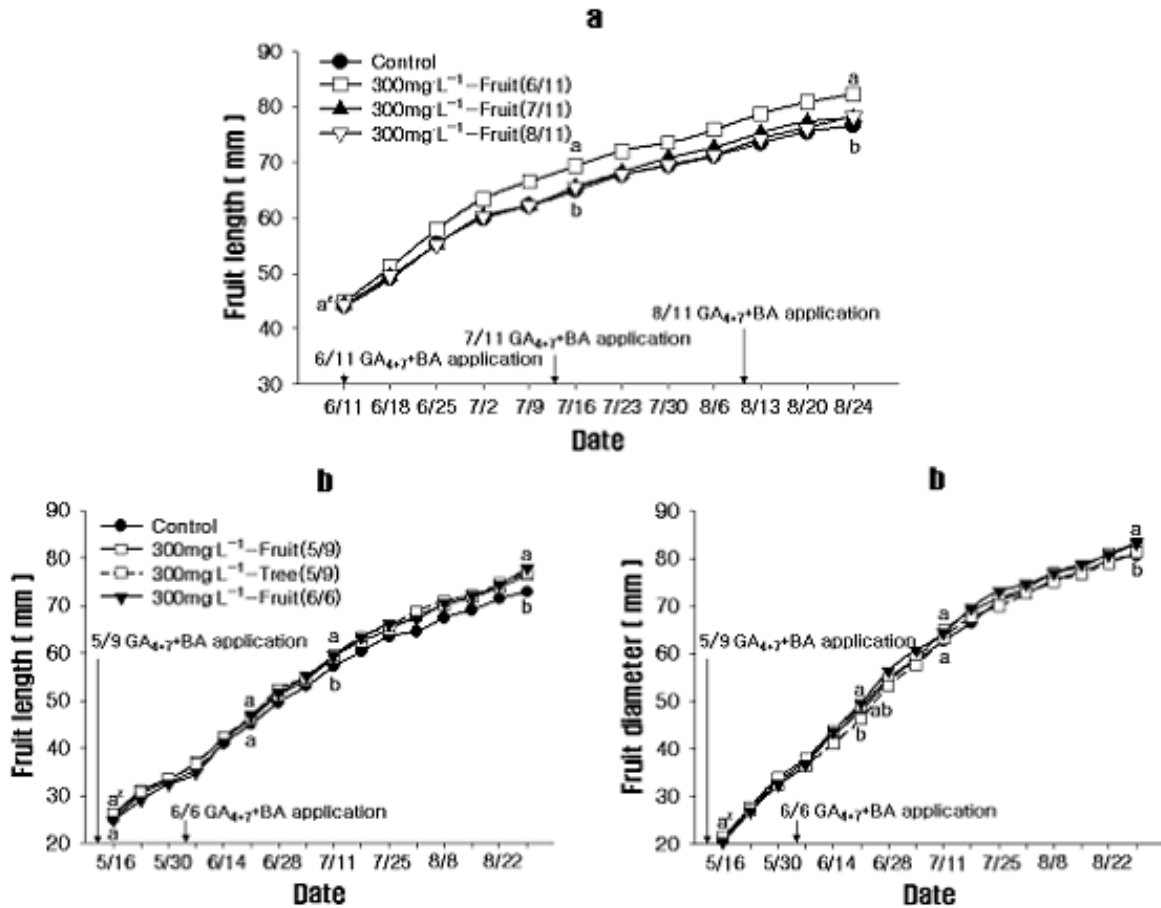


Fig. 3. Influence of various $GA_{4+7}+BA$ applications on seasonal changes of fruit length and diameter of 'Gala'/M.9 apple trees. a, $GA_{4+7}+BA$ was sprayed at fruit directly in vigorous fruit growth stage or before harvest in 2005; b, $300\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ $GA_{4+7}+BA$ was sprayed at fruit directly or at tree crown when fruit diameter was over 15 mm in May 9, 2006; the same concentration was sprayed at fruit directly on June 6, 2006. zMeans followed by the same letter are not significantly different using Duncan's multiple range test at 5% level.

은 $GA_{4+7}+BA$ 처리구가 대조구보다 높았고, 6월 $GA_{4+7}+BA$ 처리구는 0.94로 대조구에 비해 약 0.04정도의 증가를 나타내었다(Table 1). 과실당 종자수, 미발육 종자 비율, 종자중, 엽면적 및 엽록소 함량은 처리간 통계적 유의차가 인정되지 않았다(Table 3).

유과기 $GA_{4+7}+BA$ 처리방법이 영양생장과 과실품질에 미치는 영향(2006)

신초생장을 보면(Table 2), 5월에 수관 살포한 $GA_{4+7}+BA$ 처리구의 총 신초생장량이 5,003cm로 다른 처리구들 보다 29.6-71.4% 높았다. 평균 신초장에 있어서도 5월에 수관 살포한 $GA_{4+7}+BA$ 처리구가 35.5cm로 가장 길었다. 신초수는 처리간 차이가 없었다.

시기별 과실의 종경과 횡경의 변화를 보면(Fig. 3b), $GA_{4+7}+BA$ 5월 처리구의 종경 변화는 처리 후 1주일부터 대조구보다 약간의 차이가 나타나기 시작하여 수확기에는 대조구보다 다소 증가하였으며, $GA_{4+7}+BA$ 6월 처리구는 처리(6월

6일)후 1주일 만에 종경 비대가 급속히 증대되어 수확기까지 지속적인 증가를 보였다. 횡경에 있어서는 과실에 살포한 $GA_{4+7}+BA$ 처리구에서만 대조구보다 증가하는 경향을 나타내었는데 그 차이는 종경보다 뚜렷하지 않았다.

평균 과중은 $GA_{4+7}+BA$ 5월 처리구가 약 251g으로 대조구의 238g보다 높은 경향을 보였고 $GA_{4+7}+BA$ 6월 처리구는 263g으로서 유의하게 높았다. 가용성 고형물 함량, 경도, L/D율은 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 산 함량은 5월의 과실 처리구에서 가장 낮았다(Table 1).

과실 내 종자수는 처리구와 대조구간 통계적 유의차가 인정되지 않았으나, 미발육 종자 발생율은 $GA_{4+7}+BA$ 처리구가 대조구보다 높았다. 특히 5월 과실부위에만 $GA_{4+7}+BA$ 를 살포한 처리구의 미발육 종자 발생율이 35.6%로 가장 높았다. 엽면적은 차이가 없었고, 엽록소 함량은 $GA_{4+7}+BA$ 5월 처리구들이 대조구보다 다소 낮은 경향이 있었다(Table 3).

상온 저장(20-25°C, 7일간)후 과실의 감모율 및 가용성 고형물 함량은 통계적 유의차가 인정되지 않았다. 경도 및

Table 4. Effects of different GA₄₊₇+BA applications on 'Gala'/M.9 fruit quality after storage.

Treatment ^z			After storage (7days, 20-25°C) ^v			
Time ^y	Target ^x	Concn ^w	Weight loss (%)	Fruit firmness (kg/ cm ²)	SSC (°Brix)	Acidity (%)
Comparison of GA ₄₊₇ +BA Application time and target (2006)						
None	None	None	5.8 a ^u	5.9 a	12.7 a	0.31 a
5/9	Fruit	300	3.3 a	5.8 a	12.5 a	0.26 b
5/9	Tree	300	5.3 a	5.3 b	12.3 a	0.26 b
6/6	Fruit	300	4.7 a	5.5 ab	12.2 a	0.26 b

^zTreatments were divided to find optimum application methods of GA₄₊₇+BA on 'Gala' apple.

^yDate of GA₄₊₇+BA application; On May 21, 2003 and May 9, 2006, GA₄₊₇+BA was sprayed at fruit directly when fruit diameter was over 15 mm; in 2004, it was applied when central flower in all clusters was over 80% full blooming and supplementary spray was applied 10 days later; in 2005, it was sprayed at fruit directly in vigorous fruit growth stage or before harvest.

^xSpray target: GA₄₊₇+BA was sprayed at fruit directly or at tree crown.

^wConcentration of GA₄₊₇+BA (mg·L⁻¹).

^vInvestigated fruits were stored in room temperature (20-25°C) for 7 days after harvest.

^uMean separation within columns by Duncan's multiple range test at *P* = 0.05.

산 함량에 있어서는 GA₄₊₇+BA 처리구가 대조구보다 약간 낮은 경향이였다(Table 4).

익년 개화율의 경우 대조구가 78.5%로 GA₄₊₇+BA 처리구들의 52.5-71.4%보다 높았다. 처리 시기에는 GA₄₊₇+BA 5월 처리가 6월 처리보다 익년 개화율이 낮았다(Fig. 2b).

고 찰

GA₄₊₇은 과수에 있어 세포의 분열과 신장을 촉진시켜 과실의 종경 및 과중, 착과를 증진시키나 꽃눈분화를 저해하며, BA는 옥신과 함께 세포분열을 유도하여 과실의 횡경 및 종경, 과중, 꽃눈 분화를 증진시킨다고 한다(McLaughlin과 Greene, 1984; Tromp, 2005).

사과에 있어 만개기 전후에 GA₄₊₇+BA를 살포하면 세포신장과 세포분열 촉진에 의해 과실의L/D비가 높아져 과형이 장원형으로 되며 과중도 무거워진다고 한다(Burak와 Büyükyilmaz, 1997; Byun 등, 1999; Greene, 1980, 2003; Greene 등, 1982; Miller, 1979; Park 등, 1998; Unrath, 1974; Youn 등, 2004). 그러나 개화기에 GA₄₊₇+BA를 살포할 경우 수정이 잘 되지 않고, 유목기 과실의 경우는 GA₄₊₇에 의해 종자발육이 저해되어 무종자 과실이 많아지고 기형과 비율이 높아진다(Greene, 2003; McLaughlin과 Greene, 1984). 또한, 개화기에 살포농도가 50mg·L⁻¹ 이상이면 바로 낙화되거나(Greene, 1980), 6월 낙과가 심해진다고 한다(Byun 등, 1999; Park 등, 1988).

과실직경이 15mm이상인 시기에 과실부위에만 100-800 mg·L⁻¹ (100, 200, 400, 600, 800)의 고농도로 GA₄₊₇+BA를 처리한 결과(Table 1), 낙과나 기형과 없이 처리 농도가 높을수록 과중이 무거워지는 경향을 보였으며, 100mg·L⁻¹ 이하

농도에서도 300g 이상의 과실 생산이 가능할 것으로 생각되었다. 그러나 과실에만 GA₄₊₇+BA를 살포하는 몇몇 농가에서는 300-400mg·L⁻¹ 농도를 선호하고 있다. 이는 GA₄₊₇+BA 처리농도 대비 과중 증가를 고려한 결과로, 본 시험 역시 처리농도 증가 폭에 대한 대조구 대비 과중 증대 비율을 조사해 본 결과 400mg·L⁻¹ 이상에서는 처리농도 증가 폭에 대한 과중 증대 비율의 변화가 나타나지 않았다(Table 1). 이러한 결과를 토대로 2004년 시험은 100mg·L⁻¹ 이하의 농도로 만개기 수관 살포를 하였으며, 2005년 시험은 농가에서 선호하는 처리농도(약 300mg·L⁻¹)의 유과기(5월경) 이후 살포가 과실비대에 미치는 영향을 알아보기 위하여 수행하였다. 2006년 시험은 300mg·L⁻¹의 시기 및 살포 방법에 따른 수체생장 및 과실품질을 비교하고자 실시하였다.

수체생장에 있어서 Youn 등(2004)은 만개 3일 후에 '쓰가루' 품종에 GA₄₊₇+BA를 수관에 살포하면 잎이 커지는 경향이 있었으나, 신초생장 및 엽록소 함량에 있어서는 큰 변화가 없었다고 하였다. 2004년 시험에서 정단 신초의 시기 별 생장을 살펴보면, GA₄₊₇+BA 20-80mg·L⁻¹ 살포 후 1-2주부터 정단 신초장이 길어지는 경향이 보였으나(Fig. 1), 통계적 유의성은 인정되지 않았다. 그러나 2006년 시험에서의 300mg·L⁻¹의 고농도 GA₄₊₇+BA를 과면에 살포한 처리구의 총 신초생장 및 평균 신초장은 대조구와 차이가 없었지만 5월 9일에 수관 살포한 시험구의 총 신초생장 및 평균 신초장은 대조구 대비 각각 약 30%와 66%의 증가를 보여(Table 2), GA₄₊₇+BA를 300mg·L⁻¹로 수관 전체 살포할 경우 과도한 영양생장을 유발할 위험이 있는 것으로 판단되었다(Table 2).

사과는 일반적으로 세포분열이 있는 후에 세포비대가 이루어지는데, 세포분열은 수정 후 3-6주(대구의 경우 낙화가 만개 후 약 10-14일로, 수정 후 3-6주가 만개 후 31-56일)

동안에, 과중 비대는 만개 후 40-80일 사이에 가장 왕성한데 이는 품종에 따라 달라질 수 있다(Tromp와 Wertheim, 2005). 본 시험의 경우 GA₄₊₇+BA 처리구의 L/D비가 대조구보다 높은 경향을 나타내었으며, 특히 만개 후 60일경인 6월 상순 이후에 GA₄₊₇+BA를 처리하여도 L/D비는 뚜렷하게 증가되었다. 이는 세포분열이 끝나고 본격적인 세포 비대가 되는 6월 이후에 GA₄₊₇의 살포에 따른 세포신장이 이루어졌기 때문으로 여겨지며, 본 시험에서의 GA₄₊₇+BA 처리에 의한 과실 중경과 횡경 비대는 GA₄₊₇+BA 처리가 중경을 증가시키나 횡경에는 영향이 미미하다는 보고(McLaughlin과 Greene, 1984; Miller, 1979; Unrath, 1974)와 유사하였다(Fig. 3).

과중에 있어서도 앞서 언급된 보고(Byun 등, 1999; Greene, 1980, 2003; Park 등, 1998; Youn 등, 2004)와 동일하게 GA₄₊₇+BA 처리구는 대조구보다 높았다. 4-6월 초·중순경 사이에 80-300mg·L⁻¹ 농도로 살포할 경우 과실 비대는 대조구에 비하여 20-47g정도 과중이 증가 되었으며, 과실세포분열 초기(만개 후 20-30일경)인 5월초에 살포하는 것보다는 세포 분열 말기(만개 후 45-60일경)로 추정되는 5월말-6월초 사이에 살포하는 것이 과중 증가에 더 효과적인 것으로 추정되었다(Table 1).

과실 비대 및 과중 증가는 세포 수에 크게 영향을 받으며 세포분열이 많을수록 과중은 증가한다고 한다(Tromp와 Wertheim, 2005). 따라서 GA₄₊₇+BA를 만개 후 10일경 즉, 세포 분열기에 살포하면 세포 수 증가에 따른 과중 증가가 이루어진다고 하는데(Byun 등, 1999; Park 등, 1998; Unrath, 1974; Youn 등, 2004), Youn 등(2000)은 배의 경우 만개 후 45일경에 살포하면 과중 비대가 가장 크게 이루어진다고 하였다. 본 실험에서는 5월말-6월초 사이가 ‘갈라’ 품종이 만개 후 45-60일 정도 지난 세포 분열 말기로 GA₄₊₇+BA처리가 이 시기의 세포분열 기간을 연장시켰기 때문에 과중 증가가 있었던 것으로 추정되며, 향후 처리시기에 따른 과실 세포분열 및 비대에 대한 조사 혹은 호르몬 조사가 추가로 필요할 것으로 판단되었다. 또한 같은 농도임에도 불구하고 각 시험에서 평균 과중이 다른 것은 기상과 재배적 영향이 있었을 수도 있으나 주당 착과량이 2003년과 2005년 시험에서는 60-70개인 반면에 2004년과 2006년 시험에서는 100-110개로 착과량에 따라 GA₄₊₇+BA에 의한 과중 비대 효과에 차이가 있었던 것으로 추정되었다(Forshey와 Elfving, 1989).

과실특성에 있어(Table 1), 경도, 가용성 고형물 함량, 산 함량은 GA₄₊₇+BA 처리에 따른 유의차가 나타나지 않거나 발생하더라도 경향이 일정하지 않았다(Burak과 Büyükyilmaz, 1997; Park 등, 1998).

개화 및 만개시 GA₄₊₇+BA를 살포할 경우 매개충에 의한 자연수분 혹은 인공수분이 충분해야 과실 내 종자형성이 안정되어 있어 조기낙과 발생이 경감될 수 있다(Byun 등, 1999; Park 등, 1998). 본 실험이 수행된 대구시 산격동 소재 경북대학교 부속과수원에서는 매개충이 많아 자연수분이 충분히 이루어지며, 수분·수정이 된 후 정상적인 착과가 이루어진 과실에 GA₄₊₇+BA를 처리하였기 때문에 과실당 종자 수는 차이가 없었던 것으로 판단되었다(Table 3). 그러나 미발육 종자수는 GA 및 BA등의 호르몬이 GA₄₊₇+BA를 에 의한 외부 유입에 의해 종자 발육이 증진되어, GA₄₊₇+BA 처리구의 미발육 종자의 비율이 높아졌던 것으로 추정되었다(Burak과 Büyükyilmaz, 1997; Greene, 1980; Greene 등, 1982; McLaughlin과 Greene, 1984; Unrath, 1974).

상온 저장에 있어서는 Greene 등(1982)은 GA₄₊₇+BA 처리 농도가 높아질수록 저온 저장 후 과실의 연화가 촉진된다고 하였다. 본 실험도 2006년 시험의 경우 저장 후 경도 및 산 함량은 GA₄₊₇+BA 처리구가 대조구보다 낮아 저장력이 감소되는 동일한 결과를 보이고 있다. 그러나 저장 동안 과중 변화에 있어서는 GA₄₊₇+BA 처리구가 대조구보다 저장 후 과중 감소가 적은 것으로 나타났다(Table 4).

수확시 GA₄₊₇+BA를 살포한 처리구의 열과 발생률은 대조구보다 높은 경향이 있었으나 뚜렷한 차이는 없었다(데이터 미제시). 일반적으로 오랫동안 고온 건조된 상태에 있다가 과실 비대기 말기에 장마기를 거치면 열과 발생이 많이 일어나며 특히 ‘갈라’는 열과에 민감한 품종이라고 알려져 있으며 이런 열과 발생을 억제하기 위해서 GA₃를 살포하고 있는 경우도 있다(Wertheim과 Webster, 2005). 본 실험에서의 GA₄₊₇+BA는 열과 발생을 줄이기보다는 발생을 늘이는 경향이 있었다. 따라서 ‘갈라’에서의 열과 발생을 줄이기 위해서는 열과 발생이 많아지기 전에 수확을 끝내도록 하는 것이 중요하다고 판단되었다.

익년 개화율에 있어서는 Rossi 등(2004)은 GA₄₊₇+BA 처리는 측지의 꽃눈 수를 증진시킨다고 보고한 반면, Unrath (1974)는 50mg·L⁻¹ 이상 처리에서 화아유도가 감소한다고 보고하였다. Ramirez 등(2004)과 Greene(2003)은 식물체내 GA는 화아유도를 저해하나 사이토키닌은 화아유도를 촉진시킨다고 하였는데, McLaughlin과 Greene(1984)는 화아유도를 억제하는 GA₄₊₇과 촉진하는 BA의 혼합은 서로 효과가 상충되어 익년 개화율에 영향을 미치지 않는다고 하였다. 본 실험에서의 익년 개화율은 2004년 시험에서는 GA₄₊₇+BA 처리구와 대조구간 통계적 유의차가 없었으나(Fig. 2a), 2006년 시험에서는 처리구가 대조구보다 낮아진 것으로 나타났다(Fig. 2b).

이상의 결과를 종합해보면, 수분·수정이 확실할 경우 과실세포 분열 말기인 5월말-6월초(만개 후 45-60일)에 80-300mg·L⁻¹ 이하의 농도로 GA₄₊₇+BA를 과실에만 처리하면 낙과 및 기형과 없이 과중 증대가 가능하여 소득을 증가시킬 수 있으나, 과실 경도 감소, 열과 발생 증가, 저장성 약화 및 익년 개화를 감소 등의 문제가 발생될 수 있기 때문에 소과중인 품종의 과실크기를 증대시켜 상품성을 높이고자 GA₄₊₇+BA를 처리하는 것은 여러 가지 조건을 신중하게 검토하여 실시되어야 한다고 판단되었다.

초 록

GA₄₊₇+BA는 유목의 측지 발생 및 과실비대를 목표로 사용되는 생장조절제로써 본 실험에서는 밀식 과수원의 ‘갈라’ 사과품종을 공시하여 4년 동안 여러 가지 살포방법을 이용하여 과실비대 및 영양생장에 미치는 영향을 조사하였다. GA₄₊₇+BA 처리시 과실 종경, 과중, L/D율은 증가되거나 가용성 고형물 함량 및 산 함량, 엽면적, 엽록소함량 등은 변화가 일정하지 않았다. 과실 내 종자 수는 처리에 따른 차이가 없었으나 미발육 종자의 수가 증가하는 것으로 나타났다. 고농도 수관전체 살포는 신초생장을 증가시켰으나 착과 부위에만 살포시에는 영향이 없었다. 살포시기에 있어서는 과실 세포분열이 끝나는 시점인 5월말에서 6월초에 살포하는 것이 과실비대에 가장 효과적이었다. 그러나 고농도 GA₄₊₇+BA 처리는 과실의 경도를 감소시켜 과실의 저장성을 떨어뜨리기 때문에 ‘갈라’ 같은 소과중에 있어 고농도의 GA₄₊₇+BA 살포는 주의가 필요할 것으로 판단되었다.

추가 주요어 : 과실 경도, *Malus domestica* Borkh., 익년 개화율, 종자수, 감모율

인용문헌

Burak, M. and M. Büyükyilmaz. 1997. Effect of promalin on fruit shape and quality of Starking Delicious apple cultivar. *Acta Hort.* 463:365-369.

Byun, J.K., T.G. Kang, and D.H. Lee. 1999. Effects of GA₄₊₇+BA application at flowering stage on fruit development and seed formation of ‘Fuji’ apples. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:213-216.

Forshey, C.G. and D.C. Elfving. 1989. The relationship between vegetative growth and fruiting in apple trees. *Hort. Rev.* 11:229-287.

Greene, D.W. 1980. Effect of silver nitrate, aminoethoxyvinylglycine, and gibberellin A₄₊₇ plus 6-benzylamino prunine on fruit set

and development of ‘Delicious’ apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105:717-720.

Greene, D.W. 2003. Endogenous hormones and bioregulator use apples, p. 437-457. In: D.C. Ferree and I.J. Warrington (eds.). *Apples; botany, production and uses.* CABI Publishing, Cambridge, MA, USA.

Greene, D.W., W.J. Lord, and W.J. Bramlage. 1982. Effect of gibberellin A₄₊₇ and 6-benzylamino prunine on fruit set, fruit characteristics, seed content, and storage quality of ‘McIntoch’ apple. *HortScience.* 17:653-654.

Hampson, C.R. and H. Kemp. 2003. Characteristics of important commercial apple cultivars, p. 61-89. In: D.C Ferree and I.J. Warrington (eds.). *Apples; botany, production and uses.* CABI Publishing, Cambridge, MA, USA.

McLaughlin, M.M. and D.E. Greene. 1984. Effects of BA, GA₄₊₇, and daminozide on fruit set, fruit quality, vegetative growth, flower quality of ‘Golden Delicious’ apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109:34-39.

Miller, S.S. 1979. Effect of promalin on the physical characteristics of ‘Delicious’ apples grown in two geographic locations. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104:857-860.

Park, J.K., J.S. Hong, I.M. Choi, J.B. Kim, S.H. Kim, and H.S. Park. 1998. Applications of artificial pollination, spraying gibberellin A₄₊₇ plus benzyladenine for production of uniform fruits in ‘Fuji’ apples. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 16:27-29.

Ramírez, M., A. Benavides, V. Robledo, R. Alonso, and J. Gómez. 2004. Gibberellins and cytokinins related to fruit bud initiation in apple. *Acta Hort.* 636:409-413.

Rossi, A.D., L. Rufato, C.L. Giacobbo, F.R.C. Gomes, and J.C. Fachinello. 2004. Use of promalin on one-year old trees of apple cv. ‘Catarina’. *Acta Hort.* 636:145-149.

Tromp, J. 2005. Metabolic processes, p. 39-54. In : J. Tromp, J.T. Webster, and S.J. Wertheim (eds.). *Fundamentals of temperate zone tree fruit production.* Backhuys Publishers, Leiden.

Tromp, J. and S.J. Wertheim. 2005. Fruit growth and development, p. 240-266. In: J. Tromp, J.T. Webster, and S.J. Wertheim (eds.). *Fundamentals of temperate zone tree fruit production.* Backhuys Publishers, Leiden.

Unrath, C.R. 1974. The commercial implications of gibberellin A₄₊₇ plus benzyladenine for improving shape and yield of ‘Delicious’ apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99:381-384.

Wertheim, S.J. and A.D. Webster. 2005. Manipulation of growth and development by plant bioregulators, p. 267-294. In: J. Tromp, J.T. Webster, and S.J. Wertheim (eds.). *Fundamentals of temperate zone tree fruit production.* Backhuys Publishers, Leiden.

Youn, C.K., S.C. Lim, Y.H. Kim, T. Yoon, T.S. Kim, and S.K. Kim. 2004. Effects of promalin and salicylic acid application on tree growth and fruit quality of ‘Tsugaru’ apple. *Acta Hort.* 653:151-154.

Youn, C.K., S.K. Kim, S.C. Lim, H.H. Kim, Y.H. Kim, C.H. Lee, and K.S. Choi. 2000. Effects of application time of promalin on tree growth and fruit quality of pears. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41:289-291.