

칼슘제, 피막제, GA₄₊₇ + BA의 수체살포 및 봉지씌우기에 의한 '감홍' 사과 동녹 방지와 과신품질

문영지^{1,3}·남기웅²·강인규¹·문병우^{3*}

¹경북대학교 원예과학과, ²한경대학교 원예생명과학과, ³엠원예기술연구소 부설연구소

Effects of Tree-spray of Calcium Agent, Coating Agent, GA₄₊₇ + BA and Paper Bagging on Russet Prevention and Quality of 'Gamhong' Apple Fruits

Young-Ji Moon^{1,3}, Ki-Woong Nam², In-Kyu Kang¹, and Byung-Woo Moon^{3*}

¹Department of Horticultural Science, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

²Department of Horticultural Life Science, Hankyung National University, Ansong 17579, Korea

³R&D center, M-Horticultural Technique Research Institute, Suwon 16642, Korea

*Corresponding author: mbwapple@hanmail.net

Abstract

This study was conducted to examine the effect of 0.4% of CaCl₂, 2H₂O, 1 mg·L⁻¹ of Calmodulin (CaM)-SH, 250-folds of coating agent (WE-36), 1,000-folds of GA₄₊₇+BA and 3 types of paper bagging treatments on russet incidence and fruit quality attributes of 'Gamhong' apple. The pattern of russet occurrence was slightly different for 4 years (from 2012 to 2015) in 'Gamhong' apple. The russet occurrence was lowest in GA₄₊₇+BA treatment at 20 days after full bloom (DAFB), compared with other treatments. The GA₄₊₇+BA treatment increased fruit weight at 20 DAFB, while the other fruit quality attributes were not influenced. The russet occurrence was lower not only in a single bag application than in untreated ones but also in yellow bagging and discolored bagging applications than in a white bagging application. The russet occurrence in a bagging application was lower at 20 DAFB than at 30 and 40 DAFB, while fruit quality attributes were not affected by bagging applications. The russet incidence was lower in GA₄₊₇+BA twice treatments at 20 and 30 DAFB, and calcium coated bag at 30 DAFB after GA₄₊₇+BA treatment at 20 DAFB than in untreated fruit. The rate of russet incidence was lowest at equator region in GA₄₊₇+BA treatment, compared with the other fruit regions. Overall, the results suggest that one and/or two applications of GA₄₊₇+BA (1,000-folds) treatment at 20 DAFB should reduce the risk of russet incidence in 'Gamhong' fruit.

Additional key words: calmodulin, fruit weight, plant growth regulator, temperature

 OPEN ACCESS



Korean J. Hortic. Sci. Technol. 34(4):528-536, 2016
<http://dx.doi.org/10.12972/kjst.20160054>

pISSN : 1226-8763
eISSN : 2465-8588

Received: February 22, 2016

Revised: March 29, 2016

Accepted: April 4, 2016

Copyright©2016 Korean Society for Horticultural Science.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution NonCommercial License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(PJ01048106)의 지원에 의해 수행되었음.

서 언

‘감홍’ 사과는 우리나라에서 육성한 품종으로 당도가 높고 식미가 우수하여 소비자들에게 호평을 받을 만큼 과실 품질이 우수하나 재배 기간 중에 생리장해인 동녹 발생과 칼슘부족으로 인한 고두병의 발생으로 안정적인 재배가 어려워 재배면적이 확대되지 못하고 있다. 사과 동녹은 과피가 매끈하지 않고 녹이 발생한 것과 같이 거칠어지는 현상으로 1930년에 최초로 연구(McDaniel and Meinicke, 1930)된 이후 ‘Golden Delicious’(Kim, 1991; Cho et al., 1992), ‘Tsugaru’(Cho et al., 1992), ‘Yoko’(Son, 2010), ‘홍소’ 및 ‘홍안’에서 동녹에 관한 연구가 수행되었고, 발생요인으로 유전적 요인과 환경적인 요인이 있다고 하였다. 환경적인 요인으로 과실 생육 초기의 다습조건(Creasy, 1980), 강우나 농약살포(Creasy and Swartz, 1981; Faust and Shear, 1972; Cho et al., 2002)에 의한 기계적 상처, 개화기의 저온이나 만상 피해(Watanabe, 1969; Cresay, 1980; Kim et al., 2003), 왕성한 수세, 직사광선(Roosi, 1962)에 노출된 과실, 무기성분(Cho et al., 2002) 등이 작용하는 것으로 알려져 있다. 또한 환경조건들 중에도 그 해의 기상과 유과기의 저온 또는 일조 조건에 의해 발생 정도가 달라진다고 하였다(Watanabe, 1969; Seo et al., 2003). 동녹 발생을 감소시키기 위해 사과와 배에서는 낙화 후 10일 이내에 봉지를 씌우거나(Kim, 1991; Han et al., 2002; Son, 2010), 봉지 대신 생석회(CaO), 탄산칼슘(CaCO₃), 이산화규소(SiO₂·nH₂O), 지베렐린(GA₄₊₇)을 주성분으로 한 제제 등을 이용하는 연구도 수행되어 왔다(Greene, 1984; Kim, 1991; Cho et al., 1992; Park et al., 1998; Moon et al., 2012). 그러나 감홍 품종에서 동녹 방지를 위한 연구는 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 사과 ‘감홍’에서 발생하는 동녹을 방지하기 위하여 칼슘제, 피막제, GA₄₊₇+BA 수체살포와 과실봉지 씌우기를 단독 및 병행 처리하여 동녹방지와 수확 시 과실품질에 미치는 영향을 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

약제처리

시험 장소는 경상남도 거창군 거창읍 소재의 사과 과수원에서 실시하였으며, 재식거리는 3.5m × 1.5m(190주/10a)로 재식된 ‘감홍’/M9 6-7년생을 이용하였다. 2012년 약제처리는 염화칼슘 2 수염(MBcell, California, USA) 0.4%, Calmodulin (CaM)-SH(MERCK, Germany) 1mg·L⁻¹, 피막제(WE-36, M·Horticultural Technique Research Institute(MHTI), Suwon, Korea) 250배, GA₄₊₇+BA (지베렐린에이포세른 육-비에이액제, 농협케미컬, Korea) 1,000배를 이용하여 중심화 80% 만개일(4월 30일)을 기준으로 20일 후 나무 전체에 골고루 살포하였다. 2013년 약제처리는 만개(5월 3일) 후 20일에 GA₄₊₇+BA 1,000배액을 1회, 만개 후 20일에 GA₄₊₇+BA 1,000배액을 1회 처리한 후 만개 30일에 2회 처리, 만개 후 20일에 GA₄₊₇+BA 1,000배액을 1회 처리 후 만개 30일에 칼슘제(OS-Ca®, CaO 17%, MHTI, Suwon, Korea) 500배 1회 수체살포 하였다. 그리고 만개 후 20일에 GA₄₊₇+BA 1,000배액을 1회 수체살포 한 후, 만개 30일에 봉지 속지에 칼슘용액이 6% 코팅된 사과용 칼슘함유 2중 봉지(MHTI, Suwon, Korea)를 씌우는 처리를 하였다.

봉지처리

과실봉지 처리는 2012년에 18.3 × 14.6cm 크기인 백색1중 봉지, 황색1중 봉지(리제이텍, Korea), 초기에는 황색에서 햇빛에 의해 점차 백색으로 변하는 변색1중 봉지 등 3종류의 봉지를 만개(4월 30일) 후 20, 30, 40일에 각각 봉지를 처리하였다. 처리구의 봉지 제거는 수확 30일 전에 실시하였다.

동녹 발생조사

연도별 동녹조사는 2012년부터 2015년까지 매년 동일 나무 3주를 선정하여 전체 과실을 만개 후 170일에 조사하였으며, 기상자료는 기상청 거창관측소의 4월과 5월의 최저기온을 수집하여 연도별 연관관계를 분석하였다(KMA, 2015). 동녹 발생 정도는 과피면 전체에 차지하는 동녹 면적 비율을 육안으로 관찰하여 1점: 동녹 발생 무, 3점: 1%미만 발생, 5점: 1-5% 발생, 7점: 6-25%, 9점: 26% 이상으로 구분하여 조사하였다(RDA, 2003). 약제처리 시험은 상기 방법으로 동녹 발생 정도를 만개 후 72, 141, 176일에 조사하였고, 봉지처리 시험은 만개 후 72일과 176일에 조사하였으며, GA₄₊₇+BA 단용 및 봉지 병행 처리 시험은 만개 후 44, 137 및 167일에 조사하였다. 그리고 과실의 부위별 동녹 발생 조사는 과병부, 중앙부, 과정부로 구분하여 각 반복당 과실을 30과씩 무작위로 조사하였다.

과실품질 조사

과실경도는 과실경도계(FT30, Wagner, Greenwich CT, USA)를 이용하여 직경 8mm plunger로 과피를 제거한 과실의 중앙부에서 2지점(A, B)을 측정하여 평균값을 N으로 환산하여 표시하였다. 가용성고형물(SSC)은 굴절당도계(ATC-1E, Atago, Tokyo, Japan)로 측정하여 °Brix로 표시하였다. 산 함량은 과즙 10mL에 증류수 40mL을 가한 용액을 0.1N NaOH 용액으로 pH 8.1이 될 때까지 적정한 후 그 양을 능금산으로 환산하였으며, 과피의 색도는 색차계(CR-300, Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 과실의 중앙부 2지점에서 측정하여 평균값을 Hunter L, a, b 값으로 나타내었다. 과실 품질조사는 2013년에 만개 후 137일과 167일에 반복당 10과씩 무작위로 조사하였다.

시험규모 및 통계분석

시험구 규모는 2주를 1반복으로 난괴법 3반복으로 하여 배치하였으며, 시험 결과의 통계분석은 MS excel 2000을 이용하여 상관분석을 하였으며, SAS 9.1(SAS Institute Inc, Cary, NC., USA) 이용하여 Duncan's 다중검정 및 t-test로 처리 간 유의성($p < 0.05$)을 분석하였다.

결과 및 고찰

연도별 동녹 발생 정도

2012년부터 2015년까지 4년 동안 연도별 감홍 품종의 동녹 발생 정도를 보면(Table 1) 4.0에서 7.0으로 2015년에는 4.0으로 가장 낮았으나, 2014년에는 7.0으로 가장 높아 해에 따라 동녹 발생에 차이를 보였다. 농촌진흥청 시험조사기준(RDA, 2003)에서 동녹 발생정도가 2.0 이상이면 상품성에 영향을 주는 동녹이 발생하는 것으로 제시하고 있어 감홍 품종에서 해마다 동녹 발생을 조사한 결과, 4.0이상으로 동녹 발생이 심한 품종임을 확인하였다. 동녹과 온도의 연관성을 파악하기 위하여 만개기를 기준으로 4월과 5월의 기상자료를 분석한 결과(Fig. 1), 동녹 발생정도가 4.0으로 나타난 2015년의 4월의 최저 기온이 0.7°C로 영하로 내려가는 일수는 없었으나, 2012년에는 최저 기온이 -2.7°C이었고 영하로 내려간 일수가 5일이었다. 2013년에는 최저기온이 -3.3°C이었으며 10일이 영하로 내려갔으며, 동녹이 7.0으로 발생이 심한 2014년에는 최저기온은 -2.5°C로 2일이 내려갔다. 그러나 4년 동안 5월에는 영하로 내려가는 일수는 없었다. 따라서 개화 기간 전, 후의 4월의 최저기온과 영하로 내려간 일수가 2-10일이나 되어 동녹 발생에 영향을 준 것으로 추정할 수 있었다. 5월의 평균 기온은 $y = -5.7209x + 107.05$ ($R^2 = 0.7376^*$)의 상관식을 나타내어(Fig. 2) 평균기온이 17.6°C에서 18.0°C 사이에서 기온이 높을수록 동녹 발생정도는 낮았다. 사과의 동녹 발생은 Tukey(1959)는 낙화 후 10일부터 30일 사이에 어린 과실에서 나타나며, Watanabe(1969)는 해에 따라 차이

Table 1. Degree of russet occurrence at harvest in 'Gamhong'/M9 fruit for four years.

Years	Full bloom date	Russet occurrence (1-9) ^z
2012	April 30	6.1a ^y
2013	May 03	5.5a
2014	April 28	7.0a
2015	May 03	4.0b

^zIndex of russet occurrence : 1 (non), 3 (below 1%), 5 (1-5%), 7 (6-25%), 9 (over 26%).

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at the 5% level

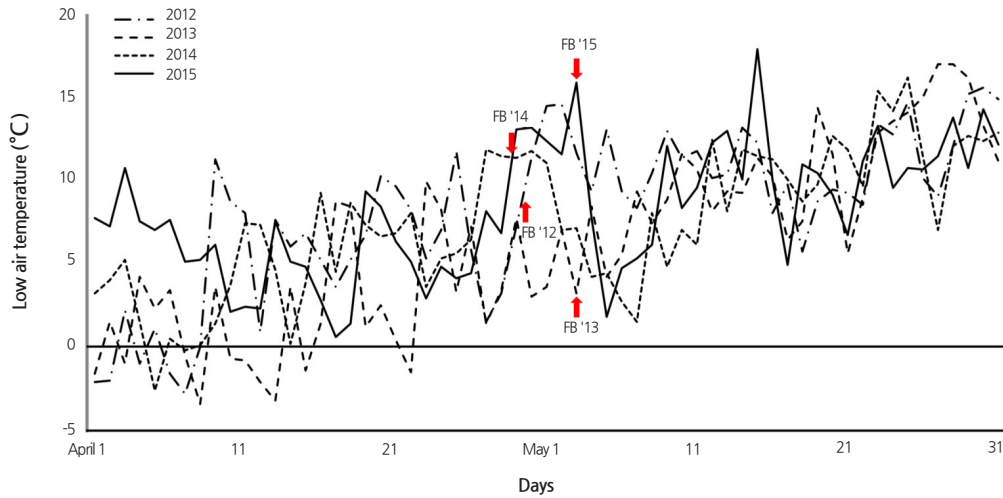


Fig. 1. Changes of daily mean low air temperature for April and May in four years. *FB: full bloom date.

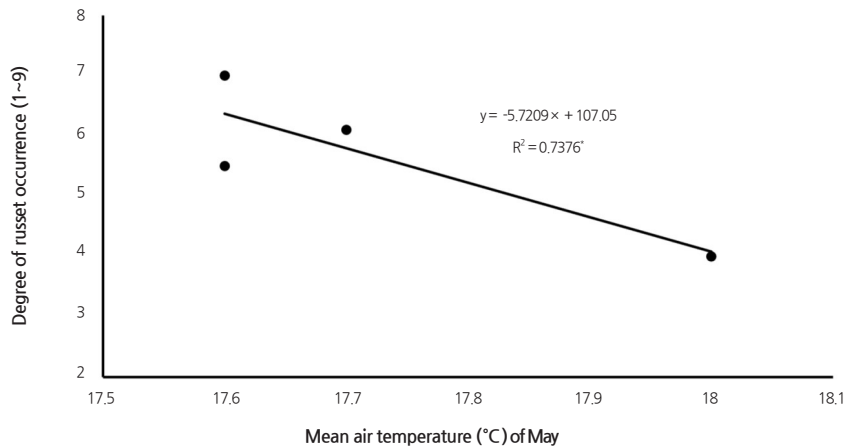


Fig. 2. Relationships between degree of russet occurrence and mean air temperature (from May 01 to May 31) of 'Gamhong' apple in four years (n = 4). Fruits were harvested 170 days after full bloom.

가 있다고 하여 본 연구와 동일한 결과를 나타내었다. 개화기의 저온 및 만상에 의한 피해에 의해 동록이 발생하고(Watanabe, 1969; Cresay, 1980; Kim et al., 2003), 유과기에 -2~4°C의 저온을 경과하면 과정부에 동록이 발생한다고 하였으며(Simons, 1957), 4월에서 5월까지 일교차와 0°C 이하의 동결시간 및 결로 시간과 상관성이 있다고 하였다(Seo et al., 2003). 또한 개화기나 유과기에 0°C의 저온이 동록의 원인이 된다고 하였다(Winter, 1964). 본 시험에서는 4월의 최저 기온이 4년(2012-2015년) 동안 0.7~-3.3°C로

내려갔고, 특히 2013년 4월 8일에는 -3.3°C로 가장 많이 내려갔으며 만개일(5월 3일)의 최저기온은 3.3°C였다. 그러나 2013년도의 동록 발생이 5.5인 것으로 볼 때, 만개일의 저온보다는 만개일 이전의 저온으로 인하여 유과기에 동록 발생이 나타난 것으로 생각되었으나 2015년의 4월의 최저기온이 영상인데도 불구하고 동록 발생이 4.0으로 유의하게 나타나 이와 관련된 세밀한 연구가 필요하였다.

칼슘제, 피막제, GA₄₊₇+BA의 수체살포에 의한 동록 발생과 과실 품질

칼슘제, 피막제 및 GA₄₊₇+BA의 처리에 의한 동록 발생정도를 검토하기 위하여 만개 후 20일에 수체살포 한 다음, 만개 후 72일에 동록 발생 정도를 조사하였다(Table 2). 무처리 6.3에 비하여 CaM 처리는 2.0, GA₄₊₇+BA 처리는 2.7로 가장 낮았으며, WE-36(피막제)과 CaCl₂ 처리구는 각각 4.2와 5.0으로 높은 동록 발생을 보였다. 만개 후 141일의 동록 발생정도는 무처리에 비하여 GA₄₊₇+BA 처리는 2.1로 가장 낮았으며, WE-36 처리는 3.0, CaCl₂ 처리는 4.3으로 낮은 결과를 보였다. 만개 후 176일에는 GA₄₊₇+BA 처리는 1.2로 가장 낮게 나타났으며 CaCl₂, CaM, WE-36 처리는 무처리보다는 낮았다. 이상의 결과와 같이 동록 발생 정도가 2.0을 기준으로 상품 가치의 기준을 판단할 때 만개 후 20일에 GA₄₊₇+BA 처리가 가장 우수한 동록 방지 효과를 보였다. 칼슘제, 피막제 및 GA₄₊₇+BA의 수체살포에 의한 과중에 미치는 영향은(Table 2) 만개 후 72일에는 무처리와 처리 간 큰 차이가 없었으나 만개 후 141일에는 GA₄₊₇+BA 처리가 무처리에 비하여 12.8% 증가하였으며 수확기인 만개 후 176일에는 34.0% 증가하였다. 처리별 과피의 Hunter L값(명도)은 만개 후 72, 141, 176일에는 큰 차이를 나타내지 않았으며, a값(적색도)은 만개 후 72, 176일에는 처리별 차이는 없었으나 만개 후 141일에는 GA₄₊₇+BA 처리가 무처리에 비하여 현저하게 낮게 나타났다. b값(황색도)은 만개 후 72, 141일에는 전 처리 모두 비슷하였지만, 만개 후 176일에는 GA₄₊₇+BA 처리가 무처리에 비하여 유의하게 낮았다. 과육의 경도, 가용성고형물(SSC) 및 산 함량에는 차이가 없었다. 이상의 결과들은 GA₄₊₇+BA 수체살

Table 2. Effects of tree-spray of several materials on the russet occurrence and fruit quality 72, 141, 176 days after full bloom of 'Gamhong' apple in 2012.

Treatments ^z	Fruit weight (g)	Russet occurrence (1-9) ^y	Hunter value			Firmness (N/Ø8mm)	SSC (°Bx)	Acidity (%)
			L	a	b			
<i>72 days after full bloom</i>								
CaCl ₂ 0.4%	101 b ^x	5.0 b	62.0 a	-17.1 a	27.0 a	41.7 a	9.3 a	0.35
CaM 1 mg·L ⁻¹	108 b	2.0 c	63.0 a	-17.1 a	26.4 a	38.6 a	9.3 a	0.33
WE-36 250X	111 ab	4.2 b	62.4 a	-17.1 a	26.2 a	39.5 a	9.8 a	0.34
GA ₄₊₇ +BA 1,000X	116 a	2.7 c	61.6 a	-18.0 a	27.2 a	38.5 a	9.3 a	0.32
Control	109 b	6.3 a	63.0 a	-16.3 a	26.0 a	37.6a	8.8 a	0.33
<i>141 days after full bloom</i>								
CaCl ₂ 0.4%	301 b ^x	4.3 b	52.0 a	52.0 a	21.4 a	29.2 a	11.8 a	0.26 a
CaM 1 mg·L ⁻¹	312 ab	5.1 ab	50.9 a	50.9 a	21.0 a	28.4 a	11.8 a	0.28 a
WE-36 250X	283 b	3.0 b	52.0 a	52.0 a	22.2 a	28.1 a	11.1 a	0.25 a
GA ₄₊₇ +BA 1,000X	317 a	2.1 b	56.3 a	56.3 a	23.8 a	28.0 a	11.5 a	0.25 a
Control	281 b	7.2 a	51.1 a	51.1 a	21.9 a	27.9 a	11.2 a	0.25 a
<i>176 days after full bloom</i>								
CaCl ₂ 0.4%	391 b	3.4 b	34.4 a	34.4 a	8.6 a	25.2 a	15.5 a	0.23 a
CaM 1 mg·L ⁻¹	399 b	3.0 b	33.9 a	33.9 a	8.6 a	25.2 a	14.9 a	0.23 a
WE-36 250X	396 b	3.2 b	31.3 a	31.3 a	6.9 b	25.2 a	15.0 a	0.23 a
GA ₄₊₇ +BA 1,000X	477 a	1.2 c	30.9 a	30.9 a	6.7 b	24.3 a	14.6 a	0.24 a
Control	356 b	5.5 a	34.1 a	34.1 a	8.2 a	20.4 a	14.7 a	0.25 a

^zIt was treated 20 days after full bloom (19 May, 2012).

^yIndex of russet occurrence: 1 (non), 3 (below 1%), 5 (1-5%), 7 (6-25%), 9 (over 26%).

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test at the 5% level.

포에 의한 동녹 방지 효과는 보고 되었고(Taylor and Knight, 1986; Cho et al., 1992; Knoche et al., 2011), ‘Golden Delicious’에서 동녹 발생과는 정상과에 비하여 지베렐린 함량이 훨씬 적고(Eccher, 1978), 지베렐린 처리에 의해 cuticle 층이 두꺼워졌으며(Eccher, 1978), anti-gibberellin 처리에 의해 동녹 발생이 증가하였다(Curry and Williams, 1983)고 하여 지베렐린과 관련성이 있음을 알 수 있었다. ‘감홍’ 사과에서는 외생 지베렐린에 의해서도 과피 세포의 발달과 cuticle 층 형성을 조작하여 동녹 발생을 억제하는 효과가 있는 것으로 생각되었다. 칼슘 흡수를 조절하는 물질인 CaM(calcium modulator) 처리에 의한 동녹 발생 정도가 적게 나타난 이유는 보호조직인 과피에서 칼슘 축적량이 많아(자료 미제시) 조직이 견고하여 나타난 결과로 추측할 수 있었으며, ‘황금배’에서 높은 상대 습도는 오히려 칼슘 흡수를 저해 받아 동녹 발생이 많다(Cho et al., 2002)고 하여 본 연구 결과를 일부 뒷받침하여 주었다. 과중은 GA₄₊₇+BA 처리에 의해 증가되었지만 과실품질 및 과피색에는 미치는 영향은 없었으며, GA₄₊₇+BA 처리에 의해 과중 증가는 Promalin 1,500배를 중심화 낙화직후 1회, 낙화 후 10일 간격으로 2회 살포하였을 때 수확 시 과중은 증가하였으나 경도, 가용성고형물 및 산 함량에는 차이는 없다(Park et al., 1998)고 하여 본 시험의 결과와 일치하였다. 또한 본 시험에 이용된 GA₄₊₇+BA액제에는 GA₄, GA₇의 유효성분이 1.8% 각각 함유되어 있어 이들이 과실 비대(Nejatzadeh Barandoozi and Talaie, 2009)에 영향을 주어 과중이 증가되었고 과실의 표면적이 넓어져 동녹이 발생된 부위가 희석되어 육안 관찰 시 그 발생 정도가 낮게 나타난 것으로 추정되었다.

봉지 씌우기에 의한 동녹 발생과 과실 품질

봉지씌우는 시기(만개 후 20, 30, 40일)와 봉지색(백색, 황색, 변색 1중)을 달리하여 씌운 다음 만개 후 72일 및 176일에 동녹 발생과 과실 품질을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 만개 후 72일에 조사한 동녹 발생 정도는 무처리 6.2에 비하여 전 시기(만개

Table 3. Effects of paper bags on the russet and fruit quality of ‘Gamhong’apple in 2012.

Treatments ^z	Fruit weight (g)	Russet occurrence (1-9) ^y	Hunter value			Firmness (N/Ø8mm)	SSC (°Bx)	Acidity (%)
			L	a	b			
<i>72 days after full bloom</i>								
20 DAFB ^x White bag	111 a ^x	3.0 b	63.8 a	-16.5 a	20.7 a	38.0 a	8.3 a	0.32 a-
Yellow bag	106 a	1.7 c	66.9 a	-16.6 a	27.0 a	41.2 a	8.3 a	0.31 a
Dicoloration bag	110 a	3.2 b	65.5 a	-16.9 a	27.2 a	36.0 a	8.3 a	0.32 a
30 DAFB White bag	99 a	2.3 c	65.9 a	-16.8 a	26.7 a	39.8 a	8.4 a	0.33 a
Yellow bag	98 a	1.6 c	68.3 a	-16.7 a	27.8 a	42.2 a	8.7 a	0.31 a
Dicoloration bag	109 a	2.1 c	65.5 a	-16.6 a	26.4 a	39.2 a	9.0 a	0.33 a
40 DAFB White bag	114 a	3.3 b	65.4 a	-17.2 a	27.4 a	40.4 a	8.6 a	0.34 a
Yellow bag	105 a	3.7 b	66.2 a	-16.6 a	27.2 a	38.8 a	9.7 a	0.32 a
Dicoloration bag	121 a	2.1 c	67.0 a	-16.6 a	26.8 a	36.8 a	8.4 a	0.34 a
Control	110 a	6.2 a	60.0 a	-16.4 a	26.0 a	37.6 a	8.5 a	0.33 a
<i>176 days after full bloom</i>								
20 DAFB ^y White bag	403 a	2.3 b	33.2 a	20.2 a	7.8 a	25.2 a	14.9 a	0.18 a
Yellow bag	454 a	1.5 b	34.4 a	21.8 a	8.0 a	24.3 a	13.6 a	0.23 a
Dicoloration bag	414 a	1.8 b	34.1 a	21.1 a	8.2 a	26.2 a	14.5 a	0.25 a
30 DAFB White bag	390 a	2.9 ab	33.1 a	21.3 a	7.9 a	25.2 a	14.1 a	0.20 a
Yellow bag	394 a	2.8 ab	35.9 a	23.8 a	9.3 a	24.3 a	14.1 a	0.21 a
Dicoloration bag	394 a	2.4 b	33.0 a	23.1 a	7.7 a	27.2 a	15.0 a	0.25 a
40 DAFB White bag	381 a	3.6 a	35.3 a	22.0 a	9.6 a	25.2 a	15.4 a	0.29 a
Yellow bag	370 a	3.7 a	35.2 a	22.0 a	9.4 a	26.2 a	15.5 a	0.22 a
Dicoloration bag	413 a	3.7 a	35.0 a	22.4 a	8.9 a	26.2 a	15.4 a	0.23 a
Control	356 a	5.5 a	34.1 a	20.4 a	8.2 a	21.3 a	14.7 a	0.25 a

^zIndex of russet occurrence : 1 (non), 3 (below 1%), 5 (1-5%), 7 (6-25%), 9 (over 26%).

^yBagging time was treated days after full bloom (DAFB).

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test at the 5% level.

후 20, 30, 40일) 봉지씌우기 처리 및 봉지색(백색, 황색, 변색) 처리에 의해 현저하게 낮았다. 이들 중 황색1중 봉지 만개 후 20일 처리는 1.7, 만개 후 30일 처리는 1.6으로 가장 낮은 결과를 나타내었다. 적숙기인 만개 후 176일에는 무처리 5.5에 비하여 봉지색에 관계없이 만개 후 20일 처리가 가장 발생정도가 낮았으며, 30일 봉지씌우기에서는 변색1중 봉지처리가 2.4로 다른 처리에 비하여 낮았으나 만개 후 40일 봉지씌우기 처리는 동록방지 효과가 없었다. 따라서 봉지씌우는 시기가 빠를 수록 동록 발생이 감소되는 결과를 보였다. 그리고 과중, Hunter 값, 경도, 가용성고형물 및 산 함량에 미치는 영향은 만개 후 72일 및 176일에 조사한 결과 무처리에 비하여 봉지씌우는 시기(만개 후 20, 30, 40일) 및 1중 봉지(백색, 황색, 변색) 처리간에는 영향을 주지 않았다. 'Yoko' 사과(Son, 2010) 및 'Hwangkeumbae'에서 동록 발생을 최소화하기 위해서는 패대시기가 빠를수록 좋다고 하였으며, 황금배 전용봉지를 이용하면 동록이 적게 발생되고 과피미려도를 향상시킬 수 있다고 하여(Hong et al., 1996) 본 시험에서 중심화 80% 개화 후 20일에 1중 황색봉지 처리에서 동록 발생이 적게 나타난 결과와 일치하였다. 그리고 봉지씌우는 시기 및 봉지색에 따라 과실 품질에 미치는 영향은 Son(2010)이 '양평' 사과에서 시험한 결과와 동일하였다. 이러한 결과는 만개 후 20일에서 40일 사이 봉지씌우는 시기에 따른 동록의 발생 정도는 무대에 비하여 유대가 훨씬 발생이 적었으며 일찍 봉지를 씌우는 것이 더욱 효과적이었다. 본 시험에서는 만개 후 20일에 1중 황색봉지 씌우기에서 가장 동록 발생이 적고 과피미려도를 좋게 하여 상품성을 향상시킬 수 있었다.

GA₄₊₇+BA 수체살포와 봉지씌우기 병행처리에 의한 동록 발생과 과실 품질

상기 시험의 결과를 기초로 하여 GA₄₊₇+BA 1,000배 수체살포와 봉지씌우기를 병행하여 동록 발생 및 과중에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 만개 후 44일에 1과당 동록 발생 정도를 보면, 무처리에 비하여 GA₄₊₇+BA 1회(만개 후 20일 처리), GA₄₊₇+BA 2회(20, 30), GA₄₊₇+BA 1회(20)+칼슘제 500배(30), GA₄₊₇+BA 1회(20)+칼슘봉지(30) 처리 모두 낮게 나타났으며, 이들 중 GA₄₊₇+BA 2회(20, 30) 처리와 GA₄₊₇+BA 1회(20)+칼슘봉지(30) 처리에서 동록 방지 효과가 우수하였다. 만

Table 4. Effects of GA₄₊₇+BA and calcium materials treatment on the russet occurrence after full bloom 44, 137 and 167 days of 'Gamhong' apple in 2013.

Treatments ²	Russet occurrence (1-9) ¹			
	Whole fruit	Fruit parts		
		Stem end	Central part	Calyx end
<i>44 days after full bloom</i>				
GA ₄₊₇ +BA 1,000X, 1 time (20 DAFB)	2.5b ^x	1.7b	1.8b	2.3b
GA ₄₊₇ +BA 1,000X, 2 times (20, 30 DAFB)	1.9b	1.3b	1.3b	2.0b
GA ₄₊₇ +BA 1,000X, 1 time (20 DAFB) + Ca agent 500X (30DAFB)	2.0b	1.4b	1.6b	2.0b
GA ₄₊₇ +BA 1,000X, 1 time (20 DAFB) + Calcium coated bag (30 DAFB)	1.8b	1.5b	1.6b	1.7b
Control	4.9a	3.5a	2.9a	4.7a
<i>137 days after full bloom</i>				
GA ₄₊₇ +BA 1,000X, 1 time (20 DAFB)	5.6a	5.3b	4.9b	5.6a
GA ₄₊₇ +BA 1,000X, 2 times (20, 30 DAFB)	3.1b	2.8c	2.2c	3.3b
GA ₄₊₇ +BA 1,000X, 1 time (20 DAFB) + Ca agent 500X (30DAFB)	6.3a	6.1b	5.7b	6.3a
GA ₄₊₇ +BA 1,000X, 1 time (20 DAFB) + Calcium coated bag (30 DAFB)	1.5b	1.1c	1.1c	1.9b
Control	8.4a	7.6a	7.4a	8.6a
<i>167 days after full bloom</i>				
GA ₄₊₇ +BA 1,000X, 1 time (20 DAFB)	2.1b	1.9b	1.7b	2.9b
GA ₄₊₇ +BA 1,000X, 2 times (20, 30 DAFB)	1.8b	1.7b	1.6b	2.0b
GA ₄₊₇ +BA 1,000X, 1 time (20 DAFB) + Ca agent 500X (30DAFB)	3.4b	3.2b	3.0b	4.0b
GA ₄₊₇ +BA 1,000X, 1 time (20 DAFB) + Calcium coated bag (30 DAFB)	1.3b	1.3b	1.0b	1.5b
Control	5.5a	4.9a	4.8a	6.5a

²DAFB: Days after full bloom (03 May, 2013).

¹Index of russet occurrence: 1 (non), 3 (below 1%), 5 (1-5%), 7 (6-25%), 9 (over 26%).

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test at the 5% level.

Table 5. Effects of GA₄₊₇+BA and calcium materials treatment on the fruit quality of 'Gamhong' apple in 2013.

Treatments ^c	Fruit weight (g)	Hunter value			Firmness (N/Ø8mm)	SSC (°Bx)	Acidity (%)
		L	a	b			
<i>137 days after full bloom</i>							
GA ₄₊₇ +BA 1,000X, 1 time (20 DAFB) ^a	335 a ^y	43.4 b	15.3 a	14.6 b	29.1 a	15.6 a	0.29 a
GA ₄₊₇ +BA 1,000X, 2 times (20, 30 DAFB)	331 a	49.4 b	14.6 a	18.6 b	28.1 a	15.2 a	0.31 a
GA ₄₊₇ +BA 1,000X, 1 time (20 DAFB) + Ca agent 500X (30 DAFB)	290 b	44.7 b	13.7 a	14.9 b	30.1 a	15.5 a	0.28 a
GA ₄₊₇ +BA 1,000X, 1 time (20 DAFB) + Calcium coated bag (30 DAFB)	289 b	76.7 a	9.3 ab	25.8 a	28.1 a	13.1 b	0.26 a
Control	282 b	49.7 b	4.5 b	18.3 b	29.1 a	14.9 ab	0.31 a
<i>167 days after full bloom</i>							
GA ₄₊₇ +BA 1,000X, 1 time (20 DAFB)	387 a	31.6 b	23.2 a	7.6 a	28.1 a	17.6 a	0.28 a
GA ₄₊₇ +BA 1,000X, 2 times (20, 30 DAFB)	413 a	32.0 b	23.2 a	8.7 a	28.1 a	16.4 b	0.28 a
GA ₄₊₇ +BA 1,000X, 1 time (20 DAFB) + Ca agent 500X (30 DAFB)	332 b	32.9 b	22.7a	8.6 a	28.1 a	16.5 b	0.25 a
GA ₄₊₇ +BA 1,000X, 1 time (20 DAFB) + Calcium coated bag (30 DAFB)	355 b	43.2 a	28.9 a	12.4 a	25.2 a	14.9 c	0.23 a
Control	330 b	34.9 b	23.0 a	9.7 a	27.2 a	17.2 a	0.27 a

^aDAFB: Days after full bloom (May, 03, 2013).^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at the 5% level.

개 후 137일에는 GA₄₊₇+BA 2회(20, 30)처리와 GA₄₊₇+BA 1회(20)+칼슘봉지(30) 처리에서 동녹 발생이 1.5로 가장 낮았고, 만개 후 167일에는 모든 처리구들의 과실에서 무처리보다 낮은 동녹 발생을 나타내었으며, 특히 GA₄₊₇+BA 2회(20, 30)처리와 GA₄₊₇+BA 1회(20)+칼슘봉지(30)처리에서 낮은 발생을 보였다. 과실 부위별 동녹 발생은 과정부, 과병부, 중앙부 순으로 많이 나타났으며, 1과당 동녹 발생이 낮은 GA₄₊₇+BA 2회(20, 30)처리와 GA₄₊₇+BA 1회(20)+칼슘봉지(30)처리는 분열조직이 왕성한 중앙부에서 낮은 발생을 나타내었다. GA₄₊₇+BA 1회(20) 및 2회(20, 30) 수체살포가 동녹 발생이 낮은 것은 사과는 만개 후 30일에서 40일까지 세포수가 결정되고, 그 후 어린 과실의 종자에서 지베렐린이 생성되어 세포비대가 일어나는데 이 시기에 GA₄₊₇+BA를 수체 살포함으로써 지베렐린이 과실의 과중을 증가시켜 표면적을 넓게 하고 과피의 조직발달을 왕성하게 하여 발생된 동녹이 점차 희석되어 나타난 결과로 생각되었다.

처리별 과실품질에 미치는 영향을 보면(Table 5), 과중은 만개 후 137 및 167일에는 무처리에 비하여 GA₄₊₇+BA 1회(20) 및 GA₄₊₇+BA 2회(20,30)처리에서 17.3-25.2% 증가하였다. 과피의 Hunter L값은 만개 후 137 및 167일에는 GA₄₊₇+BA(20)+칼슘봉지(30)처리가 다른 처리에 비하여 현저하게 높았다. 만개 후 137일 Hunter a값은 모든 처리 과실들에서 무처리에 비하여 높았으나, 만개 후 167일에는 전 처리간 차이가 없었다. 과육의 경도와 산 함량에는 처리간 차이가 없었으나 가용성고형물은 GA₄₊₇+BA(20)+칼슘봉지(30)처리가 낮은 결과를 보였다. 이상의 결과를 요약하면 '감홍' 사과의 경우 중심화 80% 개화 후 20일 및 30일에 GA₄₊₇+BA 1,000배액을 1회 및 2회 수체 살포하는 것이 동녹 발생을 경감시키는데 가장 효과적이고 또한 과실품질에 차이를 보이지 않아 실용화할 수 있는 방법이라고 판단하였다.

초 록

본 연구는 칼슘제, 피막제, GA₄₊₇+BA의 수체살포 및 봉지씌우기 처리가 감홍 품종의 동녹 방지와 과실품질에 미치는 영향을 검토하기 위하여 실시하였다. 4년간(2012-2015)의 '감홍' 사과의 동녹 발생은 연도에 따라 차이가 있었으며 칼슘제, 피막제 및 GA₄₊₇+BA 처리에 의한 동녹 발생 정도는 다른 처리에 비하여 만개 후 20일에 GA₄₊₇+BA 1,000배액 처리구에서 현저하게 낮았고, 수확 시 과실 품질에는 큰 차이는 없었으나 과중은 증가하였다. 1중 봉지색 종류에 의한 동녹 발생 정도는 무처리에 비하여 낮았고, 황색봉지 및 변색봉지 처리에서 우수하였다. 봉지씌우기 시기에 의한 동녹 발생 정도는 만개 후 20일 처리가 만개 후 30, 40일 처리에 비하여 현저하게 낮았으며, 과실 품질에는 차이는 없었다. 그리고 GA₄₊₇+BA를 만개 후 20일과 30일에 2회 처리와 GA₄₊₇+BA를 만개 후 20일에

처리한 후 만개 30일에 칼슘함유봉지를 처리한 과실에 동록발생이 각각 1.8과 1.3으로 무처리구(5.5)에 비하여 현저히 낮았다. GA₄₊₇+BA 처리에 의한 과실부위별 동록 발생 정도는 과실 과병부와 과정부에 비하여 과실의 중앙부에서 더 낮은 결과를 보였다. 따라서 '감홍' 사과의 동록 발생 경감을 위해서는 만개 후 20일에 GA₄₊₇+BA 1,000배액 1회 및 2회 처리가 가장 우수한 효과를 나타내었다.

추가주요어: 칼모돌린, 과중, 식물생장조절제, 온도

Literature Cited

- Cho IH, Woo YH, Choi JJ, Han JH, Seo HS (2002) Effects of relative humidity on russet occurrence in Whangkeumbae (*Pyrus pyrifolia* Nakai cv.). J Bio-Environ Control 11:1-4
- Cho MD, Kim SB, Kim, JH, Park MY, Yoon IK (1992) GA, GA₄₊₇+BA and Shionox on fruit russetting, fruit shape and fruit quality in apple. Res Rept RDA(H) 34:94-101
- Creasy LL (1980) The correlation of weather parameters with russet of 'Golden Delicious' apples under orchard conditions. J Am Soc Hortic Sci 105:735-738
- Creasy LL, Swartz HJ (1981) Agents influencing russet on 'Golden Delicious' apple fruits. J Am Soc Hortic Sci 106:203-206
- Curry EA, Williams MW (1983) Promalin or GA₃ increase pedicel and fruit length and leaf size of 'Delicious' apples treated with Paclobutrazol. HortScience 18:214-215
- Eccher T (1978) Russetting of Golden Delicious apples as related to endogenous and exogenous Gibberellins. Acta Hortic 80:381-385. doi:10.17660/ActaHortic.1978.80.62
- Faust M, Shear CB (1972) Russetting of apples: An interpretive review. HortScience 7:233-235
- Greene DW (1984) Microdroplet application of GA₄₊₇+BA; sites of absorption and effect on fruit set, size, and shape of 'Delicious' apples. J Am Soc Hortic Sci 109:28-30
- Han JH, Hong KH, Jang HI, Cho IH, Cho JJ, Lee HJ (2002) Effects of characteristics of the bags and microclimate in the bags on russet of 'Whangkeumbae' pear fruit. Korean J Hortic Sci Technol 20:32-37
- Hong KH, Kim JK, Choi JH, Han JW, Yun CJ (1996) Russet prevention of 'Whangkeumbae' by fruit bagging. J Kor Soc Hort Sci 37:279-284
- Kim JK, Lee HC, Park HS, Yoon IK (2003) Causes and time of russet occurrence in 'Whangkeumbae' pear fruits. J Kor Soc Hort Sci 44:703-706
- Kim YW (1991) Studies on the occurrence and control of apple russet. PhD. Diss., Kyung-Hee Univ. Seoul, Korea
- Knoche M, Khanal BP, Stopar M (2011) Russetting and microcracking of 'Golden Delicious' apple fruit concomitantly decline due to gibberellin A₄₊₇ application. J Am Soc Hortic Sci 136:159-164
- Korea Meteorological Administration(KMA) (2015) Automatic weather system (AWS). <http://www.kma.go.kr>
- McDaniel LH, Meinicke AJ (1930) To what extent is spray burn of apple fruit caused by freezing of the flowers. Phytopathology 20:903-906
- Moon BW, Lee YC, Jung HW (2012) Effects of tree-spray organic calcium compounds on the mineral nutrition concentration, russet occurrence and fruit quality in 'Fuji' apple at harvest. Prac Agric Fish Res 14:47-59
- NejatzadehBarandoozi F, Talaie A (2009) The effect of gibberellins on russetting in Golden delicious apples. J Hortic For 1:61-64
- Park JG, Hong JS, Choi IM, Kim JB, Park HS (1998) Applications of artificial pollination, spraying gibberellin A₄₊₇ plus benzyladenine for production of uniform fruits in 'Fuji' apples. Korean J Hortic Sci Technol 16:27-29
- Rural Development Administration(RDA) (2003) Agricultural science and technology, Standard of research and analysis. RDA. Suwon, Korea, p 529
- Roosi N (1962) The physiological causes of cracking in apples. Swer Poniol Foren Arsskr 63:73-81
- Seo HH, Park HS, Kim YK, Jang HI (2003) Meteorological elements affecting preharvest drop and russet in 'Tsugaru' apple. J Kor Soc Hort Sci 44:813-818
- Simons RK (1957) Frost injury on 'Golden Delicious' apples: Morphological and anatomical characteristics of russeted and normal tissue. J Am Soc Hortic Sci 69:48-55
- Son SJ (2010) Prevention of russet and bitter pit incidence in 'Yoko' apples. MS thesis, Kyungpook National Univ. Daegu, Korea
- Taylor DR, Knight JN (1986) Russetting and cracking of apple fruit and their control with plant growth regulators. Acta Hortic 179:819-820
- Tukey LD (1959) Observation on the russetting of apples growing in plastic bags. Proc Am Soc Hortic Sci 74:30-39
- Watanabe S (1969) Historical studies on the cause of russet in apples. Bulletin of the Yamagata Univ. Agric Science 5:4025-4272
- Winter F (1964) The effect of weather on fruit russetting of Golden Delicious in Badenwurtten Bergin (1963). Erwobstb 6:88-92