

가을철 기온이 높은 지역에 위치한 ‘후지’/M.9 사과원의 수확시기에 따른 과신품질과 저장성

사공동훈^{1†*} · 권현중^{1†} · 송양익¹ · 박무용¹ · 강석범¹ · 윤태명²

¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 사과시험장, ²경북대학교 원예과학과

Fruit Quality and Storability by Harvest Time at ‘Fuji’/M.9 Apple Orchard Located in the Area with a High Air Temperature during the Fall Season

Dong-Hoon Sagong^{1†*}, Hun-Joong Kweon^{1†}, Yang-Yik Song¹,
Moo-Yong Park¹, Seok-Beom Kang¹, and Tae-Myung Yoon²

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

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

Abstract. This study was conducted for three years (2007, 2009, and 2010) to investigate the changes in fruit quality during maturation, and the quality and storage ability of fruits harvested at different times of ‘Fuji’ apple in Daegu region with a high air temperature during the fall season. Changes in apple fruit quality during the maturation period were investigated from 120-135 days to 183-198 days after full bloom. In comparing quality and storage ability of fruits harvested at different times, fruits harvested more than 180 days after full bloom were used. During the maturation period, poor coloring was the problem for ‘Fuji’ apple in Daegu region by the high air temperature about 20°C. In comparing quality of fruits harvested at different times, the soluble solid contents and hunter a value were increased by the extended harvest time. Fruit weight during harvest was not affected by different harvest time, while the fruit firmness and titratable acidity during harvest were decreased critically when the freezing damage happened. Ethylene production, fruit firmness, and titratable acidity during cold storage for twenty weeks did not differ according to the different harvest time. Soluble solid contents of fruits harvested at 216 days after full bloom in 2009 were similar at the time of harvest and cold storage. For fruits harvested at 201 days after full bloom, soluble solid content during cold storage was higher than during harvest time. However fruit firmness, soluble solid content, and titratable acidity after cold storage of fruit harvested after freezing damage was lower than those of the fruit harvested before freezing damage. The results show that the extended harvest time of ‘Fuji’ apples about 2-4 weeks from 180-200 days after full bloom in area with above-air temperature during fall season was seemed to be beneficial to enhancing soluble solid contents and fruit red color, but harvesting after the middle of November was dangerous because minimum air temperature began to fall under -3.0°C.

Additional key words: ethylene production, freezing damage, fruit red color, *Malus domestica* Borkh., soluble solid contents

서 언

일반적으로 사과는 생육기 기온이 높을수록 성숙이 촉진되면서 과중, 가용성 고형물 함량 및 에틸렌 발생량이 높아

지지만, 착색은 감소되는 것으로 알려져 있다(Tomana and Yamada, 1988; Warrington et al., 1999; Yamada et al., 1988, 1994). ‘후지’는 수확시기가 늦어지면 밀 증상이 심해지고, 장기저장 중 과육갈변 같은 생리적 장애가 증가할 수

*Corresponding author: sa0316@korea.kr

†These authors contributed equally to this work.

※ Received 25 March 2012; Revised 21 March 2013; Accepted 9 April 2013. 본 연구는 2010년도 농촌진흥청(국립원예특작과학원) 박사 후 연구과정지원사업에 의해 이루어진 것임.

있어 장기저장용으로 수확할 경우 조기에 수확을 해야 하나 착색이 불량한 농가에서는 착색증진을 위하여 가을철 기온이 급격히 낮아지지 않는 한 이론적인 수확시기(만개 후 180일)보다 늦게 수확하고 있다(Hwang et al., 1998; Park et al., 2011). 현재 겨울철 저온이 다소 늦게 오는 경남 밀양 및 전남 장성지역에서는 ‘후지’의 착색을 증진시키기 위하여 만개기와 상관없이 가을철 기상상태(서리, 강설 등)에 따라 과실 수확을 10월 말부터 시작해서 12월 초까지 하고 있다. 따라서 장기저장용 ‘후지’의 경우 이론적인 수확시기(만개 후 180일)에 맞추어 수확을 하는 것이 가장 적합하지만, 저온이 늦게 오는 지역에서는 착색 증진을 위해 수확을 연장할 수밖에 없기 때문에 이러한 지역들을 고려한 ‘후지’의 수확시기 및 수확 후 관리 기술의 체계화에 대한 연구가 필요하다.

세계적으로 사과 주산지의 연평균기온과 생육기(4월부터 10월까지) 평균기온은 각각 8-11°C, 15-18°C로 알려져 있다(Kim et al., 2006). 일반적으로 사과의 안토시아닌 생성은 생육기 기온 혹은 수확 전 과실온도가 높을수록 억제된다고 알려져 있는데(Tomana and Yamada, 1988; Warrington et al., 1999; Yamada et al., 1988, 1994), Saure(1990)는 ‘Red Chief’ 품종의 경우 야간 평균온도가 21°C 이상이 되면 색소가 형성되지 않는다고 하였고, Lee(1999)는 ‘후지’의 과피 안토시아닌 함량은 14-15°C 범위에서 가장 많았다고 하였다.

사과 동결점에 대한 연구에 있어서는 ‘후지’의 동결점과 실제 과실 내 얼음이 형성되기 직전의 온도인 과냉각점이 각각 -1.0에서 -2.5°C 사이, -2.7에서 -3.1°C 사이로 수확 전후의 기온 또는 저장 초기 유닛클러 인접 공간의 온도가 -3.5°C에서 -4.0°C로 떨어지면 5시간 이내에 동결피해가 나타난다는 보고(Park and Hong, 2009)와 일반적으로 사과는 동결점 내외의 온도에서는 며칠을 조우해도 과실의 피해는 경미하지만 -7에서 -10°C 사이에서는 단 몇 시간 만에 심각한 장해를 입게 된다는 보고(Hardenberg et al., 1986; Kweon et al., 2010)가 있다.

기상청(Korea Meteorological Administration, KMA)에서 조사한 대구지역의 최근 30년 동안(1981년부터 2010년까지)의 연평균기온은 14.1°C이었고, 4월부터 10월까지의 평균기온은 20.9°C, 만생품종의 착색이 본격적으로 진행되는 9월부터 10월까지의 평균기온은 18.8°C로(KMA, 2011), 대구지역의 기온은 앞서 언급한 세계적 사과 주산지들의 평균기온 범위(Kim et al., 2006)보다 높았다. 또한, 근년의 ‘따뜻한 겨울’ 추세와는 달리 2009년 11월 초와 2010년 10월 말에 2-3일 정도 갑작스러운 저온(-3°C에서 -8°C까지)이 경

북 사과 재배지역(안동, 영주, 봉화, 의성, 군위 등)에 발생(군위지역의 2009년 11월 3일 최저온도: -8.4°C, 군위지역의 2010년 10월 27일 최저온도: -4.6°C)하여 과실이 착과된 상태에서 동결피해를 본 사과원들이 많았는데, 앞서 언급한 경남 밀양지역의 당시 최저기온은 각각 -1.4°C, -0.1°C이었고, 대구지역은 각각 -0.1°C, 2.4°C로(KMA, 2011; Kweon et al., 2010), 대구지역에서는 잎의 갈변 및 낙엽 등의 동결피해 증상이 나타나지 않았다. 이러한 기상조건(생육기의 고온, 늦게 오는 저온)에 의해 최근 대구소재 경북대 실습 사과원에서는 ‘후지’의 착색을 증진시키기 위해 ‘후지’의 수확을 10월 말부터 시작하여 11월 중순까지 하고 있다. 최근 10년(2001년부터 2010년까지) 동안 경북대 실습 사과원의 ‘후지’의 만개기는 4월 8일부터 4월 25일 사이로 11월 5일에 수확을 할 경우 만개 후 일수는 194-211일이 되었는데, 대구지역의 최근 10년 동안 일 최저기온이 -1.0°C 이하로 떨어진 날은 11월 15일까지 없었고, 2004년과 2006년에는 11월 30일까지 없었다(KMA, 2011).

본 시험은 가을철 기온이 높아 ‘후지’의 착색이 어려워 수확시기를 온도가 낮아질 때까지 연장하는 지역에서의 과실품질과 저장성을 추적하기 위하여 11월 15일까지 일 최저기온이 -1.0°C 이하로 떨어지지 않는 대구지역에 위치한 경북대 실습 사과원에서 ‘후지’의 성숙기 과실품질 변화양상과 만개 후 180일에서 230일까지 수확을 연장할 경우의 수확 시 과실품질 및 저장성을 조사하였다.

재료 및 방법

시험 장소 및 재료

대구(위도 35° 53', 경도 128° 27', 해발 57m) 도심에 위치한 경북대학교 부속 실습 사과원에서 재식거리 3.5 × 1.5m로 심어 세장방추형으로 재배해 온 12년생 ‘후지’/M.9 사과나무를 실험재료로 사용하였으며, 토양은 미사질 양토였다. 시비관리는 재식 당년과 재식 9년차(2006년)에 1년간 부속 시킨 퇴비(우분)를 이른 봄에 주당 3kg씩 시용했고, 재식 1년차(1999년)부터 재식 9년차(2006년)까지는 복합비료(N:P:K = 21:17:17)를 주당 100g씩 시용하였다.

시험연도는 3개년(2007년, 2009년, 2010년)으로, 2007년과 2008년에는 이른 봄에 복합비료(N:P:K = 21:17:17)를 주당 100g씩 시용하였고, 2009년과 2010년에는 시비하지 않았다. 주당 착과량은 매년 80개를 목표로 조절하였다. 수분관리는 점적관수로 필요 시 관수하였다. 2007년, 2009년, 2010년 대구 경북대 실습 사과원의 ‘후지’/M.9의 만개기는 각각 4월 15일, 4월 11일, 4월 25일이었다.

과실 성숙기 동안의 기온과 과실품질 변화

3개년(2007년, 2009년, 2010년) 동안 9월부터 11월까지의 최저, 평균최고기온은 경북대 실습 사과원에서 1.3km 거리에 위치하는 대구기상대의 관측 자료를 이용하였다.

과실 성숙기 동안의 과실품질 조사는 2009년과 2010년에만 하였는데, 2009년에는 10주의 사과나무에서 8월 24일부터 10월 26일까지 매주 지표면에서 130-150cm 높이 원줄기에서 열간 방향으로 80cm 내외 떨어진 위치에 착과된 과실을 나무당 1개씩 수확하여 과중, 경도, 가용성 고형물 함량, 산 함량, 착색도 및 전분지수를 조사하였다. 2010년에도 2009년과 동일한 방법으로 조사하였는데, 조사 시기는 8월 23일부터 10월 25일까지로 2009년보다 하루 빨랐으나 조사한 과실의 만개 후 일수는 2009년의 경우 135일에서 198일이었고, 2010년은 120일에서 183일이었다.

과실 성숙기 동안의 과실품질 조사방법에 있어 과중, 경도, 착색도와 전분지수는 과실마다 측정하였다. 경도는 직경 8mm 헤드를 가진 경도계(FT-327, WAGNER, USA)로 측정하였으며, 착색도는 색차계(Chroma meter CR-400, Konica minolta, Japan)를 사용하여 각각의 과실을 3부분(양광면, 음광면, 양, 음광면 중간부위)의 평균값을 Hunter a value로 표시하였고, 전분지수 조사는 Yoo et al.(2006)의 방법으로 하여 0(미숙)-6(완숙)까지 7단계로 구분하였다. 가용성 고형물 함량은 수확한 과실들을 3-4과씩 분쇄하여 착즙한 후 거름종이로 걸러 디지털당도계(Atago Co., PR-100, Japan)로 측정하였고, 산 함량은 과즙 5mL를 증류수 20mL로 희석한 후 0.1N NaOH로 적정하여 pH 8.1-8.3이 되는 점의 적정치를 사과산으로 환산하였다.

통계분석을 위한 반복처리에 있어 2009년과 2010년의 과중, 경도, 착색도와 전분지수는 1과를 1반복으로 한 10반복이었고, 가용성고형물함량과 산 함량은 3-4과를 착즙한 과즙을 1반복으로 한 3반복이었다.

수확시기별 과실품질

2007년, 2009년 및 2010년 수확시기별 과실품질을 비교하기 위해 조사한 사과나무는 과실 성숙기 동안 과실품질을 조사한 사과나무와는 다른 나무로, 동일 포장에서 주당 착과량 및 수령 등이 비슷한 나무를 선정하였다. 본 수확시기별 조사에서 성숙기 동안의 과실품질 조사와 나무를 달리 하였던 것은 과실 성숙기의 품질 조사는 수관 외부의 과실들을 대상으로 조사하였으나, 본 조사에서는 수관 내부 및 상단부의 과실을 모두 포함시키고자 하였기 때문이었다.

수확방법에 있어 2007년에는 10주를 선정하여 10일 간격으로 5시기(달력날짜: 10월 20일, 10월 30일, 11월 9일, 11

월 19일, 11월 29일; 만개 후 일수: 188일, 198일, 208일, 218일, 228일)로 나누어 각 수확시기마다 나무당 착색이 양호한 15개(시기별로 150개)를 수확하였다. 과중은 전량 조사하였고, 과실품질은 나무별로 수확된 15개의 과실 중 5개씩 선별하여 조사하였다. 경도와 착색은 과실별로 조사하였고 가용성 고형물 함량 및 산 함량은 5개를 모두 착즙하여 측정하였다.

2009년에는 15주를 선정하여 수확시기를 2주 간격으로 3시기(달력날짜: 10월 29일, 11월 13일, 11월 29일; 만개 후 일수: 201일, 216일, 232일)로 나누어 각 수확시기마다 5주씩 과실을 전량 수확하였다. 과실품질 조사방법은 과실 개별 무게를 모두 측정한 뒤, 나무당 10개씩 무작위로 선별하여 조사하였다. 경도와 착색은 과실별로 조사하였고, 가용성 고형물 함량 및 산 함량은 3-4과씩 착즙하여 측정하였다.

2010년에는 20주를 선정한 뒤 수확시기를 약 1주일 간격으로 4시기(달력날짜: 10월 25일, 10월 30일, 11월 6일, 11월 13일; 만개 후 일수: 183일, 188일, 195일, 202일)로 나누어 각 수확시기마다 나무당 20개(시기별로 400개)를 무작위로 수확하였다. 과실품질 조사방법은 2009년과 동일하게 조사하였다.

통계분석을 위한 반복처리는 나무당 1반복으로 2007년에는 10반복, 2009년에는 5반복, 2010년에는 20반복이었다.

수확시기별 저온저장 후의 과실품질 및 저온저장 중의 에틸렌 발생량과 과실품질

2007년에는 수확시기별 저온저장 후의 과실품질을 조사하였고, 2009년에는 수확시기별 저장 중의 에틸렌 발생량과 과실품질을 조사하였다. 2007년 조사대상은 10나무에서 각 수확시기별로 수확된 과실로, 수확 시 과실품질을 조사하고 남은 과실을 나무별로 구분(10개씩)하여 저온저장고(온도: 1-4°C, 상대습도: 85-90%)에 저장하였다. 2009년 조사대상은 10월 29일(만개 후 201일)과 11월 13일(만개 후 216일)에 5나무씩 수확된 과실로, 수확 시 과실품질을 조사하고 남은 과실들을 나무별로 구분하여 저온저장고(온도: 1-2°C, 상대습도: 85-90%)에 저장하였다.

2007년 저온저장 후의 과실품질은 수확시기별로 수확한 과실들을 이듬해인 2008년 1월 29일에 모두 출고하여 경도, 가용성 고형물 함량 및 산 함량을 조사하였다. 2009년 저장 중의 에틸렌 발생량과 과실품질 변화 조사는 수확시기별로 나무당 2개의 과실(수확시기별로 10개, 300g 내외)을 임의로 선정하여 2주 간격으로 10회 조사하였다. 출고된 과실은 먼저 과중을 조사한 후 2시간 정도 실온에 방치한 뒤 1개씩 1.0L 밀폐용기에 넣어 실온에서 2시간 방치한 후

head space에서 1mL 가스 시료를 채취하여 GC(HP6890, Hewlett-Packard, USA)로 에틸렌 발생량을 조사하였다. 에틸렌 발생량을 조사한 후의 과실은 정도 측정 후 파쇄하여 가용성 고형물 함량과 산 함량을 조사하였다.

통계분석을 위하여, 2007년에는 한 나무를 1반복으로 하여 10반복하였다. 2009년에는 에틸렌 발생량과 정도는 1과를 1반복으로 하여 10반복하였고, 가용성 고형물 함량과 산 함량은 2과씩 착즙하여 만든 과즙을 1반복으로 하여 5반복하였다.

결과 및 고찰

과실 성숙기 동안의 기온과 과실품질 변화

대구지역의 2개년(2009년, 2010년) 동안 가을철(9-11월) 최고, 평균, 최저기온은 각각 21.8°C, 16.2°C, 11.5°C이었고, 9월 말까지 최고기온이 30°C를 넘었던 날들이 9월 말(2009년 9월 24일, 2010년 9월 21일)까지 있었다. 대구의 최저기온이 영하로 떨어지기 시작했던 시기는 11월 초, 중순(2009년 11월 3일, 2010년 11월 19일)이었다(Figs. 1B and 1C).

국립농산물품질관리원(National Agricultural Products Quality Management Service, NAPQMS)에서 규정한 ‘후지’의 과실 품질에 있어 특대과의 과중은 375g 이상, 대과는 300-374g, 중과는 250-299g, 소과는 215-249g이며, 특급의 기준은 과중이 중과 이상이면서 가용성 고형물 함량이 14.0°Brix 이상이어야 하고, 상급은 과중이 소과 이상이면서 가용성 고형물 함량이 12.0°Brix 이상이다(NAPQMS, 1996). 본 시험에서 과중이 300g 이상이 되었던 시기는 만개 후 135-155일이었고, 375g 이상이 되었던 시기는 만개 후 184일(2010년은 만개 후 155일 이후로 300g에서 유지됨)이었다(Fig. 2A). ‘후지’의 가용성 고형물 함량이 12.0°Brix를 넘기 시작한 시기는 만개 후 163-169일이었고 만개 후 183-191일에 14.0°Brix를 넘었다(Fig. 2B). 즉, 2개년(2009년, 2010년) 동안 대구지역

에서의 ‘후지’ 과중과 가용성 고형물 함량은 만개 후 160-170일에 국립농산물품질 관리원에서 규정하는 상급의 기준에 도달하였고, 특급은 만개 후 180-190일에 도달하였다.

국립농산물품질관리원에서 규정한 ‘후지’의 착색에 있어, 특급은 전체 면적에 대한 품종 고유의 색깔이 착색된 면적의 비율이 60% 이상이 된 과실, 상급은 40-59% 정도의 과실이라고 하였을 뿐(NAPQMS, 1996), Hunter a 값으로 그 기준을 제시한 보고는 국내에서 찾아보기 힘들었다. 다만 대구 인근 사과 재배지인 군위에서 4년(1996-1999년) 동안 만개 후 165일에서 200일까지 수확한 ‘후지’ 과실들의 착색도는 17.3-25.8(Hunter a) 정도였다고 한다(Kweon et al., 2012). 본 시험에서 과실의 Hunter a 값이 0.0을 넘어선 시기는 만개 후 162-170일이었고, Hunter a 값이 10.0을 넘어선 시기는 만개 후 176-184일이었다(Fig. 2C). 즉, 2개년(2009년, 2010년) 동안 대구지역에서 ‘후지’의 만개 후 180일경 Hunter a 값은 약 14.0-15.0(Hunter a)로 앞서 언급한 보고(Kweon et al., 2012)보다 착색 진행이 느렸다.

Iwanami et al.(2005)은 과실의 정도가 30N(약 3.0kg/Ø8mm) 미만이면 과실 연화가 심하여 식미가 감소한다고 하였고, Park and Choi(2001)는 ‘후지’의 산 함량이 0.40%가 되어야 관능품질이 우수하다는 평가를 받는다고 하였다. 본 시험에서 ‘후지’의 정도는 2개년 모두 만개 후 180일 이상에서도 3.0kg/Ø8mm 이하로 감소되지 않았고(Fig. 2D), 산 함량은 만개 후 176-184일에 0.40% 이하로 내려갔다(Fig. 2E).

‘후지’의 과실 총 전분은 만개 후 180일이 되면 모두 소실된다는 보고(Song et al., 2003)가 있다. 그러나 Choi(1998)는 1990년대 말 대구지역 ‘후지’의 만개 후 193-203일(11월 10일)경 전분지수는 1.0-1.5 index(전분지수 범위: 0-4, 0: 완숙) 정도였다고 하였고, Park et al. (2011)은 경북지역에서 10월 29일에 수확한 ‘후지’의 수확 시 전분지수는 0.3-1.3 index(전분지수 범위: 0-5, 0: 완숙) 정도였다고 하였다. 본 시험에서 ‘후지’의 만개 후 183-200일경 전분지수는 2.5-2.9

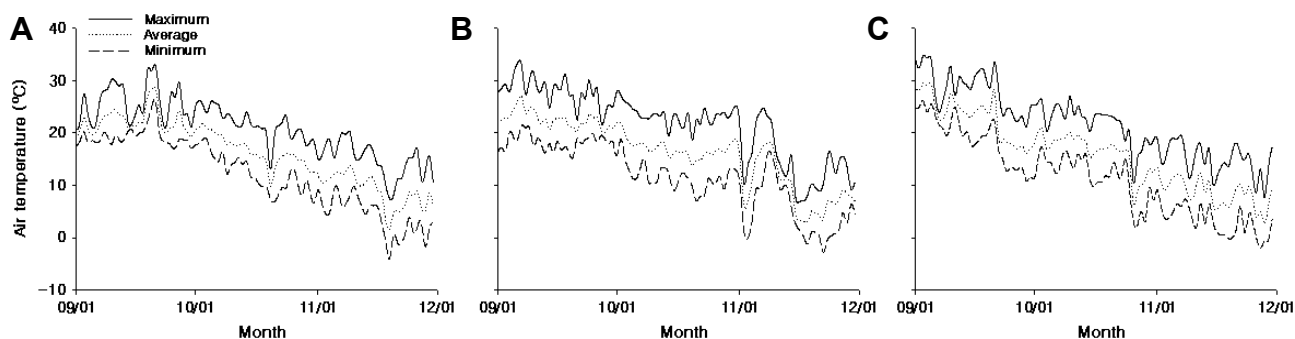


Fig. 1. Maximum, average, and minimum air temperatures during the 2007 (A), 2009 (B), and 2010 (C) fall period at the ‘Fuji’/M.9 apple orchard in the Daegu region.

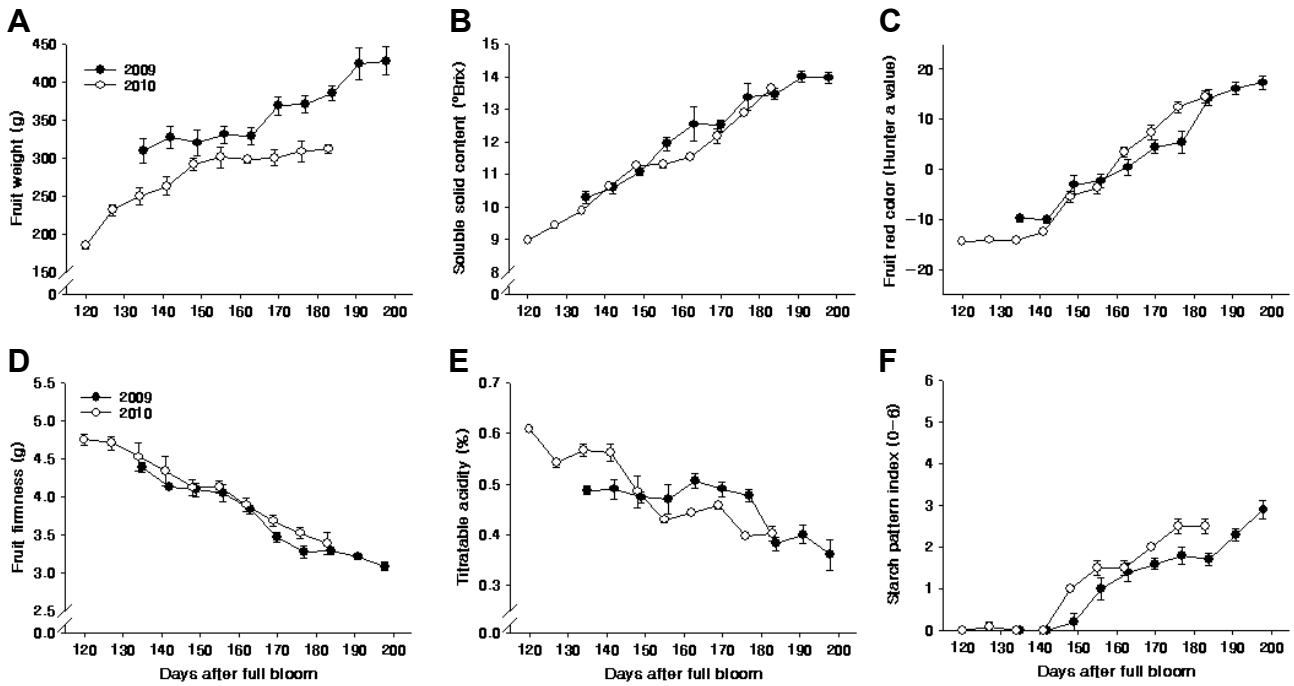


Fig. 2. Changes in the fruit weight (A), soluble solid content (B), fruit red color (C), fruit firmness (D), titratable acidity (E), and starch pattern index (F) of 'Fuji' apple at the Daegu region during fruit maturation period in 2009 and 2010. Full-blooming of 'Fuji' apple trees at the Daegu region in 2009 and 2010 was 11 April and 25 April, respectively. Starch pattern index value 0-6 with 0 = immaturity. The vertical bars in the fruit weight (A), fruit red color (C), fruit firmness (D), and starch pattern index (F) indicate standard errors of ten fruit replications. Soluble solid content (B) and titratable acidity (E) indicate standard errors of three juice replications. Ten fruit samples were collected weekly from the outer canopy at 1.3 to 1.5 m height.

index(전분지수 범위: 0-6, 0: 미숙) 정도로 전분소실이 앞선 보고(Choi, 1998; Park et al., 2011)보다 늦은 편이었다 (Fig. 2F).

본 시험에서 과실 성숙기 동안의 온도, 가용성 고형물 함량, 착색도 및 전분지수는 2009년과 2010년의 만개기가 2주 정도 차이가 났음에도 불구하고 만개 후 일수로는 비슷하게 진행되는 경향을 나타내었으나(Figs. 2B, 2C, 2D, 2E, and 2F), 과중은 만개 후 134-135일 이후로 2009년의 과중이 2010년보다 60g 이상 더 높았다(Fig. 2A). 이는 30°C를 넘는 고온에 의한 과실비대 억제로 추정되었는데(Shü et al., 2001; Tomana, 1983), 대구지역에서 6월 초(만개 후 37-51일)부터 8월 말(만개 후 128-141일)까지 일 평균기온이 30°C를 넘었던 일수는 2009년에는 하루도 없었지만 2010년에는 10일이나 있었고(KMA, 2011), 과실 성숙기(9-10월, 만개 후 129-202일)에 일 최고기온이 30°C를 넘었던 일수는 2009년은 7일, 2010년은 12일(Fig. 1)로 2010년이 2009년보다 무더웠다.

결론적으로, 과실 성숙기(9월 초부터 10월 말까지) 동안 대구지역에서 재배되는 '후지'의 문제점은 과중 및 가용성 고형물 함량은 만개 후 180일 전후로 국립농산물품질관리원에서 규정한 특급 기준(300g 이상, 14.0°Brix 이상)에 도달하였으나(Figs. 2A and 2B), 착색은 만개 후 180일까지

불량한 편이었다는 것(Fig. 2C)이었다. 이는 2개년(2009년, 2010년) 동안 대구지역의 과실 성숙기 동안의 평균기온이 약 19.8°C로 높았기 때문으로(Fig. 1), Lee(1999)는 '후지'의 과피 안토시아닌 함량은 만개 후 146일부터 190일(4월 20일)을 만개기로 정할 경우 9월 중순에서 10월 말)까지의 평균기온이 14-15°C일 때 가장 많았다고 하였다.

수확시기별 과실품질

2007년 수확시기별 평균 과중은 약 340-380g로 차이가 없었다. 과실의 경도는 만개 후 188일부터 208일까지 2.9kg/Ø8mm 이상 유지되다가 만개 후 218일 이후로 2.6-2.7kg/Ø8mm로 감소되었다. 가용성 고형물 함량은 13.3-14.2°Brix로 수확시기별로 통계적 유의성은 없었으나 만개 후 188일부터 208일까지는 증가되는 경향을 보였다. 산 함량은 만개 후 208일까지 0.30% 이상 유지되다가 만개 후 218일부터 0.27-0.28%로 감소되었다. 과피의 착색도인 Hunter a 값은 수확시기가 연장될수록 증가하는 경향이 있었으나, 만개 후 208일 이후로는 차이가 없었다(Table 1).

2009년 수확시기별 평균 과중과 경도는 각각 370-380g, 3.2-3.3kg/Ø8mm으로 차이가 없었다. 가용성 고형물 함량은 만개 후 201일에 14.0°Brix를 넘었고, 약 2주 뒤인 만개 후 216일에는 15.7°Brix로 2주 사이에 1.0°Brix 이상 높아졌다.

Table 1. Fruit quality of 'Fuji' apple from different harvest time in the Daegu region in 2007, 2009, and 2010.

Harvest time ^z		Fruit weight (g)	Firmness (kg/Ø8 mm)	SSC (°Brix)	Titratable acidity (%)	Fruit red color (Hunter a)
Days after full bloom	Date					
In 2007 ^y						
188	20 October	363.1 a ^x	3.0 a	13.3 a	0.32 a	11.3 c
198	30 October	357.0 a	2.9 ab	13.7 a	0.30 ab	13.9 b
208	9 November	355.3 a	2.9 ab	14.2 a	0.31 a	16.7 a
218	19 November	375.6 a	2.6 c	13.9 a	0.28 b	16.2 a
228	29 November	344.3 a	2.7 bc	13.7 a	0.27 b	16.2 a
In 2009 ^y						
201	29 October	376.4 a ^x	3.2 a	14.5 b	0.38 a	12.3 b
216	13 November	373.3 a	3.3 a	15.7 a	0.32 b	15.1 a
232	29 November	370.6 a	3.2 a	15.9 a	0.30 b	16.6 a
In 2010 ^y						
183	25 October	303.4 a ^x	3.4 a	13.5 d	0.37 a	13.3 c
188	30 October	301.3 a	3.4 a	13.8 c	0.38 a	15.8 b
195	6 November	300.6 a	3.4 a	14.3 b	0.38 a	17.2 ab
202	13 November	292.5 a	3.2 b	14.7 a	0.39 a	18.4 a

^zFull-blooming of 'Fuji' apple trees in the Daegu region in 2007, 2009, and 2010 was 15 April, 11 April, and 25 April, respectively. Freezing damage was happened on 218 days after full bloom (19 November) in 2007 by the air temperature was fall at -4.1°C.

^yIn 2007, ten trees were selected for this experiment, fifteen fruits were sampled weekly from each tree beginning on 20 October and ending on 29 November; In 2009, five trees were harvested in each time; In 2010, after twenty trees were selected for this experiment, twenty fruits were sampled weekly from each tree beginning on 25 October and ending on 13 November.

^xMeans followed by the same letter are not significantly different using Duncan's multiple range test, $P < 0.05$.

만개 후 232일은 15.9°Brix로 만개 후 216일과 차이가 없었다. 산 함량은 만개 후 201일 0.38%이었으나 만개 후 216일 이후는 0.30-0.32%로 감소되었다. 착색도를 나타내는 Hunter a 값은 만개 후 201일 12.3에서 2주 뒤(만개 후 216일)에는 15.1로, 만개 후 232일은 16.6으로 높아졌으나 만개 후 216일 이후로는 통계적 유의성은 없었다(Table 1).

2010년 과실의 경도는 만개 후 195일까지 3.4kg/Ø8mm로 유지하다가 만개 후 202일에 3.2kg/Ø8mm로 감소되었다. 가용성 고형물 함량은 수확시기가 연장될수록 뚜렷하게 증가되는 경향을 나타내었는데, 만개 후 195일 이후로 14.0°Brix를 넘기 시작하여, 만개 후 202일에는 14.7°Brix까지 높아졌다. 산 함량은 0.37-0.39%로 수확시기에 따른 차이가 나타나지 않았다. 착색도는 수확시기가 연장될수록 유의하게 높아졌다(Table 1).

수확시기에 따른 과실품질에 있어, Choi(1998)는 1990년대 말 대구지역에서는 수확시기가 늦어질수록 과실의 비대와 가용성 고형물 함량이 완만하게 높아지는 경향을 보이지만, 10월 25일(만개 후 177-187일)경에 실질적인 과실의 비대 성장과 가용성 고형물 함량 증진이 완료되었으며, 착색은 10월 30일(만개 후 182-192일) 이후로 큰 차이가 없었다고 하였다. 반면에 Hwang et al.(1998)은 11월 중순까지 수

확시기를 연장할수록 가용성 고형물 함량과 착색은 증가하였다고 하였고, Kweon et al.(2010)은 과중과 가용성 고형물 함량은 동결(-3.0°C에서 -8.0°C까지)피해 전후로 차이가 없었으나 경도와 산 함량은 동결피해 후에 수확한 과실들이 동결피해 전에 수확한 과실보다 낮았다고 하였다. 본 시험에서는 수확시기별 과중은 차이가 없었고, 경도와 산 함량은 수확시기가 연장될수록 감소되는 경향을 나타내었는데, 특히 11월 19일 기온이 -4.1°C까지 떨어져 동결피해가 발생한 2007년(Fig. 1A)에 만개 후 218일(11월 19일) 이후로 수확한 과실들의 경도와 산 함량은 만개 후 218일 이전에 수확한 과실보다 유의하게 감소되었다(Table 1).

사과나무 잎은 생육기 중에 저온 및 서리가 발생하면 잎의 노화가 촉진되는데(Spencer and Titus, 1972), 잎의 온도가 -1.3°C 이하까지 떨어지면 광합성속도 감소와 더불어 생리적인 쇼크가 저온발생 2주 후까지 지속된다(Seeley and Kammereck, 1977). 즉, 본 시험에서 2009년과 2010년에 수확시기가 연장될수록 가용성 고형물 함량과 착색도가 증가하였던 것(Table 1)은 대구 지역은 만개 후 199-210일인 11월 중까지 기온이 -1.0°C로 떨어지지 않아(Fig. 1), 11월 중까지 사과 잎의 광합성능력이 비교적 높게 유지되었기 때문이었고, 2007년의 수확시기에 따른 가용성 고형물 함량의

통계적 유의차가 나타나지 않았던 것(Table 1)은 동결피해에 의해 11월 중순 이후로 잎이 갈변 및 낙엽되었고, 착색이 좋은 과실부터 수확을 하였기 때문으로 추정되었다.

수확시기별 저온저장 후의 과실품질 및 저온저장 중의 에틸렌 발생량과 과실품질

2007년 수확시기별 저온저장 후(2008년 1월 29일), 과실의 경도는 수확시기가 연장될수록 감소되는 경향을 나타내었고, 동결피해 발생 당일(Fig. 1A)에 수확한 만개 후 218일

의 과실이 2.1kg/Ø8mm으로 가장 낮았다(Table 2). 저온저장 후의 가용성 고형물 함량은 만개 후 218일 이후로 수확한 과실들이 11.9-12.3°Brix로 만개 후 218일 이전에 수확한 과실들의 13.5-14.1°Brix보다 유의하게 낮았다. 수확시기별 저온저장 후의 가용성 고형물 함량(Table 2)을 수확시의 결과(Table 1)와 비교해보면, 만개 후 188일부터 208일까지 수확한 과실들의 저온저장 후 가용성 고형물 함량은 수확시보다 비슷하거나 높아졌으나 만개 후 218일 이후에 수확한 과실은 낮아졌다. 저온저장 후의 산 함량은 수확시기가 연

Table 2. Fruit quality after cold storage of 'Fuji' apples from different harvest time in the Daegu region in 2007.

Harvest time ^z		Firmness ^y	Soluble solid content	Titrateable acidity
Days after full bloom	Date	(kg/Ø8 mm)	(°Brix)	(%)
188	20 October	2.8 a ^x	13.5 a	0.26 a
198	30 October	2.4 b	13.9 a	0.22 b
208	9 November	2.5 b	14.1 a	0.20 b
218	19 November	2.1 c	12.3 b	0.19 c
228	29 November	2.4 b	11.9 b	0.21 b

^zFull-blooming of 'Fuji' apple trees at the Daegu region in 2007 was 15 April. Freezing damage was happened on 218 days after full bloom (19 November) in 2007 by the air temperature was fall at -4.1°C.

^yChecking date of fruit quality after cold storage was 29 January, 2008. The air temperature in the cold storage was 1-4°C.

^xMeans followed by the same letter are not significantly different using Duncan's multiple range test, $P < 0.05$.

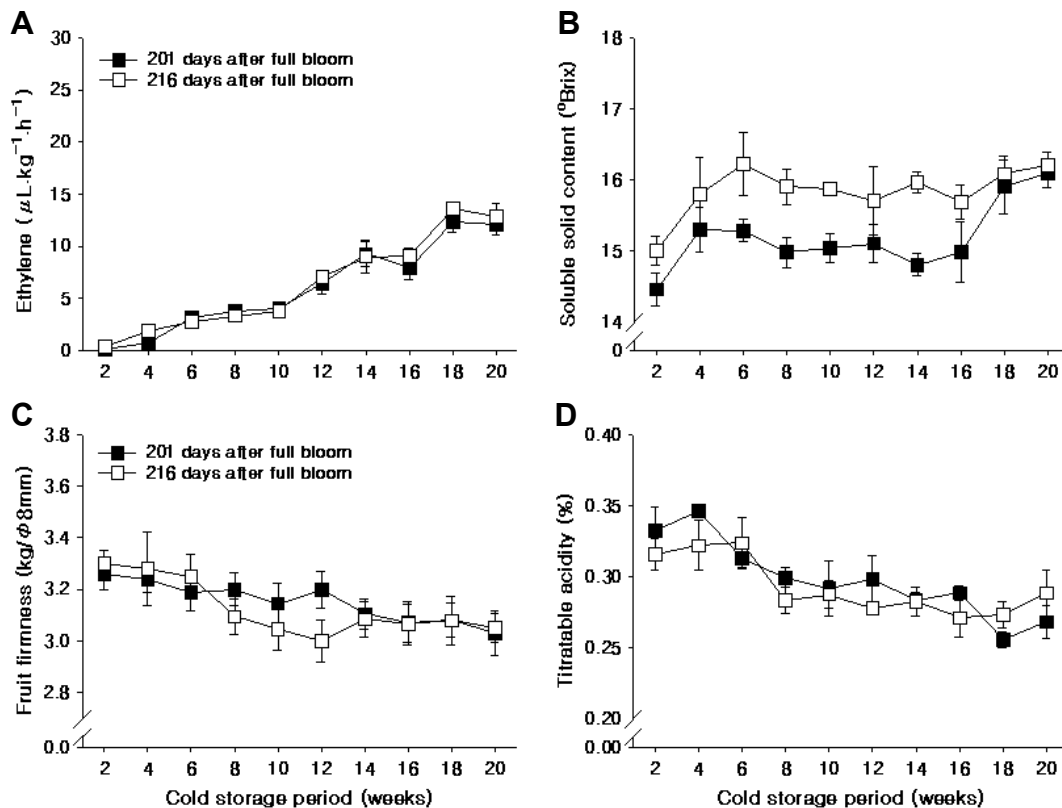


Fig. 3. Changes in ethylene production (A), soluble solid content (B), fruit firmness (C), and titratable acidity (D) of 'Fuji' apple from different harvest time at the Daegu region in 2009. The air temperature in the cold storage was 1-2°C. The vertical bars in the ethylene production (A) and fruit firmness (C) indicate standard errors from ten fruit replicates. The vertical bars in the soluble solid contents (B) and titratable acidity (D) indicate standard errors from five juice replications.

장될수록 감소되는 경향을 나타내었고, 만개 후 218일에 수확한 과실이 0.19%로 가장 낮았다(Table 2).

2009년 수확시기별 저온저장 2주 후의 에틸렌 발생량은 $0.08\text{--}0.41\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 이고, 20주 후는 $12.1\text{--}12.8\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 로 저장기간이 길어질수록 높아지는 경향이 있었으나, 수확시기별로는 차이가 없었다(Fig. 3A). 만개 후 201일 및 216일에 수확한 과실들의 저온저장 20주 동안의 평균 가용성 고형물 함량은 각각 15.2°Brix , 15.8°Brix (Fig. 3B)로 수확시의 결과(Table 1)와 비교해보면, 만개 후 216일에 수확한 과실들의 저온저장 중 평균 가용성 고형물 함량은 수확시의 가용성 고형물 함량과 거의 비슷하였으나, 만개 후 201일에 수확한 과실들의 저온저장 중 평균 가용성 고형물 함량은 수확시보다 약 0.7°Brix 정도 더 높아졌다(Fig. 3B). 저온저장 20주 동안의 경도와 산 함량은 저장기간이 길어질수록 감소되는 경향을 나타내었지만, 두 수확시기 모두 저온저장 20주 후에도 경도는 $3.0\text{kg}/\text{Ø}8\text{mm}$, 산 함량은 0.26% 이상을 유지하였다(Figs. 3C and 3D).

‘후지’의 수확시기에 따른 에틸렌 발생량에 있어, Hwang et al.(1998)은 경향이 일정하지 않았다고 하였고, Kweon et al.(2000)은 수확시기가 늦어질수록 증가한다고 하였다. 본 시험에서는 2009년 수확시기별 저온저장 중의 에틸렌 발생량은 차이가 없었다(Fig. 3A). 이는 다소 수확시기(10월 29일)가 이론적 수확시기보다 늦게 책정된 경북지역 ‘후지’ 과실의 저온저장 전 에틸렌 발생량과 저온저장 8개월(약 32주)후의 에틸렌 발생량은 각각 $0.1\text{--}0.2\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, $22.0\text{--}33.1\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 이었다는 보고(Park et al., 2011)와 비슷하게 진행된 것으로 생각되었다.

Park et al.(2011)은 장기저장을 목적으로 하는 사과는 숙성이 덜된 시기에 수확을 하게 되는데, 숙성 시점 이전에 수확하는 저장용 과일은 여전히 전분이 남아 있으므로 저장 중 저온당화 현상에 의해 당도가 증가하기도 하며, 동시에 호흡에 의한 기질의 감소가 수반되므로 저장방식에 따른 호흡속도 조절 정도에 따라 가용성 고형물 함량의 증가와 감소가 나타날 수 있다고 하였다. 본 시험에서 수확 시와 비교해 동결피해 전에 수확한 과실들의 수확시기별 저온저장 중 가용성 고형물 함량(Fig. 3B, Tables 1, and 2)은 비슷하거나 혹은 높아졌던 반면에 2007년 동결피해 후에 수확한 과실들의 저온저장 후 가용성 고형물 함량은 수확 시와 비교해 감소되었다(Tables 1 and 2). 본 시험에서 동결피해 전인 만개 후 210일 이전에 수확한 과실들의 저온저장 중의 가용성 고형물 함량이 수확시의 가용성 고형물 함량보다 비슷하거나 높아졌던 것(Fig. 3B, Tables 1, and 2)은 과실 내에 전분이 만개 후 183-200일까지 2.5-2.9 index(전분지수 범위: 0-6,

0: 미숙) 정도 있었기 때문으로 추정되었다(Fig. 2F).

본 시험에서 2007년 동결피해 후 수확한 과실들의 저온저장 후 가용성 고형물 함량이 수확 시보다 낮아졌던 것(Tables 1 and 2)은 동결피해 전에 수확한 시험구의 경우 저온저장 20주 경과한 과실을 출고 후 상온에서 1주일 노출시켜도 경도가 $3.0\text{kg}/\text{Ø}8\text{mm}$ 이상 유지되었으나, 동결피해 2일 후 수확한 시험구는 저온저장 2주 이후부터 상온에 1주일 노출시키면 과실의 경도가 $3.0\text{kg}/\text{Ø}8\text{mm}$ 를 넘지 못하였다는 보고(Kweon et al., 2010)를 미루어 보아, 2007년 동결피해 후 수확한 과실들은 분질화가 될 정도로 저온저장 중에 경도 및 산 함량이 동결피해 이전에 수확한 과실보다 크게 떨어지면서(Table 2), 호흡에 의한 기질 감소가 심하였기 때문인 것으로 생각되었다(Park et al., 2011).

‘후지’의 수확시기에 따른 저온저장 중의 경도 및 산 함량에 있어, Plotto et al.(1997)은 수확시기의 영향이 뚜렷하지 않았다고 한 반면에 Choi(1998)는 수확시기가 늦어질수록 경도는 감소되었으나 산 함량은 일정한 경향이 없었다고 하였고, Hwang et al.(1998)은 수확시기가 늦어질수록 당산비는 높아졌으나 경도는 경향이 일정하지 않았다고 하였다. 본 시험에서 2009년 저온저장 중의 경도와 산 함량은 수확시기별로 차이가 없었다(Figs. 3C and 3D). 이는 2009년 저온저장 중의 에틸렌 발생량이 수확시기별로 차이가 없었기 때문으로 생각되었다(Fig. 3A).

이상의 결과를 종합해 보면 3개년(2007년, 2009년, 2010년)동안 대구 소재 경북대학교 실습 사과원은 과실 성숙기(9-10월)의 평균기온이 19.7°C (Fig. 1)로, 대구지역의 가을철 높은 기온이 ‘후지’의 착색불량을 유발한 것으로 추정되었다(Fig. 2). 이에 본 시험에서는 착색을 증진시키기 위해 ‘후지’의 수확기를 이론적인 수확기(만개 후 180일 혹은 10월 25일)보다 2-4주 정도 연장시켜 본 결과(Table 1), 수확시의 착색과 가용성 고형물 함량은 수확시기가 연장될수록 높아지는 경향이 있었다. 대구지역에서 수확기가 연장될수록 수확시의 착색과 가용성 고형물 함량이 높아질 수 있었던 것(Table 1)은 대구지역은 11월 중순까지 동결피해가 발생하지 않을 정도로 따뜻하여(Fig. 1), 저온에 의한 광합성능력 감소 현상(Seeley and Kammereck, 1977)이 나타나지 않았기 때문으로 생각되었다. 그러나 4주 정도의 수확기 연장은 가을철 기온이 따뜻한 지역이라도 위험할 것으로 생각되었다. 이는 11월 중순까지 극심한 저온이 도래하지 않았던 대구지역이라도 11월 15일 이후로는 동결피해(2002년 11월 19일 -3.6°C , 2007년 11월 19일 -4.1°C , 2008년 11월 19일 -2.7°C , 2009년 11월 22일 -2.8°C)가 발생하여(KMA, 2011), 수확 시의 경도와 산 함량 및 저장성이 앞선 수확시기보다

크게 감소될 수 있기 때문이었다(Tables 1 and 2). 따라서, 저온이 늦게 오는 지역에서 저장성에 문제없이 착색과 가용성 고형물 함량을 증가시킬 수 있는 수확시기의 연장은 동결피해에 따른 과실의 품질 및 저장성의 감소가 나타나기 전인 11월 중순(만개 후 188-210일)까지라고 생각되었다(Fig. 3, Tables 1, and 2).

초 록

본 시험은 가을철 기온이 높게 유지되는 대구지역에서 성숙기 동안 ‘후지’의 과실품질 변화와 수확시기별 과실품질과 저장성을 3년(2007년, 2009년, 2010년) 조사하였다. 성숙기 동안 과실품질의 변화는 만개 후 120-135일부터 만개 후 183-198일까지 조사하였다. 수확시기별 과실품질과 저장성 비교는 만개 후 180일 이후에 수확한 과실들을 대상으로 하였다. 과실 성숙기 동안 대구지역 ‘후지’의 문제점은 20°C의 높은 기온에 따른 착색불량이었다. 수확시기별 과실품질 비교에 있어, 수확시기가 연장될수록 가용성 고형물 함량과 착색은 높아졌다. 수확 시의 과중은 수확시기에 영향을 받지 않았고, 수확 시의 경도와 산 함량은 동결피해가 발생했을 때 심하게 감소되었다. 저온저장 20주 동안의 에틸렌 발생량 및 경도, 산 함량은 수확시기에 따른 차이가 없었다. 2009년 만개 후 216일에 수확한 과실들의 저온저장 중의 가용성 고형물 함량은 수확시의 가용성 고형물 함량과 비교해 비슷하였으나, 2009년 만개 후 201일에 수확한 과실들은 수확시보다 높아졌다. 그러나 동결피해를 받은 후 수확한 과실의 저온저장 후 경도, 가용성 고형물 함량 및 산 함량은 동결피해 발생 전에 수확한 과실보다 낮았다. 결론적으로 가을철 기온이 높은 지역에서 ‘후지’ 과실을 만개 후 180-200일 대비 2-4주 정도 수확시기를 연장시키면 수확시의 가용성 고형물 함량 및 착색이 증가되었으나, 11월 중순 이후로 최저기온이 -3.0°C 이하로 떨어지기 시작하기 때문에 11월 중순 이후로 과실을 수확하는 것은 위험하였다.

추가 주요어 : 에틸렌 발생량, 동결피해, 과실 착색도, *Malus domestica* Borkh., 가용성 고형물 함량

인용문헌

Choi, S.W. 1998. Effect of fruit nitrogen and calcium content and harvest date on storability of ‘Fuji’ apples. Ph. D. Diss., Kyungpook Natl. Univ., Daegu, Korea. p. 17-57.
Hardenburg, R.E., A.E. Watada, and C.Y. Wang. 1986. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery

stocks. p. 19-30. USDA. Agric. Hdbk. No. 66.
Hwang, Y.S., I. Kim, and J.C. Lee. 1998. Influence of harvest date and postharvest treatments on fruit quality during storage and simulated marketing in ‘Fuji’ apples. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39:574-578.
Iwanami, H., S. Moriya, N. Kotoda, S. Takahashi, and K. Abe. 2005. Influence of mealiness on firmness of apples after harvest. HortScience 40:2091-2095.
Kim, J.H., J.C. Kim, K.C. Ko, K.R. Kim, and J.C. Lee. 2006. General pomology. Hyangmoonsha Press, Seoul, Korea.
Korea Meteorological Administration (KMA). 2011. Annual and monthly climatological report. <http://www.kma.go.kr>.
Kweon, H.J., I.K. Kang, M.J. Kim, and J.K. Byun. 2000. Effects of harvest dates on storability of ‘Fuji’ apple during cold storage. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 18(Suppl. II): 206. (Abstr.)
Kweon, H.J., S.G. Lee, M.Y. Park, Y.Y. Song, J.C. Nam, and D.H. Sagong. 2010. Influence of harvest time after freezing damage on fruit quality during storage of ‘Fuji’ apples. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 28:990-995.
Kweon, H.J., M.J. Kim, Y.S. Moon, J. Lee, C. Choi, D.G. Choi, D.H. Lee, and I.K. Kang. 2012. Relationship between preharvest factors and the incidence of storage disorders in ‘Fuji’ apples during storage. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 30:50-55.
Lee, H.C. 1999. Physiological and ecological factors affecting fruit coloration and color enhancement in *Malus domestica* Borkh. cv. Fuji. Ph. D. Diss., Seoul Natl. Univ., Seoul, Korea. p. 48-51.
National Agricultural Products Quality Management Service (NAPQMS). 1996. Grade standards for agricultural products 1011. MAF, Gwacheon, Korea.
Park, Y.M. and J.S. Choi. 2001. Instrumental and sensory analysis of fruit quality in relation to storability of ‘Fuji’ apples. Food Sci. Biotechnol. 10:488-492.
Park, Y.M. and Y.P. Hong. 2009. Methodological approach to evaluate freezing points of peach and apple fruits through exotherm study. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 27:601-606.
Park, Y.M., H.G. Park, and B.S. Lim. 2011. Analysis of postharvest 1-MCP treatment and CA storage effects on quality changes of ‘Fuji’ apples during export simulation. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 29:224-231.
Plotto, A., A.N. Azarenko, M.R. McDaniel, P.W. Crockett, and J.P. Mattheis. 1997. Eating quality of ‘Gala’ and ‘Fuji’ apples from multiple harvests and storage durations. HortScience 32:903-908.
Saure, M.C. 1990. External control of anthocyanin formation in apple. Sci. Hort. 42:181-218.
Seeley, E.J. and R. Kammereck. 1977. Carbon flux in apple trees: The effects of temperature and light intensity on photosynthetic rates. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102:731-733.
Shü, Z.H., C.C. Chu, L.J. Hwang, and C.S. Shieh. 2001. Light, temperature, and sucrose affect color, diameter, and soluble solids of disks of wax apple fruit skin. HortScience 36:279-281.
Song, K.J., J.H. Hwang, and H.K. Yun. 2003. Changes of soluble sugar and starch concentrations in fruits of apple cultivars differing in maturity. Kor. J. Soc. Hort. Sci. 44:207-210.
Spencer, P.W. and J.S. Titus. 1972. Biochemical and enzymatic changes in apple leaf tissue during autumnal senescence. Plant

- Physiol. 49:746-750.
- Tomana, T. 1983. The effect of environmental temperatures on fruit maturing. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 24:276-288.
- Tomana, T. and H. Yamada. 1988. Relationship between temperature and fruit quality of apple cultivars grown at different locations. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 56:391-397.
- Warrington, I.J., T.A. Fulton, E.A. Halligan, and H.N. de Silva. 1999. Apple fruit growth and maturity are affected by early season temperatures. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124:468-477.
- Yamada, H., K. Hamamoto, A. Sugiura, and T. Tomana. 1988. Effect of controlled fruit temperature on maturation of apple fruits. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 57:173-177.
- Yamada, H., H. Ohmura, C. Arai, and M. Terui. 1994. Effect of preharvest fruit temperature on ripening, sugar, and watercore occurrence in apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119:1208-1214.
- Yoo, W.J., I.K. Kang, H.J. Kweon, M.J. Kim, D.H. Kim, D.H. Lee, and J.K. Byun. 2006. Usage potentiality of starch pattern index at aminoethoxyvinylglycine treatment to prevent preharvest drop in 'Tsugaru' apple fruits. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 24:64-69.