



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

온주밀감 유엽과와 직과에서의 당산특성

제주대학교 대학원

원예학과

김 셋 별

2012년 8월

온주밀감 유엽과와 직과에서의 당산특성




지도교수 송 관 정

김 셋 별

이 논문을 농학 석사학위 논문으로 제출함

2012년 8월

김셋별의 농학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 
위 원 
위 원 

제주대학교 대학원

2012년 8월

Characteristics of sugar and acid in leafy and leafless
fruits of satsuma mandarin

Sat-Byul Kim

(Supervised by professor Kwan Jeong Song)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the
degree of Master of Science in Horticulture

2012. 8.

Department of Horticultural Science

GRADUATE SCHOOL

JEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

목 차	i
Abstract	ii
List of Tables	iii
List of Figures	iv
I. 서 언	1
II. 재료 및 방법	3
1. 식물재료	3
2. 과실의 생육 조사	3
3. 과실의 당산 특성 조사	4
4. 잎의 광합성 및 엽록소 지수 측정	5
5. 통계 검정	5
III. 결과 및 고찰	6
1. 유엽과와 직과에서의 과실의 생육 특성	6
2. 유엽과와 직과에서의 과실의 당산 특성	14
3. 광합성 및 엽록소 지수	24
IV. 적 요	27
V. 참 고 문 헌	28
VI. 감 사 의 글	31

Abstract

The study was conducted to investigate the effect of fruit bearing type with leafy (LY) and leafless (LS) fruits on fruit growth and sugar and acid characteristics in some very early- and early-maturing satsuma mandarin cultivars. Fruit length and diameter, fruit shape index (diameter/length), and fruit weight were measured for fruit bearing type during fruit development from 70 days after anthesis (DAA) to ripening stage and fruit size ratio at ripening stage. Fruit length and diameter showed rapid increase from 70 to 100 DAA and very slow increase thereafter. Fruit shape index increased due to the growth of diameter lasting longer than length. Change of fruit weight was similar to those of fruit length and diameter. However, there was no difference in fruit growth pattern including fruit size ratio with different fruit bearing types. Total soluble solids (TSS), acidity, TSS:acidity ratio, soluble sugar and organic acid composition were also determined for fruit juice from 100 DAA to ripening stage. TSS increased and acidity decreased continuously and then TSS:acidity ratio increased with fruit development. Soluble sugar was continuously increased, whereas organic acid decreased. These tendencies were related to increase of sucrose and decline of citric acid, respectively. However, there was no effect of fruit bearing type on TSS, acidity, and TSS:acidity ratio, and soluble sugar and organic acid composition. Photosynthesis rate and chlorophyll index with SPAD value were evaluated from leaves adjacent to LY and LS fruits during 70 and 130 DAA. Photosynthetic rate was higher at fruit enlargement stage than that at maturation stage, whereas there was no change in chlorophyll index between two different stages. Also, photosynthetic rate and chlorophyll index were not different between leaves adjacent to LY and LS fruits. The results indicated that fruit growth including fruit shape index and size ratio, TSS, acidity, and soluble sugar and organic acid composition were not affected by fruit bearing type with LY and LS fruits.

List of Tables

Table 1. Change of soluble sugar in juice ($\text{g}\cdot 100 \text{ mL}^{-1}$) extracted from LY and LS fruits of very early-maturing satsuma mandarin cultivars, ‘Ueno Wase’ and ‘Sangdojosaeng’ with different developmental stages.	19
Table 2. Change of soluble sugar in juice ($\text{g}\cdot 100 \text{ mL}^{-1}$) extracted from LY and LS fruits of very early-maturing satsuma mandarin cultivars, ‘Okitsu Wase’ and ‘Haryejosaeng’ with different developmental stages.	20
Table 3. Change of organic acid in juice ($\text{mg}\cdot 100 \text{ mL}^{-1}$) extracted from LY and LS fruits of very early-maturing satsuma mandarin cultivars, ‘Ueno Wase’ and ‘Sangdojosaeng’ with different developmental stages.	21
Table 4. Change of organic acid in juice ($\text{mg}\cdot 100 \text{ mL}^{-1}$) extracted from LY and LS fruits of very early-maturing satsuma mandarin cultivars, ‘Okitsu Wase’ and ‘Haryejosaeng’ with different developmental stages.	22
Table 5. Photosynthetic rate and SPAD value at leaves adjacent to LY and LS fruit in very eraly-maturing satsuma mandarin cultivars, ‘Ueno Wase’ and ‘Sandojosaeng’.	25
Table 6. Photosynthetic rate and SPAD value at leaves adjacent to LY and LS fruit in eraly-maturing satsuma mandarin cultivars, ‘Okitsu Wase’ and ‘Haryejosaeng’.	26

List of Figures

Figure 1. Change of fruit length in leafy (LY) and leafless (LS) fruits of some satsuma mandarins with different developmental stages.	7
Figure 2. Change of fruit diameter in LY and LS fruits of some satsuma mandarins with different developmental stages.	8
Figure 3. Change of fruit shape index (diameter/length) in LY and LS fruits of some satsuma mandarins with different developmental stages.	9
Figure 4. Change of fruit weight in LY and LS fruits of some satsuma mandarins with different developmental stages.	10
Figure 5. Ratio of LY and LS fruits harvested at ripening stage in early-maturing satsuma mandarin cultivars, 'Haryejosaeng' and 'Okitsu Wase'.	12
Figure 6. Fruit size ratio in LY and LS fruits harvested at ripening stage in early-maturing satsuma mandarin cultivars, 'Okitsu Wase' and 'Haryejosaeng'. Fruit size was classified into nine grades. ·	13
Figure 7. Change of total soluble solids (TSS) in juice extracted from LY and LS fruits of some satsuma mandarins with different developmental stages.	15
Figure 8. Change of acidity in juice extracted from LY and LS fruits of some satsuma mandarins with different development stages.	16
Figure 9. Change of TSS-acidity ratio in juice extracted from LY and LS fruits of some satsuma mandarins with different development stages.	17

I. 서언

감귤은 액상의 과육과 혁질의 과피로 이루어진 형태의 과실을 갖는 운향과(Rutaceae) 감귤아과(Aurantinoideae)의 식물 중에서 감귤족(Citreae), 감귤아족(Citrinae) 및 진정감귤군에 속하는 6속(genus) 29종(species)의 식물을 총칭한다. 이 중 상업적으로는 금감속(*Fortunella*)에 속하는 금감과 감귤속(*Citrus*)에 속하는 만다린, 오렌지, 자몽, 문단, 레몬 및 라임 등이 중요하다(Davies와 Albrigo, 1994; Reuther 등, 1967). 감귤은 국내에서 대부분 제주지역에서 재배되고 있는데, 만다린에 속하는 온주밀감이 주종을 이루고 있고 탄골(만다린과 오렌지의 교잡종)과 금감이 일부를 차지하고 있다.

감귤은 국내 과수 생산량의 약 25%(MIFAFF, 2011), 제주 농업생산액의 약 43%(JPARES, 2010)를 차지하는 국가적으로나 지역적으로 매우 중요한 작물이다. 감귤 중 온주밀감 등의 만다린은 격년결과성이 매우 강한 편으로 해에 따른 풍흉의 차이가 크다. 최근 자유무역협정 체결의 증가로 외국 과실의 수입은 매년 증가하고 있다. 이에 따라 과실 품질에 따른 소비자 가격의 변화도 매우 민감하여 고품질 과실의 생산이 매우 중요하게 여겨지고 있다.

온주밀감의 과실 품질은 품종, 착과 부위 및 형태, 과실의 크기 등의 수체 요인과 일조, 기온, 토성, 토양수분 등의 재배환경 요인들에 따라 달라진다(Davies와 Tucker, 2006). 일반적으로 수체 상단부와 외부에 착과한 과실은 많은 일조와 광합성의 영향으로 품질이 높다(Suzuki 등, 1973). 또한 과실의 크기가 작을수록 당도는 높고(Hirano, 1979; Koh 등, 2002), 점토가 많을수록 과즙이 진하고 당도가 높으며(Matsumoto와 Shiraishi, 1980), 성숙기 토양수분이 적을수록 당도는 높고 산도는 낮은 것으로 알려져 있다(Hyun 등, 1993; Morinaga와 Sykes, 2001). 그러나 최근까지도 착과 형태에 따른 과실 품질의 특성에 대해서는 연구된 바가 매우 적다(Barry와 Castle, 2004; Iqbal 등, 2004). 특히 착과 형태와 관련한 유리당 및 유기산의 조성에 관한 연구는 아직까지 보고된 바가 없다.

국내에서 최근 ‘상도조생’과 ‘하례조생’이 육성되어 보고되었으나, 농가 보급은

미미한 수준이다. 기존 품종보다 당도가 높고 산도가 조기에 낮아지는 특성이 우수한 것으로 보고되었으나(Park 등, 2008; Yun 등, 2008), 착과 형태, 과실 크기의 분포, 재배환경 요인에 대한 반응의 민감도 차이 등 어떤 요인과 관련되어 나타나는 것인 지에 대해서는 알려져 있지 않다. 농가 보급을 촉진하기 위해서는 이들 요인에 따른 과실의 당산 특성에 대한 정밀한 평가가 요구되고 있다.

따라서 본 연구는 국내 육성 신품종인 극조생 ‘상도조생’ 및 조생 ‘하례조생’에 대해 숙기가 비슷한 기존 극조생 ‘상야조생’ 및 조생 ‘홍진조생’을 대비하여 과실의 착과 형태(직과 및 유엽과)에 따른 과실의 생장, 당도, 산도, 유리당 및 유기산 조성의 변화와 잎의 엽록소 지수 및 광합성 특성을 구명코자 수행되었다.

II. 재료 및 방법

1. 식물재료

제주특별자치도 농업기술원 상귀포장에 재식된 극조생 온주밀감(*Citrus unshiu*) 상야조생(Ueno Wase) 및 상도조생(Sangdojosaeng)과 제주시 도련의 농가포장에 재식된 조생종 흥진조생(Okitsu Wase) 및 하례조생(Haryejosaeng) 각 3주의 성목을 시험수로 이용하였다. 상도조생은 온주밀감 좌좌목의 아조변이체를 선발(Park 등, 2008)한 것이고, 하례조생은 입간조생에 하귤을 교배해 얻어진 주심배 실생을 선발(Yun 등, 2008)한 것이다. 전정, 시비 및 병해충 관리 등 재배관리는 관행에 준하여 이루어졌다.

2. 과실의 생육조사

과실의 2차 생리적 낙과가 끝난 7월 하순에 만개일 5월22일 기준으로 70일 후부터 30일 간격으로 착과형태를 직과와 유엽과로 나누어 과실의 종경, 횡경, 과중의 변화를 조사하였다. 과실의 착색기와 적숙기 사이에는 15~20일 전후로 과실의 생육조사가 추가되었다. 과실의 종경과 횡경은 품종별 3주에 대해 나무별 5개씩 총 15개에 대해 조사하였다. 과중은 품종별 15개 과실 중 임의로 5개를 선정하여 수확 후 측정하였다.

또한 수확기에 일부 품종에 대한 과실의 크기별 분포를 조사하였다. 과실의 크기분포는 흥진조생과 하례조생에 대해 착과형태로 나누어 수확한 후 감귤 크기 규격판(농협)을 이용하여 9단계(1~9번과)로 분류하였다.

3. 과실의 당산 특성 분석

과실의 당산 특성으로 당도, 산도, 유리당 및 유기산 조성을 분석하였다. 과실의 당도와 산도는 과실 과즙의 증가가 시작하는 만개 후 100일부터 과실의 생육 조사 시기와 동일한 시기에 5개 과실을 채취하여 과즙을 착즙한 후 감귤 당·산도 측정기(GMK-707R, G·won Hitech, Korea)를 이용하여 측정하였다.

과실의 유리당 및 유기산에 대해서 품종 및 착과형태별 과실의 비대기, 성숙기 및 적숙기에 해당하는 3시기에 대해 당도와 산도가 측정되는 과실의 과즙 시료 5개 중 임의로 3개를 선정하여 HPLC(Waters 2695, MA, USA)로 분석하였다. 과즙 2 mL에 50% acetonitrile(ACN) 25 mL를 가하여 30분 동안 초음파 처리 후 5,000×g, 5분간 원심분리하여 상정액을 취하였고, 이후 동일 조건으로 반복하여 상정액을 취하고 혼합하였다. 이를 Sep-Pak C18 cartridges(Waters, MA, USA)에 통과시킨 후, 0.45 µm membrane filter(Woongki science co. Ltd., Seoul, Korea)로 여과하여 분석시료로 이용하였다.

유리당 분석 칼럼은 Preval™ Carbohydrate ES(4.6 × 250 mm, 5 µm, Grace, Japan)을 사용하였고 검출기는 ELSD를 사용하였다. 이동상으로는 ACN과 증류수를 7:3으로 혼합하여 유속 0.8 mL/분로 사용하였다. 유리당 함량은 농도별로 제조한 포도당, 과당, 자당의 표준물질(Sigma, St. Louis, MO, USA)을 HPLC로 분석하여 얻은 표준곡선으로부터 정량하였다. 유기산 분석 칼럼은 Prevail™ organic acid(4.6 × 150 mm, 3 µm, Grace, Japan)을 사용하였고 PDA 210 nm에서 검출하였다. 이동상으로는 pH 2.5로 조정된 25 mM KH₂PO₄ 용액을 0.5 mL/분의 속도로 이동시켰다. 유기산 함량은 농도별로 제조한 구연산, 사과산, 주석산, 수산의 표준물질(Sigma, St. Louis, MO, USA)을 이용하여 얻어진 표준곡선으로부터 정량하였다.

4. 잎의 광합성 및 엽록소 지수 측정

품종별 유엽과와 직과로부터 가장 가까운 잎에서 광합성 특성과 엽록소 지수를 측정하였다. 과실의 비대기와 성숙기에 해당하는 만개 후 각각 100일과 130일을 전후하여 맑은 날을 선택하고 오전 10시~오후 12시 사이에 측정하였으며, 적숙기에는 흐린 날씨가 지속되어 측정하지 못하였다. 광합성 측정은 LI-6400 portable photosynthesis system(LI-COR, Ltd., USA)를, 엽록소 지수는 SPAD-502(Minolta, Japan)를 이용하여 측정하였다.

5. 통계 검정

통계처리는 Sigmastat 3.5(SYSTAT software Inc., USA)를 이용하여 수행하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 유엽과와 직과에서의 과실의 생육 특성

유엽과 및 직과의 착과 형태에 따른 과실의 종경 변화는 Fig. 1에 나타난 바와 같다. 극조생의 경우 과실의 종경은 만개 70~100일 후(7월 말~8월 말)까지 급격히 비대하였고, 이 후의 종경 비대는 거의 없는 상태로 나타났다. 다만, 적숙기의 종경이 성숙기보다 적게 나타난 것은 육안으로 나무의 평균 크기로 보이는 과실을 시료를 채취하여 측정하는 과정에서 벌어진 실험 오차로서 과실의 종경이 감소한 것은 아니었다. 조생의 경우 과실의 종경은 만개 70~100일 후(7월 말~8월 말)까지 급격히 비대하였고, 만개 160일(9월 말~10월 말)까지 비대가 완만하게 이루어졌으나, 이 후의 종경 비대는 거의 없는 것으로 나타났다. 다만, 적숙기의 종경이 성숙기보다 적게 나타난 것은 육안으로 나무의 평균 크기로 보이는 과실을 시료를 채취하여 측정하는 과정에서 벌어진 실험 오차로서 과실의 종경이 감소한 것은 아니었다. 과실의 종경 비대가 거의 이루어지지 않은 시기는 과실의 착색기 및 익음의 발육 단계에 해당하는 것으로 보아졌다. 모든 품종에서 유엽과와 직과 간 과실의 종경 비대에 있어서의 차이는 없었다.

과실의 횡경 변화는 Fig. 2에 나타내었다. 극조생 품종에서 과실의 횡경 비대는 만개 70일~100일 후(7월 말~8월 말)까지 급격히 진행되었고, 만개 145일(10월 초~10월 말)까지 완만하게 지속되었으나, 이 후의 횡경 비대는 거의 이루어지지 않았다. 적숙기의 횡경이 성숙기보다 적게 나타난 것은 육안으로 나무의 평균 크기로 보이는 과실을 시료를 채취하여 측정하는 과정에서 벌어진 실험 오차로서 과실의 횡경이 감소한 것은 아니었다. 착과 형태에 따른 과실 횡경 비대의 차이는 없었으나, 만개 100일~145일 사이에서는 '상도조생'이 '상야조생'보다 횡경 비대가 큰 편이었다. 조생종 품종에서 과실의 횡경은 극조생에서와 유사한 경향으로 만개 70일~100일 후(7월 말~8월 말)까지 급격히 진행되었고, 만개 160일(9월 말~10월 말)까지 완만하게 지속되었으나, 이 후의 횡경 비대는 거의 이루어지지 않았다. 적숙기의 횡경이 성숙기보다 적게 나타난 것은 육안으로 나무의 평균 크기로 보이는 과실을 시료를 채취하여 측정하는 과정에서 벌어

Fig. 1. Change of fruit length in leafy (LY) and leafless (LS) fruits of some satsuma mandarins with different developmental stages. Vertical bars represent means \pm SE (n=15).

Fig. 2. Change of fruit diameter in LY and LS fruits of some satsuma mandarins with different developmental stages. Vertical bars represent means \pm SE (n=15).

Fig. 3. Change of fruit shape index (diameter/length) in LY and LS fruits of some satsuma mandarins with different developmental stages. Vertical bars represent means \pm SE (n=15).

Fig. 4. Change of fruit weight in LY and LS fruits of some satsuma mandarins with different developmental stages. Vertical bars represent means \pm SE (n=5).

진 실험 오차로서 과실의 횡경이 감소한 것은 아니었다. 착과 형태와 품종 간 횡경 비대의 차이는 나타나지 않았다. 과실의 비대에 있어서 종경보다는 횡경의 비대가 늦게 까지 지속되는 경향이였다.

과실의 종횡비(Fig. 3)의 경우 과실 성장과 더불어 점차 감소하여 편편해지는 경향을 보였다. 이는 이전의 연구결과(Moon과 Mizurani, 2002a, 2002b)와도 매우 유사하였다. 그러나 거의 모든 시기에서 유엽과와 직과 및 품종 간 차이는 일정하게 나타나지 않았다.

과중의 변화는 Fig. 4와 같다. 모든 품종에서 과실이 성장함에 따라 만개 후 130일(9월 말)까지는 과중이 급격히 증가하였으나, 이 후 극조생에서는 거의 과중의 변화가 없었고, 조생에서는 만개 후 160일(10월 말)까지 완만하게 증가하였으나, 이 후 과중의 변화는 거의 없었다. 적숙기의 과중이 성숙기보다 적게 나타난 것은 육안으로 나무의 평균 크기로 보이는 과실을 시료를 채취하여 측정하는 과정에서 벌어진 실험 오차로서 과중이 감소한 것은 아니었다. 직과과 유엽과 및 품종 간 과중의 변화에 있어서 차이는 거의 없었다.

본 연구결과는 과실의 생육에 따른 횡경 및 과중의 변화는 Kubo 등(1998)의 결과와 비슷한 경향이였다. ‘미장’ 온주밀감에서 직과보다 유엽과에서 과실의 횡경, 종경, 과중이 크게 나타난 것(Iqbal 등, 2004)과는 달랐다. 한편, ‘발렌시아’ 오렌지의 경우 해에 따라 직과와 유엽과의 횡경 크기가 정반대로 나타나는 것(Barry 등, 2004)을 보면, 직과와 유엽과의 과실 성장 양상이 대목이나 재배환경의 영향에 따라 달라질 수도 있으나, 전체적으로 착과 형태에 따른 성장 차이는 거의 없을 것으로 생각되었다.

조생종인 ‘하례조생’과 ‘홍진조생’에 대해 익은 과실을 수확한 후 착과 형태 및 크기별 분포를 조사하여 각각 Fig. 5와 Fig. 6에 나타내었다. ‘하례조생’의 경우 유엽과는 10%이었으나, ‘홍진조생’의 경우는 12%로 ‘하례조생’에서 약간 높은 경향이였다. 직과 및 유엽과에서 과실 크기별 분포를 보면, ‘하례조생’은 직과에서 소과의 비율이 높고, 유엽과에서도 과실 크기가 고르게 분포하였다. 이에 반해 ‘홍진조생’에서는 직과와 유엽과 모두에서 대과의 비율이 높게 나타났다. 그러나 이러한 경향이 품종의 특성인지, 또는 재배환경에 따라 달라질 수 있는 지는 추가적인 연구가 필요한 것으로 보아졌다.

Fig. 5. Ratio of LY and LS fruits harvested at ripening stage in early-maturing satsuma mandarin cultivars, 'Okitsu Wase' and 'Haryejosaeng' and. Vertical bars represent means \pm SE (n=3).

Fig. 6. Fruit size ratio in LY and LS fruits harvested at ripening stage in early-maturing satsuma mandarin cultivars, 'Okitsu Wase' and 'Haryejosaeng'. Fruit size was classified into nine grades in fruit diameter. Vertical bars represent means \pm SE (n=3).

2. 유엽과와 직과에서의 과실의 당산 특성

유엽과와 직과에서의 과실의 당도 변화를 Fig. 7에 나타내었다. 과실의 당도는 만개 후 100일부터 수확시점까지 지속적으로 증가하는 경향이였다. 품종에 따라서는 극조생의 경우 ‘상야조생’이 ‘상도조생’보다, 조생의 경우 ‘하례조생’이 ‘홍진조생’보다 전체 생육기간 내내 당도가 높게 나타났다. 그러나 모든 품종에 있어서 유엽과와 직과에 따른 과실 당도의 차이는 없었다. 수확기 당도는 ‘상도조생’, ‘상야조생’, ‘하례조생’ 및 ‘홍진조생’에서 각각 10.3, 10.2, 11.2 및 10.5 °Brix를 나타내어 ‘하례조생’이 가장 높게 나타났고, 극조생보다 조생에서 높은 경향이였다.

과실의 산도 변화를 Fig. 8에 나타내었다. 과실의 산도 변화는 모든 품종에서 만개 후 100일부터 수확기까지 계속 감소하였으며, 품종 및 유엽과와 직과간 차이는 나타나지 않았다. 수확기 산도는 ‘상도조생’, ‘상야조생’, ‘하례조생’ 및 ‘홍진조생’에서 각각 1.16, 0.92, 0.72 및 0.87%를 나타내어 ‘하례조생’이 가장 낮게 나타났고, 극조생보다 조생에서 낮은 경향이였다.

과실의 당도와 산도의 변화에 따른 당산비의 변화는 Fig. 9와 같다. 당산비는 만개 후 100일부터 수확기까지 지속적으로 증가하였는데, 과실 비대기까지는 품종에 관계없이 거의 비슷하게 나타났으나, 성숙기에 접어들면서 품종 간에 다소 차이가 나타나는 경향이였다. 수확기 당산비는 ‘상도조생’, ‘상야조생’, ‘하례조생’ 및 ‘홍진조생’에서 각각 9.2, 11.8, 15.5 및 12.2로 ‘하례조생’이 가장 높게 나타났고, 조생이 극조생보다 높은 편이였다.

온주밀감 과실의 생육과정에 따른 당도의 증가와 산도의 감소 경향은 Moon과 Mizutani(2002b)가 ‘홍진조생’에서와 Sadka 등(2000)가 ‘미네올라’ 탄젤로에서 보고한 결과와 매우 유사하였다. 품종에 따라서는 ‘하례조생’이 ‘홍진조생’보다, 그리고 ‘상야조생’이 ‘상도조생’보다 당도가 높게 나타났다. ‘하례조생’과 ‘홍진조생’의 경우는 수확기에 과실의 크기 분포를 분석하였는데, ‘홍진조생’의 경우 유엽과와 직과 모두에서 대과의 분포 경향을 보였다. Hirano(1979)와 Koh 등(2002)은 온주밀감에서 과실이 작을수록 당도가 높다고 하였다. 그러므로 ‘하례조생’과 ‘홍진조생’의 경우에 ‘하례조생’에서 당도

◦

Fig. 7. Change of total soluble solids (TSS) in juice extracted from LY and LS fruits of some satsuma mandarins with different developmental stages. Vertical bars represent means \pm SE (n=5).

Fig. 8. Change of acidity in juice extracted from LY and LS fruits of some satsuma mandarins with different development stages. Vertical bars represent means \pm SE (n=5).

Fig. 9. Change of TSS-acidity ratio in juice extracted from LY and LS fruits of some satsuma mandarins with different development stages. Vertical bars represent means \pm SE (n=5).

가 높은 경향이 과실 크기의 분포와 관계되는 것으로 생각되었다. 그러나 ‘상도조생’과 ‘상야조생’의 경우는 분명치 않았으며, 이에 대해서는 추가적인 연구가 필요한 것으로 보아졌다.

Iqbal 등(2004)에 의하면 ‘미장온주’에서 당도는 직과가 유엽과보다 약간 높은 경향이나 해에 따라 차이의 정도는 달랐으며, 산도의 경우는 차이가 없었다. 또한 당산비에 있어서도 유엽과보다 직과에서 높은 경향이었으나, 통계적인 유의차는 나타나지 않았다. Barry 등(2004)은 ‘발렌시아’ 오렌지에서 유엽과와 직과간 산도의 차이는 없었고, 당도에 있어서는 직과가 다소 높은 경향이었으나 유의적인 차이는 없었다고 보고한 바 있다. 그러므로 이전 연구결과와 비교하여 유엽과와 직과에 따른 당도의 차이가 나타나지 않은 본 연구 결과가 품종의 차이에 기인한 것인지 또는 재배환경에 의한 것인지는 분명치 않았으며 추가적인 연구가 필요하다고 생각되었다.

Table 1, 2는 각각 극조생과 조생 온주밀감 품종별 유엽과와 직과에서의 과즙의 유리당 변화를 HPLC로 분석한 결과이다. 과실이 성숙함에 따라 과당, 포도당 및 자당 모두가 증가하였으며, 이에 따라 총 유리당 함량도 증가하였다. 유엽과와 직과의 과실 유리당 함량 비교에서는 극조생인 ‘상도조생’과 ‘상야조생’에서는 과실 비대기와 성숙 초기에 분명치 않았으나, 적숙기에 해당하는 수확기에 이르러서는 유엽과의 유리당 함량이 직과보다 높은 경향을 나타내었다. 조생인 ‘하례조생’과 ‘홍진조생’에서는 전 생육 기간에서 유엽과의 유리당 함량이 직과보다 높은 경향이였다. 이는 자당의 높은 함량과 관계되는 것으로 나타났다. 그러나 거의 대부분 통계적인 유의차는 없었으며, 유리당의 함량과 과실의 당도와도 일치하지 않은 것으로 나타났다(Fig. 7, Table 1, 2). 또한 Annette 등(1997), Kubo와 Hiratsuka(1998) 및 Mukai 등(2000)에 의하면 ‘삼보조생’, ‘홍진조생’ 및 ‘궁천조생’에서 성숙기 과즙의 유리당 함량은 자당 6% 내외, 과당 및 포도당은 1.5~2% 내외로 알려진 바, 본 연구결과와 매우 유사하였다.

Table 3, 4는 각각 극조생과 조생 품종 유엽과와 직과에서의 과즙의 유기산 변화를 HPLC로 분석한 결과이다. 구연산과 사과산이 유기산의 주성분을 구성하고 있고 과실의 성숙과 더불어 급격한 구연산의 함량이 감소함에 따라 총 유기산 함량이 감소되는 것으로 나타났다. 구연산의 함량은 과실 비대기에 총유기산의 80% 내외를 차지하나

Table 1. Change of soluble sugar in juice ($\text{g}\cdot 100 \text{ mL}^{-1}$)^z extracted from LY and LS fruits of very early-maturing satsuma mandarin cultivars, ‘Ueno Wase’ and ‘Sangdojosaeng’ with different developmental stages.

Cultivar	Days after anthesis	Fruit bearing type	Fructose	Glucose	Sucrose	Total sugar
Ueno Wase	100	LY	1.1±0.1 (28.8) ^y	1.1±0.1 (29.0)	1.7±0.1 (42.2)	3.9±0.2
		LS	1.2±0.1 (28.4)	1.2±0.1 (28.6)	1.8±0.1 (43.0)	4.1±0.3
	130		ns	ns	ns	ns
		LY	1.3±0.0 (24.1)	1.3±0.0 (23.6)	2.9±0.2 (52.3)	5.5±0.2
		LS	1.3±0.2 (25.2)	1.3±0.2 (24.7)	2.7±0.2 (50.1)	5.3±0.5
			ns	ns	ns	ns
160	LY	1.8±0.0 (21.7)	1.6±0.0 (19.8)	4.8±0.2 (58.5)	8.2±0.2	
	LS	1.6±0.1 (21.4)	1.4±0.1 (19.6)	4.3±0.6 (59.0)	7.3±0.7	
Sangdojosaeng	100	LY	1.1±0.1 (27.9)	1.1±0.1 (28.4)	1.7±0.1 (43.7)	3.8±0.3
		LS	0.9±0.0 (28.2)	1.0±0.0 (29.7)	1.4±0.1 (42.1)	3.2±0.1
	130		ns	ns	*	*
		LY	1.1±0.2 (25.4)	1.1±0.1 (24.9)	2.2±0.2 (49.7)	4.5±0.1
		LS	1.2±0.0 (24.7)	1.2±0.0 (24.1)	2.5±0.1 (51.2)	4.8±0.2
			ns	ns	ns	ns
160	LY	1.4±0.2 (18.9)	1.3±0.2 (17.1)	4.7±0.3 (64.0)	7.3±0.7	
	LS	1.3±0.1 (19.4)	1.2±0.1 (18.1)	4.3±0.8 (62.5)	6.9±1.0	
		ns	ns	ns	ns	

^zValues represent means±SE (n=3).

^yValues in parenthesis indicate percentage of total sugar.

^{ns,*}Indicates nonsignificant or significant difference at $P\leq 0.05$, t-test.

Table 2. Change of soluble sugar in juice ($\text{g}\cdot 100\text{ mL}^{-1}$)^z extracted from LY and LS fruits of very early-maturing satsuma mandarin cultivars, ‘Okitsu Wase’ and ‘Haryejosaeng’ with different developmental stages.

Cultivar	Days after anthesis	Fruit bearing type	Fructose	Glucose	Sucrose	Total sugar
Okitsu Wase	100	LY	0.8±0.1 (27.4) ^y	0.9±0.1 (29.7)	1.3±0.2 (42.9)	2.9±0.4
		LS	0.8±0.2 (29.3)	0.9±0.1 (32.4)	1.1±0.2 (38.4)	2.8±0.5
	130	LY	1.2±0.1 (25.7)	1.2±0.0 (25.0)	2.4±0.2 (49.2)	4.8±0.3
		LS	1.1±0.1 (25.8)	1.1±0.1 (25.5)	2.1±0.2 (48.7)	4.2±0.5
	185	LY	1.4±0.2 (16.8)	1.2±0.1 (14.5)	5.8±0.5 (68.6)	8.4±0.8
		LS	1.6±0.1 (19.1)	1.3±0.1 (16.4)	5.3±0.5 (64.4)	8.2±0.6
Haryejosaeng	100	LY	1.0±0.0 (26.4)	1.0±0.0 (27.9)	1.7±0.2 (45.7)	3.6±0.2
		LS	0.9±0.1 (27.9)	1.0±0.1 (29.9)	1.4±0.2 (42.2)	3.3±0.3
	130	LY	1.2±0.0 (23.6)	1.2±0.0 (23.4)	2.8±0.1 (53.0)	5.2±0.2
		LS	1.2±0.1 (24.4)	1.2±0.1 (24.1)	2.6±0.4 (51.5)	5.0±0.6
	185	LY	1.4±0.3 (15.8)	1.2±0.2 (13.7)	6.3±0.5 (70.5)	9.0±0.9
		LS	1.5±0.1 (17.3)	1.3±0.1 (14.9)	5.7±0.5 (67.8)	8.4±0.6
			ns	ns	ns	ns

^zValues represent means±SE (n=3).

^yValues in parenthesis indicate percentage of total sugar.

^{ns,*}Indicates nonsignificant or significant difference at $P\leq 0.05$, t-test.

Table 3. Change of organic acid in juice ($\text{mg}\cdot 100 \text{ mL}^{-1}$)^z extracted from LY and LS fruits of very early-maturing satsuma mandarin cultivars, ‘Ueno Wase’ and ‘Sangdojosaeng’ with different developmental stages.

Cultivar	Days after anthesis	Fruit bearing type	Oxalic acid	Tartaric acid	Malic acid	Citric acid	Total	
Ueno Wase	100	LY	30.8±13.3 (1.3) ^y	25.6±8.3 (1.1)	301.6±34.4 (12.7)	2002.5±72.3 (84.9)	2360.5±102.8	
		LS	53.4±6.5 (2.2)	23.0±9.4 (1.0)	402.0±34.6 (16.8)	1910.3±35.5 (80.0)	2388.7±27.6	
			ns	ns	ns	ns	ns	
	130	LY	32.1±7.7 (2.0)	9.9±4.9 (0.6)	467.7±20.7 (28.0)	1165.1±73.7 (69.4)	1674.8±61.0	
		LS	41.0±4.5 (2.8)	2.5±0.4 (0.2)	558.5±6.9 (39.1)	851.4±125.1 (57.9)	1453.4±126.1	
			ns	ns	*	ns	ns	
	160	LY	61.9±8.3 (5.2)	33.0±2.8 (2.8)	472.3±47.4 (39.4)	631.4±60.3 (52.6)	1198.6±110.3	
		LS	108.4±35.6 (9.4)	2.3±0.7 (0.2)	425.7±92.0 (38.1)	572.9±94.2 (52.3)	1109.3±218.6	
			ns	*	ns	ns	ns	
	Sangdojosaeng	100	LY	38.6±0.8 (1.8)	33.3±1.0 (1.5)	385.3±17.0 (17.3)	1769.4±127.9 (79.4)	2226.6±145.9
			LS	22.2±2.7 (0.9)	12.2±0.3 (0.5)	352.1±19.0 (14.8)	1994.5±91.0 (83.8)	2381.0±110.4
				*	*	ns	ns	ns
130		LY	46.1±10.2 (2.4)	13.6±3.7 (0.7)	659.1±109.8 (34.6)	1232.7±222.5 (62.3)	1951.4±107.5	
		LS	44.2±3.8 (2.3)	16.9±2.2 (0.9)	672.4±55.5 (35.1)	1204.6±152.6 (61.7)	1938.0±168.1	
			ns	ns	ns	ns	ns	
160		LY	35.0±5.1 (2.9)	37.2±6.3 (2.9)	665.8±41.7 (53.4)	508.4±34.5 (40.8)	1246.4±56.9	
		LS	80.3±13.7 (6.4)	33.3±4.1 (2.6)	509.2±63.6 (40.0)	647.1±65.3 (51.0)	1269.8±33.4	
		*	ns	ns	ns	ns		

^zValues represent means±SE (n=3).

^yValues in parenthesis indicate percentage of total acid.

^{ns,*}Indicates nonsignificant or significant difference at $P \leq 0.05$, t-test.

Table 4. Change of organic acid in juice ($\text{mg}\cdot 100 \text{ mL}^{-1}$)^z extracted from LY and LS fruits of very early-maturing satsuma mandarin cultivars, ‘Okitsu Wase’ and ‘Haryejosaeng’ with different developmental stages.

Cultivar	Days after anthesis	Fruit bearing type	Oxalic acid	Tartaric acid	Malic acid	Citric acid	Total
Okitsu Wase	100	LY	2.4±1.0 (0.1) ^y	7.9±3.8 (0.3)	549.7±40.6 (19.8)	2244.4±193.4 (79.8)	2804.5±184.4
		LS	15.7±7.5 (0.5)	29.0±10.6 (1.1)	752.8±221.4 (22.5)	2403.0±318.4 (75.9)	3200.6±530.0
	130	LY	30.9±17.4 (2.1)	14.4±6.3 (1.0)	511.9±52.3 (32.5)	1042.5±199.3 (64.4)	1599.7±231.3
		LS	28.7±10.6 (1.5)	9.1±7.6 (0.5)	552.7±19.8 (30.1)	1254.2±82.3 (67.9)	1844.8±72.9
	185	LY	20.0±13.3 (1.7)	73.2±9.3 (6.3)	416.6±17.6 (36.0)	662.6±98.5 (56.0)	1172.5±113.9
		LS	5.3±3.4 (0.4)	25.5±15.2 (1.7)	587.6±35.7 (43.9)	747.0±125.0 (54.0)	1365.3±107.2
Haryejosaeng	100	LY	18.2±5.5 (0.7)	42.1±5.9 (1.7)	414.7±39.1 (16.1)	2110.2±161.0 (81.5)	2585.2±165.0
		LS	11.3±6.4 (0.6)	20.8±2.8 (0.9)	352.7±59.6 (14.7)	1997.6±314.8 (83.8)	2382.3±363.2
	130	LY	55.8±4.1 (3.4)	8.0±3.2 (0.5)	526.1±10.8 (32.2)	1051.0±61.6 (63.9)	1640.9±52.4
		LS	32.8±13.7 (1.6)	37.7±12.4 (1.9)	488.5±53.2 (24.8)	1403.8±56.4 (71.7)	1962.8±121.6
	185	LY	11.5±5.5 (1.3)	62.7±21.2 (6.8)	253.5±36.2 (30.0)	549.3±87.1 (61.9)	877.0±89.1
		LS	5.7±0.3 (0.9)	68.9±3.7 (10.8)	214.5±34.1 (32.8)	355.5±19.8 (55.5)	644.6±56.7
			ns	ns	ns	ns	ns

^zValues represent means±SE (n=3).

^yValues in parenthesis indicate percentage of total acid.

^{ns,*}Indicates nonsignificant or significant difference at $P\leq 0.05$, t-test.

성숙기에 60~70% 내외, 적숙기에 50% 내외로 감소하였다. 그러나 유엽과와 직과 간 유기산의 함량에 있어서의 경향은 산도의 경우(Fig. 8)에서와 같이 일정하게 나타나지 않았다. Annette 등(1997)과 Kubo와 Hiratsuka(1998)에 의하면 ‘삼보조생’과 ‘홍진조생’에서 과즙의 유기산 함량은 과실 비대기에 구연산 5% 내외, 사과산 0.5% 내외, 퀴산 1% 내외인데, 이후 점차 감소하여 숙기에는 구연산이 1% 내외, 사과산 0.3% 내외로 대부분이 구연산이 차지하는 것으로 알려진 바, 본 연구결과와 유사하였다.

3. 광합성 및 엽록소 지수

품종별 온주밀감의 유엽과와 직과에 가장 인접한 잎의 광합성율과 엽록소 지수를 Table 5, 6에 나타내었다. 광합성율은 모든 품종에서 과실 비대기보다는 성숙 초기에 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 유엽과와 직과 간에 뚜렷한 경향을 보이지 않았다. 또한 과실의 당도와 유리당 함량과도 일정한 경향을 나타내지는 않았다. SPAD 값에 의한 엽록소 지수에 있어서는 전체적으로 71~86의 범위를 나타내었으나, 생육단계, 품종, 유엽과와 직과 간 일정한 경향은 없는 것으로 나타났다.

Morinaga와 Sykes(2001)에 의하면 ‘실버힐’ 온주밀감의 광합성율은 $10 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 내외로 알려져 있는데, 본 연구결과와 유사하였다. 유엽과에 가장 인접한 잎은 직과에 가장 인접한 잎에 비해 어린잎에 해당한다. Iglesias 등(2002)에 의하면 잎의 생육단계가 진전될수록 광합성율이 감소한다고 하였는데, 본 연구결과와는 일치하지 않았다. Syvertsen 등(2003)에 의하면 착과한 가지의 잎이 착과하지 않은 가지의 잎보다 광합성율이 증가한다고 하였는데, 이는 본 연구에서 과실의 비대기보다 성숙 초기의 광합성율이 증가한 것과 관계되는 것으로 과실의 급속한 당의 증가에 따른 광합성 산물의 공급과 관계되는 것으로 생각되었다.

Table 5. Photosynthetic rate and SPAD value at leaves adjacent to LY and LS fruit in very early-maturing satsuma mandarin cultivars, 'Ueno Wase' and 'Sandojosaeng'.

Cultivar	Days after anthesis	Fruit bearing type	Photosynthetic rate ^z ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	SPAD ^z value
Ueno Wase	100	LY	8.3±0.3	71.6±2.5
		LS	6.7±0.4	75.7±2.7
	130	LY	12.6±0.5	78.7±1.8
		LS	12.9±0.5	74.6±2.2
Sangdojosaeng	100	LY	8.2±0.4	84.5±0.9
		LS	8.6±0.4	83.4±1.1
	130	LY	13.2±0.4	86.1±1.0
		LS	14.4±0.5	77.9±1.8

^zValues represent means±SE (n=3).

Table 6. Photosynthetic rate and SPAD value at leaves adjacent to LY and LS fruit in early-maturing satsuma mandarin cultivars, 'Okitsu Wase' and 'Haryejaeng'.

Cultivar	Days after anthesis	Fruit bearing type	Photosynthetic rate ^z ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	SPAD ^z value
Okitsu Wase	100	LY	8.4±0.5	75.8±1.7
		LS	8.3±0.4	74.8±1.4
	130	LY	9.9±0.6	79.2±1.3
		LS	9.5±0.4	77.6±1.6
Haryejaeng	100	LY	7.8±0.5	77.4±1.5
		LS	8.8±0.4	73.7±1.7
	130	LY	7.8±0.2	79.8±1.6
		LS	9.3±0.3	76.2±1.8

^zValues represent means±SE (n=3).

IV. 적요

국내 육성 신품종인 극조생 ‘상도조생’ 및 조생 ‘하례조생’에 대해 숙기가 비슷한 기존 극조생 ‘상야조생’ 및 조생 ‘홍진조생’을 대비하여 과실의 착과 형태(직과 및 유엽과)에 따른 과실의 생장, 당도, 산도, 유리당 및 유기산 조성의 변화와 잎의 엽록소 지수 및 광합성 특성을 구명코자 본 연구를 수행하였다. 만개 후 70~100일까지 급격한 과실의 종경과 횡경의 비대가 있었고, 이 후부터의 증가는 완만하게 진행되었다. 과실의 종경보다는 횡경의 비대가 늦게까지 지속되어 과형은 편편해지는 경향을 나타내었다. 과중의 변화는 과실의 크기의 변화와 유사하게 이루어졌다. 그런데 유엽과와 직과의 과실의 생장 양상에 있어서의 차이는 나타나지 않았다. 만개 100일 후부터 과실 주스의 당도는 수확기까지 지속적으로 증가하였고, 산도는 지속적으로 감소하였다. 이에 따라 당산비는 지속적으로 증가하는 경향을 보였다. 그런데 당도, 산도 및 당산비에 있어서 유엽과와 직과간의 차이는 나타나지 않았다. 다만, 품종간 당도의 차이가 있었는데, 이는 과실의 크기별 분포와 관계되었다. 그러나 유엽과와 직과에 따른 과실 분포의 차이는 없었다. 과실이 성숙함에 따라 과즙의 자당, 포도당, 과당을 포함하는 유리당 함량은 지속적으로 증가하는 반면, 유기산 함량은 지속적으로 감소하였다. 유리당 함량의 증가는 자당의 증가와, 유기산 함량의 감소는 구연산의 감소와 관계가 있었다. 그러나 이들 변화와 유엽과와 직과에 따른 착과형태와의 관계는 분명치 않았다. 광합성율은 과실 비대기보다는 성숙 초기에 증가하였으나, 엽록소 지수는 과실 발육단계에 따라 큰 변화가 없었다. 유엽과와 직과에 따른 인접한 잎의 광합성율에는 차이가 없었다. 따라서, 본 연구결과 온주밀감의 유엽과와 직과의 착과 형태에 따른 과실의 생장, 당도, 산도, 그리고 유리당 및 유기산의 함량에 있어서의 차이는 없는 것으로 나타났다.

V. 참고문헌

Barry, G.H. and W.S. Castle. 2004. Juice quality of 'Valencia' sweet orange borne on different inflorescence types. HortScience 39:33-35.

Davies, F.S. and L.G. Albrigo. 1994. Citrus. CAB International. Wallingford.

Davies, F.S. and D.P.H. Tucker. 2006. Fruit quality, p. 269-278. In: D.P.H Tucker, J.S. Rogers, E.W. Stover, and M.R. Ziegler (eds.). Florida citrus:A comprehensive guide. Univ. Florida.

Hirano, S. 1979. Relations of fruit size of satsuma mandarin to the sugar and acid contents. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 48:162-168.

Hyun, H-N., H-C. Lim, H-R. Han, and D-G. Moon. 1993. Effects of polyethylene film mulching and root pruning on soil water and fruit quality of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). J. Kor. Soc. Hort. Sci. 34:368-377.

Iglesias, D.J., I. Lliso, F.R. Tadeo, and M. Talon. 2002. Regulation of photosynthesis through source:sink imbalance in citrus is mediated by carbohydrate content in leaves. Physiol. Plant. 116:563-572.

Iqbal, N., F. Sen, and N.A. Virk. 2004. Effect of inflorescence types on fruits quality of owari cultivar of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). Pak. J. Biol. Sci. 7:1840-1846.

Jeju Special Self-Governing Province Agricultural Research and Extension

Services(SPARES). 2010. Statistics of Agriculture in Jeju Special Self-Governing Province. <http://www.agri.jeju.kr/mainfo/stats/mainCrop.html>.

Koh, J.S., J.H. Lim, and K.N. Hyun. 2002. Size distribution and its quality properties of early cultivar satsuma mandarin. *J. Subtropical Agri. Biotech., Jeju Nat'l Univ.* 18:43-48.

Kubo, T. and S. Hiratsuka. 1998. Effect of bearing angle of satsuma mandarin fruit on rind roughness, pigmentation, and sugar and organic acid concentrations in the juice. *Jpn. Soc. Hort. Sci.* 67:51-58.

Matsumoto, A. and S. Shiraishi. 1980. Effects of soils on the organic acids of satsuma mandarin fruit. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 48:413-417.

Ministry for Food, Agriculture, Forestry, and Fisheries (MFAFF). 2011. Food, Agriculture, Forestry and Fisheries Statistical Yearbook. p. 118-119.

Moon, D-G. and F. Mizutani. 2002a. Changes in soluble solids, acidity, and abscisic acid contents in different portions of fruit during maturation of satsuma mandarin. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 43:107-112

Moon, D-G. and F. Mizutani. 2002b. Soluble solids and titratable acid contents in different portions of maturing satsuma mandarin fruit as affected by water stress. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 71:1-7.

Morinaga, K. and S.R. Sykes. 2001. Effect of salt and water stress on fruit quality, physiological responses, macro- and micro-element contents in leaves of satsuma mandarin trees under greenhouse conditions. *Jpn. Agric. Res. Qtly.* 35:53-58.

Mukai, H., T. Takagi, N. Kajita, S. Nishkawa, H. Harada, and Y. Murai. 2000. Sugar accumulation in fruit of several satsuma mandarin cultivars. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 69:624–628.

Park, Y., Y. Kim, C. Jwa, J. Kang, S. Ko, and S. Kang. 2008. New satsuma mandarin cultivar 'Sangdojosaeng'. *Proc. 1st Asian Hort. Cong.* 1:107.

Reuther, W., H.J. Webber, and L.D. Batchelor. 1967. *The citrus industry*. Vol. I. Univ. California.

Sadka, A., B. Artzi, L. Cohen, E. Dahan, D. Hasdai, E. Tagari, and Y. Erner. 2000. Arsenite reduces acid content in citrus fruit, inhibits activity of citrate synthase but induces its gene expression. *J. Amer. Soc. Hor. Sci.* 125:288–293.

Suzuki, T., S. Okamoto, and T. Seki. 1973. Effects of micro-meteorological elements and positions in the tree crown on the development of shoots, leaves, and fruits of satsuma mandarin. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 42:201–209.

Syvertsen, J.P., C. Goni, and A. Otero. 2003. Fruit load and canopy shading affect leaf characteristics and net gas exchange of 'Spring' navel orange trees. *Tree Physiol.* 23:899–906.

Yun, S.H., S.J. Kim, H.Y. Kim, J.H. Park, H.J. An, S.K. Kang, Y.I. Moon, K.S. Kim, D.H. Lee, S.W. Koh, and C.M. Kim. 2008. A new early maturing satsuma mandarin cultivar, 'haryejosaeng'. *Korean J. Breed. Sci.* 40:184–187.

VI. 감사의 글

긴 방황을 마치고 드디어 석사 생활을 마무리하며 이 논문을 쓰게 되었습니다. 먼저 지금까지 부족한 저를 학문의 길로 이끌고 주시고, 시종일관 자상한 지도와 아낌없이 격려를 보내 주신 송관정 교수님께 진심으로 감사드립니다. 미흡한 제 논문에 따뜻한 격려와 인자하심으로 아낌없는 충고해주신 한상현 교수님, 조영열 교수님께 감사드립니다. 그리고 많은 가르침을 주시고 옆에서 지켜봐주신 박용봉 교수님, 문두길 교수님, 소인섭 교수님, 강훈 교수님 감사드립니다. 교수님의 가르침에 보답하도록 항상 어디에서나 노력하는 제자가 되도록 하겠습니다.

이 논문을 쓰기까지 옆에서 함께 고생해준 꿈 같은 재현오빠, 여우같은 은의, 승민이, 이제 석사 생활을 시작한 수종이, Voleak, Dung, Panha, 묵묵히 선배들 도와주는 형주에게 감사의 마음을 전합니다. 또한 항상 힘이 되어주시는 실험실 가족들 - 김영걸 박사님, 송인관 박사님, 김태균 연구사님, 이민석 연구원님, 성범오빠, 진웅오빠, 보경언니, 미선언니, 희범오빠, 효민언니, 성철이, 동욱이에게 감사의 마음을 전합니다. 그리고 저에게 많은 가르침과 조언을 해주신 사모님, 차미경 선생님, 이경욱 팀장님, 채치원 박사님, 김성철 연구사님, 이 논문에 많은 도움을 주신 오현정 박사님께 감사드립니다.

또한 잠시 길을 잃었던 저에게 많은 가르침을 주시고 항상 따뜻하게 대해주셨던, 멀리 있지만 항상 보고 싶은 Sharon, Michael, 그리고 가족들, 항상 옆에서 힘을 주는 친구들, 졸업동기들에게 감사의 마음을 전합니다.

마지막으로 제 옆에서 언제나 묵묵히 믿음과 사랑으로 지켜봐주시는 사랑하는 아버지, 어머니, 오빠, 든든하게 옆에서 지켜봐주는 사랑하는 나의 반쪽 진수오빠, 저를 항상 예뻐해 주시는 할머니님, 아버님, 고모님들, 에게 감사의 마음을 전합니다. 항상 건강하세요. 사랑합니다.

지면상 이름을 적지 못했지만 제가 여기까지 올 수 있게 도움을 주신 많은 분들께 감사드립니다.