

## 온주밀감에서 유엽과와 직과의 생장과 당산 특성

김셋별<sup>1</sup> · 오은의<sup>1</sup> · 박재현<sup>1</sup> · 윤수현<sup>2</sup> · 오현우<sup>3</sup> · 강종훈<sup>3</sup> · 고상욱<sup>2</sup> · 오현정<sup>4</sup> · 송관정<sup>1,5\*</sup>

<sup>1</sup>제주대학교 생물산업학부, <sup>2</sup>국립원예특작과학원 감귤시험장, <sup>3</sup>제주특별자치도농업기술원,

<sup>4</sup>제주대학교 생명과학기술혁신센터, <sup>5</sup>제주대학교 아열대농업생명과학연구소

## Fruit Growth, Sugar, and Acid Characteristic in Leafy and Leafless Fruits of Satsuma Mandarin

Sat-Byul Kim<sup>1</sup>, Eun Ui Oh<sup>1</sup>, Jae Hyun Park<sup>1</sup>, Su-Hyun Yun<sup>2</sup>, Hyun Woo Oh<sup>3</sup>, Jong Hoon Kang<sup>3</sup>, Sang Wook Koh<sup>2</sup>, Hyun Jeong Oh<sup>4</sup>, and Kwan Jeong Song<sup>1,5\*</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Bioscience and Industry, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

<sup>2</sup>Citrus Research Station, National of Horticultural & Herbal Science, Jeju 699-843, Korea

<sup>3</sup>Jeju Special Self-governing Province Agricultural Research & Extension Services, Jeju 697-828, Korea

<sup>4</sup>Biotechnology Regional Innovation Center, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

<sup>5</sup>Research Institute for Subtropical Agriculture & Biotechnology, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

**Abstract.** The study was conducted to investigate the effect of fruit bearing type with leafy (LY) and leafless (LS) fruits on fruit growth, sugar, and acid characteristics in satsuma mandarin. Fruit growth including fruit length, diameter, shape index (diameter/length), weight, and size distribution was not different between LY and LS fruits at ripening time. Total soluble solids (TSS) concentration of the fruit juice increased and acidity decreased continuously and then TSS:acidity ratio increased with fruit development from 100 days after anthesis to ripening time. Soluble sugar was continuously increased, whereas organic acid decreased. These tendencies were related to the 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 in fruit juice. Also, photosynthetic rate and chlorophyll index with SPAD value were not different between leaves adjacent to LY and LS fruits. The results indicated that fruit growth and sugar and acid characteristics were not affected by fruit bearing type with leafy and leafless fruits in satsuma mandarin.

**Additional key words:** fruit bearing type, fruit size, organic acids, photosynthesis, soluble sugar

### 서 언

감귤은 액상의 과육과 핵질의 과피로 이루어진 형태의 과실을 갖는 운향과(Rutaceae) 감귤아과(Aurantinoideae)의 식물 중에서 탕자속(*Poncirus*), 금감속(*Fortunella*), 감귤속(*Citrus*), 프레모시트러스속(*Fremocitrus*), 클리메니아속(*Clymenia*), 그리고 마이크로시트러스속(*Microcitrus*) 등 진정감귤군에 속하는 6속 29종의 식물을 총칭한다. 이 중 금감속(*Fortunella*)에 속하는 금감(*F. spp.*)과 감귤속(*Citrus*)에 속하는 만다린(*C.*

*reticulata*), 오렌지(*C. sinensis*), 자몽(*C. paradisi*), 문단(*C. grandis*), 레몬(*C. limon*) 및 라임(*C. aurantifolia*) 등이 상업적으로 중요하게 취급되고 있다(Davies and Albrigo, 1994; Reuther et al., 1967). 국내에서 감귤은 대부분 제주지역에서 재배되고 있는데 만다린에 속하는 온주밀감(*C. unshiu*)이 주종을 이루고 있고 일부 탄골(만다린과 오렌지의 교잡종)과 금감이 재배되고 있다.

감귤은 국내 과수 생산량의 약 25%(MFAFF, 2011), 제주 농업생산액의 약 43%(JSSPARES, 2010)를 차지하는 국가

\*Corresponding author: kwansong@jejunu.ac.kr

※ Received 2 July 2012; Revised 30 August 2012; Accepted 14 September 2012. This work was carried out with the support of “Cooperative Research Program for Agricultural Science & Technology Development (Project No. PJ008264)” Rural Development Administration, Republic of Korea.

적으로나 지역적으로 매우 중요한 작물이다. 감귤 중 온주밀감 등 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(Davies and Tucker, 2006). 일반적으로 수체 상단부와 외부에 착과한 과실은 많은 일조와 광합성의 영향으로 품질이 높다(Suzuki et al., 1973). 또한 과실의 크기가 작을수록 당도는 높고(Hirano, 1979; Koh et al., 2002), 점도가 많을수록 과즙이 진하고 당도가 높으며(Matsumoto and Shiraishi, 1980), 성숙기 토양수분이 적을수록 당도는 높고 산도는 낮은 것으로 알려져 있다(Hyun et al., 1993; Morinaga and Sykes, 2001). 감귤의 과실은 착과 형태에 따라 유엽과와 직과로 구분한다. 유엽과는 전년도 생장지에서 신초가 자라 나오면서 신초 끝과 액아 부분에 개화 후 착과하여 새로 자라난 잎과 함께 착과하는 형태의 과실을 말하고, 직과는 전년도 생장지의 액아 부분에 바로 화아가 발달하여 개화 후 착과하여 새로운 잎의 자람없이 과실만 착과하는 형태의 과실을 말한다. 그러나 최근까지도 착과 형태에 따른 과실 품질의 특성에 대해서는 연구된 바가 거의 없는 실정이다(Barry and Castle, 2004; Iqbal et al., 2004). 특히 착과 형태와 관련한 유리당 및 유기산의 조성에 관한 연구는 아직까지 보고된 바가 없다.

따라서 본 연구는 온주밀감에서 과실의 착과 형태를 유엽과와 직과로 구분하여 과실의 생장, 당도, 산도, 유리당 및 유기산 조성의 변화 특성을 구명코자 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 식물재료

제주특별자치도 농업기술원 제주시 상귀 시험포장에 재식된 극조생 온주밀감(*Citrus unshiu*) 상도조생(‘Sangdojosaeng’) 및 상야조생(‘Ueno Wase’)과, 제주시 도련동 농가 포장에 재식된 조생 온주밀감 하례조생(‘Haryejosaeng’) 및 흥진조생(‘Okitsu Wase’)의 성목 각 3주를 시험수로 이용하였다. 상도조생은 온주밀감 좌좌목의 아조변이체를 선발(Park et al., 2008)한 것이고, 하례조생은 입간조생에 하귤을 교배해 얻어진 주심배 실생을 선발(Yun et al., 2008)한 것이다. 전정, 시비 및 병해충 관리 등 재배관리는 관행에 준하여 이루어졌다.

### 과실의 물리적 특성

극조생종과 조생종의 수확기에 착과 형태에 따라 과실을 구분 수확하여 과실의 종경, 횡경, 횡경비, 과중, 과실의 크기별 분포 등 외형적 특성을 조사하였다. 과실의 종경과 횡경은 15개의 과실을, 과중은 5개의 과실을 임의로 선정하여 수확 후 측정하였다. 과실의 크기별 분포는 하례조생과 흥진조생에서 착과 형태로 나누어 수확한 과실을 감귤 크기 규격관(농협)을 이용하여 9단계(1-9번과)로 구분 조사하였다.

### 과실의 당산 특성

과실의 당도와 산도는 과실의 생육단계를 비대기(만개 후 100일), 성숙 초기(만개 후 130일), 성숙 중기(극조생 만개 후 145일, 조생 만개 후 160일) 및 적숙기(극조생 만개 후 160일, 조생 만개 후 185일)로 구분하여 임의로 5개의 과실을 수확한 후 착즙한 다음 감귤 당·산도 측정기(GMK-707R, G·won Hitech, Korea)를 이용하여 측정하였다.

과실의 유리당과 유기산 조성은 과실의 생육단계를 비대기, 성숙 초기 및 숙기로 구분하여 임의로 수확한 3개의 과실에 대해 과즙을 착즙한 후 HPLC(Waters 2695, MA, USA)를 이용하여 분석하였다. 분석 시료는 착즙한 과즙 1-2mL에 50% acetonitrile(ACN) 25mL를 가하여 30분 동안 초음파 처리한 후 5,000×g, 5분간 원심분리한 다음 상정액을 취하였고, 다시 동일 조건으로 반복하여 상정액을 모아 준비하였다. 이를 Sep-Pak C18 cartridges(Waters, MA, USA)와 0.45µm membrane filter(Woongki Sci. co. Ltd., Seoul, Korea)로 여과하여 분석시료로 이용하였다. 유리당 분석 칼럼은 Preval™ Carbohydrate ES(4.6 × 250mm, 5µm, Grace, Japan)을 사용하였고 검출기는 ELDS를 사용하였다. 이동상으로 ACN과 증류수를 혼합(7:3)하여 사용하였고 유속은 0.8mL·min<sup>-1</sup>이었다. 유기산 분석 칼럼은 Preval™ Organic acid(4.6 × 150mm, 3µm, Grace, Japan)을 사용하였고 PDA 210nm에서 검출하였다. 이동상으로 25mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>(pH 2.5)을 이용하여 유속 0.5mL·min<sup>-1</sup>으로 조절하였다.

### 잎의 광합성 및 엽록소 지수

착과한 과실에 가장 인접한 잎의 광합성과 엽록소 지수를 측정하였다. 과실의 비대기와 성숙 초기에 해당하는 만개 후 100일과 130일을 전후하여 맑은 날 오전 10-12시 사이에 광합성은 LI-6400 portable photosynthesis system(LI-COR, Ltd., USA)으로, 엽록소 지수는 SPAD-502(Minolta, Japan)을 이용하여 측정하였다.

**통계분석**

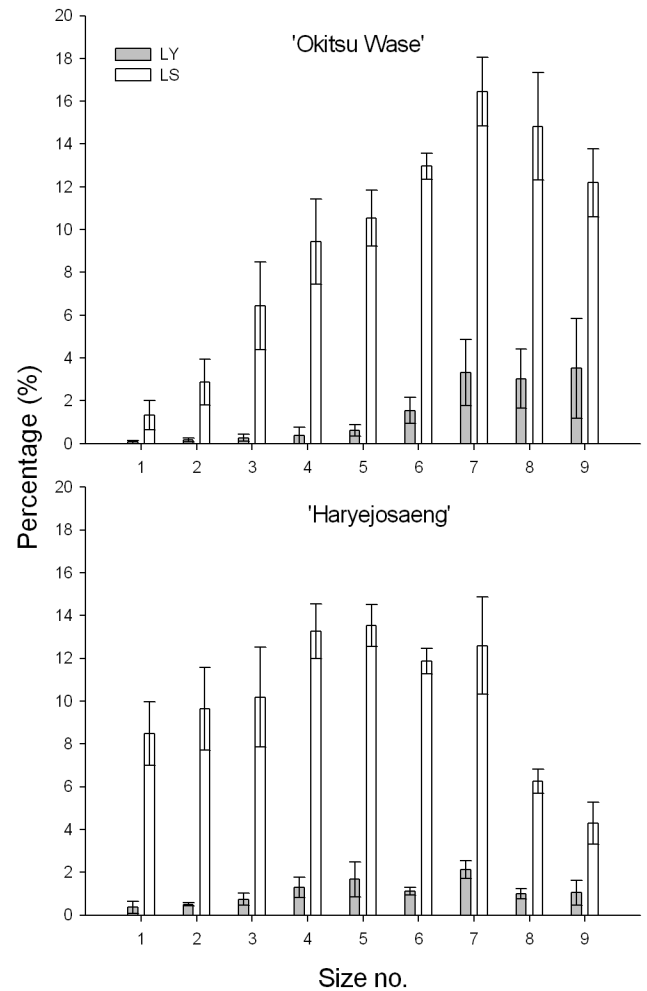
통계분석은 SigmaStat 3.5(SYSTAT Software Inc., CA, USA)를 이용하여 수행하였다.

**결과 및 고찰**

온주밀감에서 유엽과와 직과의 착과 형태에 따른 과실의 물리적 특성을 Table 1에 나타내었다. 조생종인 하례조생과 흥진조생에서 극조생종인 상도조생과 상야조생보다 과실의 크기가 커지는 경향을 보였으나, 모든 품종에서 유엽과와 직과 간에 과실의 종경, 횡경, 과형지수(종경/횡경), 과중에서의 차이는 나타나지 않았다. Iqbal et al.(2004)에 의하면 미장은주에서 유엽과가 직과보다 종경, 횡경 및 과중이 크다고 하였는데, 본 연구결과와는 차이가 있었다. 그러나 발렌시아 오렌지의 경우 유엽과와 직과에서의 과실 횡경은 해에 따라 정반대의 경향을 보였으나 유의차는 없었으며(Barry and Castle, 2004), 본 연구결과와 유사하였다. 그러므로 유엽과와 직과 간 과실 크기의 차이는 품종, 대목, 재배환경 등에 따라 다르게 나타날 수 있으나, 그 차이는 크지 않을 것으로 생각되었다.

하례조생과 흥진조생에서 착과 형태에 따라 착과 비율을 조사하였는데, 유엽과의 비율이 10% 내외로 품종 간 차이는 없었다(Table 1). 이를 다시 착과 형태에 따라 과실 크기별 분포를 조사하였으나 유엽과와 직과에 따라 과실크기 분포에 차이를 보이지 않았다(Fig. 1). 다만, 품종에 따라 하례조생은 중소과의 비율이 높고, 흥진조생은 반대의 경향을 나타내었다. 아직까지 착과 형태에 따른 과실 크기의 분포를 비교한 연구가 보고된 바 없다. 그러나 온주밀감에서 과실의 당도는 크기에 따라 달라지는데(Hirano, 1979; Koh et al., 2002), 착과 형태에 따른 과실 크기와 크기별 분포가 다르지

않기 때문에 착과 형태에 따른 과실의 당산도의 특성은 수용부위 활성을 나타내는 것으로 생각될 수 있을 것이다.



**Fig. 1.** Effect of LY and LS fruit bearing type on fruit size distribution in 'Haryejosaeng' and 'Okitsu Wase' mandarin cultivars. Fruit size was classified into nine grades based on commercial standard. Vertical bars represent mean  $\pm$  SE (n = 3).

**Table 1.** Effect of leafy (LY) and leafless (LS) fruit bearing type on fruit length (L), diameter (D), shape index (L/D), weight, and bearing ratio at ripening time in some satsuma mandarin cultivars.

| Cultivar      | Fruit bearing type | Length (mm)    | Diameter (mm)  | L/D             | Weight (g)      | Bearing ratio  |
|---------------|--------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Sangdojosaeng | LY                 | 40.6 $\pm$ 3.5 | 54.9 $\pm$ 3.7 | 0.72 $\pm$ 0.02 | 89.3 $\pm$ 5.0  | - <sup>2</sup> |
|               | LS                 | 40.6 $\pm$ 3.6 | 52.4 $\pm$ 3.0 | 0.76 $\pm$ 0.03 | 87.0 $\pm$ 3.6  | -              |
| Ueno Wase     | LY                 | 46.9 $\pm$ 1.2 | 57.8 $\pm$ 1.3 | 0.81 $\pm$ 0.01 | 80.5 $\pm$ 5.1  | -              |
|               | LS                 | 45.0 $\pm$ 1.4 | 55.8 $\pm$ 1.8 | 0.81 $\pm$ 0.01 | 63.1 $\pm$ 5.6  | -              |
| Haryejosaeng  | LY                 | 51.2 $\pm$ 1.4 | 62.1 $\pm$ 1.8 | 0.83 $\pm$ 0.01 | 112.3 $\pm$ 2.3 | 9.9 $\pm$ 2.6  |
|               | LS                 | 52.3 $\pm$ 1.3 | 62.3 $\pm$ 1.1 | 0.84 $\pm$ 0.01 | 122.2 $\pm$ 3.9 | 90.1 $\pm$ 2.1 |
| Okitsu Wase   | LY                 | 52.5 $\pm$ 1.1 | 67.0 $\pm$ 1.1 | 0.79 $\pm$ 0.02 | 112.4 $\pm$ 9.5 | 12.9 $\pm$ 6.5 |
|               | LS                 | 50.7 $\pm$ 1.2 | 62.0 $\pm$ 1.8 | 0.82 $\pm$ 0.01 | 102.9 $\pm$ 8.6 | 87.1 $\pm$ 6.5 |

All values represent mean  $\pm$  SE (n = 15 for fruit length, diameter, L/D, and weight and n = 3 for size distribution).

<sup>2</sup>Represents no counting.

유엽과와 직과에서의 과실 당도, 산도, 당산비의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 과실 비대기에 해당하는 만개 후 100일부터 극조생 및 조생의 적숙기에 해당하는 만개후 160일 및 185일까지 당도는 지속적으로 증가하였고, 산도는 지속적으로 감소하였으며, 이에 따라 당산비는 지속적으로 증가하였다. 이들 과실 발육단계에 따른 변화 양상은 기존의 연구 보고(Moon and Mizutani, 2002; Sadka et al., 2000)와

매우 유사하였다. 그러나 유엽과와 직과에 따른 차이는 나타나지 않았다. Iqbal et al.(2004)은 미장온주에서 유엽과보다 직과에서 당도가 높은 경향이었으나 해에 따라서는 차이가 적어 유의차가 나타나지 않을 수도 있다고 하였다. 산도는 해에 따라 착과 형태에 따른 차이가 일정치 않았으며, 당산비는 직과에서 다소 높은 경향이었으나 유의차는 없었다. 한편 Barry and Castle(2004)은 발렌시아 오렌지에서 착과

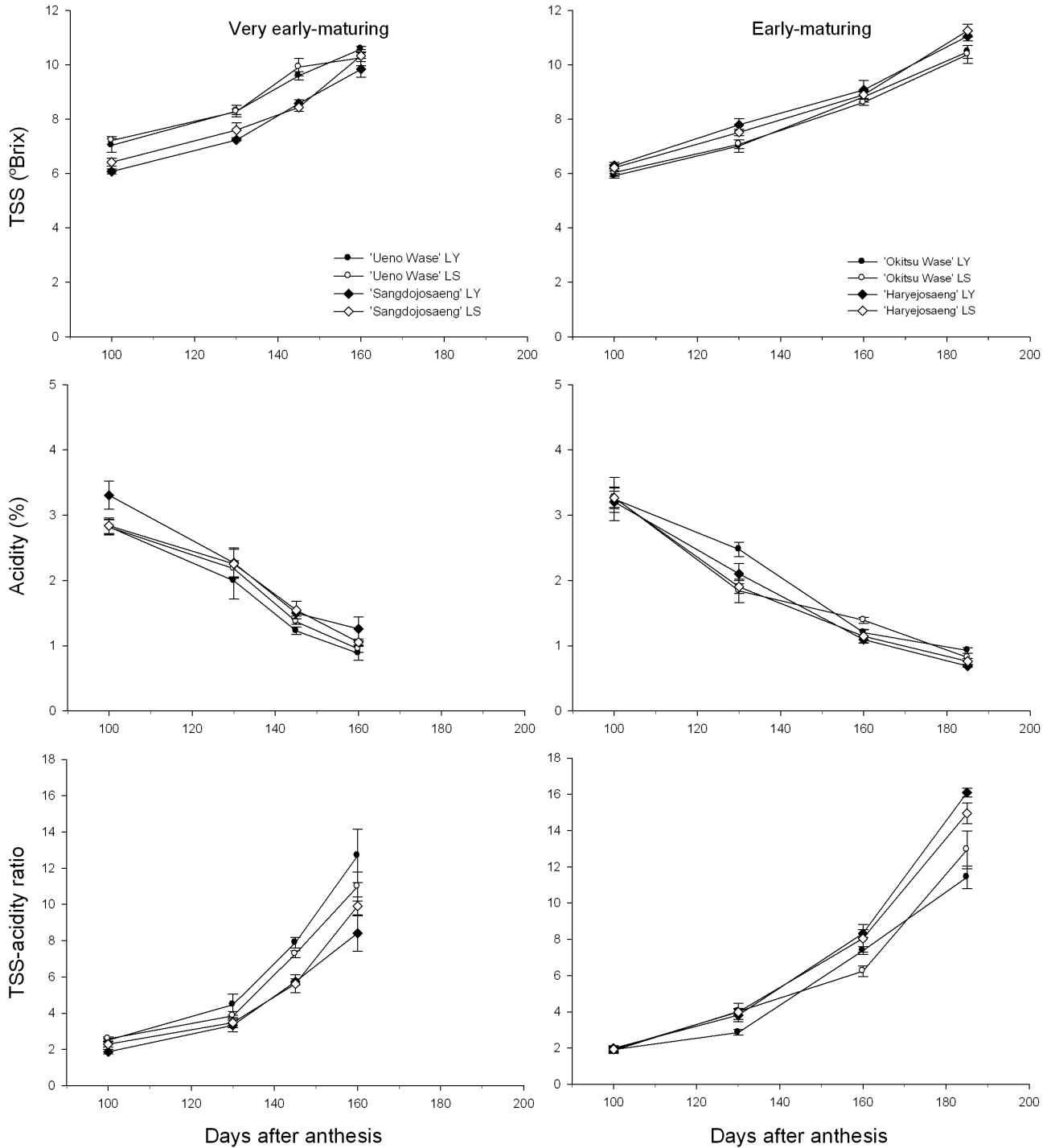


Fig. 2. Changes of total soluble solid (TSS), acidity, and TSS:acidity in juice extracted from LY and LS fruits of some mandarin cultivars with different development stages. Vertical bars represent mean  $\pm$  SE (n = 5).

형태에 따른 당도의 차이는 해에 따라 반대 경향을 나타내었고, 산도는 직과에서 다소 높은 경향이었으나 유의차는 없었다고 하였다. 그러므로 이전 보고와 다소 차이를 보이는 본 연구결과가 품종의 차이인지, 아니면 재배환경에 기인한 것인지에 대해서는 추가적으로 다년간의 반응을 추적

분석해야 할 것으로 생각되었다.

유엽과와 직과의 과실에서 유리당과 유기산의 조성을 HPLC로 분석하였다(Tables 2 and 3). 과실의 성숙과 더불어 과당, 포도당 및 자당의 농도 모두 증가하여 총 유리당 농도는 점차 증가하였다. 극조생인 상도조생과 상야조생의 경우는 적

**Table 2.** Effect of LY and LS fruit bearing type on the soluble sugar concentration ( $\text{g} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ ) of fruit juice in some satsuma mandarin cultivars.

| Cultivar      | Days after anthesis | Fruit bearing type | Fructose | Glucose | Sucrose | Total |
|---------------|---------------------|--------------------|----------|---------|---------|-------|
| Snagdojosaeng | 100                 | LY                 | 1.1      | 1.1     | 1.7     | 3.8   |
|               |                     | LS                 | 0.9      | 1.0     | 1.4     | 3.2   |
|               |                     |                    | ns       | ns      | *       | *     |
|               | 130                 | LY                 | 1.1      | 1.1     | 2.2     | 4.5   |
|               |                     | LS                 | 1.2      | 1.2     | 2.5     | 4.8   |
|               |                     |                    | ns       | ns      | ns      | ns    |
|               | 160                 | LY                 | 1.4      | 1.3     | 4.7     | 7.3   |
|               |                     | LS                 | 1.3      | 1.2     | 4.3     | 6.9   |
|               |                     |                    | ns       | ns      | ns      | ns    |
| Ueno Wase     | 100                 | LY                 | 1.1      | 1.1     | 1.7     | 3.9   |
|               |                     | LS                 | 1.2      | 1.2     | 1.8     | 4.1   |
|               |                     |                    | ns       | ns      | ns      | ns    |
|               | 130                 | LY                 | 1.3      | 1.3     | 2.9     | 5.5   |
|               |                     | LS                 | 1.3      | 1.3     | 2.7     | 5.3   |
|               |                     |                    | ns       | ns      | ns      | ns    |
|               | 160                 | LY                 | 1.8      | 1.6     | 4.8     | 8.2   |
|               |                     | LS                 | 1.6      | 1.4     | 4.3     | 7.3   |
|               |                     |                    | *        | *       | ns      | ns    |
| Haryejosaeng  | 100                 | LY                 | 1.0      | 1.0     | 1.7     | 3.6   |
|               |                     | LS                 | 0.9      | 1.0     | 1.4     | 3.3   |
|               |                     |                    | ns       | ns      | ns      | ns    |
|               | 130                 | LY                 | 1.2      | 1.2     | 2.8     | 5.2   |
|               |                     | LS                 | 1.2      | 1.2     | 2.6     | 5.0   |
|               |                     |                    | ns       | ns      | ns      | ns    |
|               | 185                 | LY                 | 1.4      | 1.2     | 6.3     | 9.0   |
|               |                     | LS                 | 1.5      | 1.3     | 5.7     | 8.4   |
|               |                     |                    | ns       | ns      | ns      | ns    |
| Okitsu Wase   | 100                 | LY                 | 0.8      | 0.9     | 1.3     | 2.9   |
|               |                     | LS                 | 0.8      | 0.9     | 1.1     | 2.8   |
|               |                     |                    | ns       | ns      | ns      | ns    |
|               | 130                 | LY                 | 1.2      | 1.2     | 2.4     | 4.8   |
|               |                     | LS                 | 1.1      | 1.1     | 2.1     | 4.2   |
|               |                     |                    | ns       | ns      | ns      | ns    |
|               | 185                 | LY                 | 1.4      | 1.2     | 5.8     | 8.4   |
|               |                     | LS                 | 1.6      | 1.3     | 5.3     | 8.2   |
|               |                     |                    | ns       | ns      | ns      | ns    |

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

숙기에 해당하는 만개 후 160일에 직과보다 유엽과에서 과당과 포도당의 농도가 높았으며, 조생인 하례조생과 흥진조생의 경우에는 전 생육기간 동안 직과보다 유엽과에서 자당의 농도가 높은 경향이었으나, 과실의 당도와는 일치하지 않았다(Table 2 and Fig. 2). 그러나 착과 형태에 따른 유리

당의 농도에 있어서 통계적인 유의차는 없었다. 삼보조생, 흥진조생 및 궁천조생에서 성숙기 과즙의 유리당 농도는 자당 6% 내외, 과당 및 포도당 1.5-2% 내외로 보고된 바 본 연구결과와 매우 유사하였다(Kubo and Hiratsuka, 1998; Mukai et al., 2000; Richardson et al., 1997).

**Table 3.** Effect of LY and LS fruit bearing type on the organic acid concentration (mg·100 mL<sup>-1</sup>) of fruit juice in some satsuma mandarin cultivars.

| Cultivar      | Days after anthesis | Fruit bearing type | Oxalic acid | Tartaric acid | Malic acid | Citric acid | Total  |
|---------------|---------------------|--------------------|-------------|---------------|------------|-------------|--------|
| Sangdojosaeng | 100                 | LY                 | 38.6        | 33.3          | 385.3      | 1769.4      | 2226.6 |
|               |                     | LS                 | 22.2        | 12.2          | 352.1      | 1994.5      | 2381.0 |
|               |                     |                    | *           | *             | ns         | ns          | ns     |
|               | 130                 | LY                 | 46.1        | 13.6          | 659.1      | 1232.7      | 1951.4 |
|               |                     | LS                 | 44.2        | 16.9          | 672.4      | 1204.6      | 1938.0 |
|               |                     |                    | ns          | ns            | ns         | ns          | ns     |
| 160           | LY                  | 35.0               | 37.2        | 665.8         | 508.4      | 1246.4      |        |
|               | LS                  | 80.3               | 33.3        | 509.2         | 647.1      | 1269.8      |        |
|               |                     | *                  | ns          | ns            | ns         | ns          |        |
| Ueno Wase     | 100                 | LY                 | 30.8        | 25.6          | 301.6      | 2002.5      | 2360.5 |
|               |                     | LS                 | 53.4        | 23.0          | 402.0      | 1910.3      | 2388.7 |
|               |                     |                    | ns          | ns            | ns         | ns          | ns     |
|               | 130                 | LY                 | 32.1        | 9.9           | 467.7      | 1165.1      | 1674.8 |
|               |                     | LS                 | 41.0        | 2.5           | 558.5      | 851.4       | 1453.4 |
|               |                     |                    | ns          | ns            | *          | ns          | ns     |
| 160           | LY                  | 61.9               | 33.0        | 472.3         | 631.3      | 1198.6      |        |
|               | LS                  | 108.4              | 2.3         | 425.7         | 572.9      | 1109.3      |        |
|               |                     | ns                 | *           | ns            | ns         | ns          |        |
| Haryejosaeng  | 100                 | LY                 | 18.2        | 42.1          | 414.7      | 2110.2      | 2582.2 |
|               |                     | LS                 | 11.3        | 20.8          | 352.7      | 1997.6      | 2382.3 |
|               |                     |                    | ns          | *             | ns         | ns          | ns     |
|               | 130                 | LY                 | 55.8        | 8.0           | 526.1      | 1051.0      | 1640.9 |
|               |                     | LS                 | 32.8        | 37.7          | 488.5      | 1403.8      | 1962.8 |
|               |                     |                    | ns          | ns            | ns         | *           | ns     |
| 185           | LY                  | 11.5               | 62.7        | 253.5         | 549.3      | 877.0       |        |
|               | LS                  | 5.7                | 68.9        | 214.5         | 355.5      | 644.6       |        |
|               |                     | ns                 | ns          | ns            | ns         | ns          |        |
| Okitsu Wase   | 100                 | LY                 | 2.4         | 7.9           | 549.7      | 2244.4      | 2804.5 |
|               |                     | LS                 | 15.7        | 29.0          | 752.8      | 2403.0      | 3200.6 |
|               |                     |                    | ns          | ns            | ns         | ns          | ns     |
|               | 130                 | LY                 | 30.9        | 14.4          | 511.9      | 1042.9      | 1599.7 |
|               |                     | LS                 | 28.7        | 9.1           | 552.7      | 1254.2      | 1844.8 |
|               |                     |                    | ns          | ns            | ns         | ns          | ns     |
| 185           | LY                  | 20.0               | 73.2        | 416.6         | 662.6      | 1172.5      |        |
|               | LS                  | 5.3                | 25.5        | 587.6         | 747.0      | 1365.3      |        |
|               |                     | ns                 | ns          | *             | ns         | ns          |        |

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

**Table 4.** Photosynthesis rate and SPAD value at leaves adjacent to LY and LS fruit in some satsuma mandarin cultivars.

| Cultivar     | Days after anthesis | Fruit bearing type | Photosynthesis rate<br>( $\mu\text{mole CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) | SPAD value |
|--------------|---------------------|--------------------|--|------------|
| Sandojosaeng | 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 |
| 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 |
| 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 |
| 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 |

All values represent mean ± SE (n = 3).

과실의 유기산은 구연산과 사과산이 주성분을 구성하고 있었고, 과실의 성숙과 더불어 구연산의 급격한 감소로 총 유기산의 농도는 지속적으로 감소하는 것으로 나타났다. 수확기 과실의 유기산 농도는 기존 보고(Kubo and Hiratsuka, 1998; Richardson et al., 1997)와 매우 유사하게 나타났다. 그러나 유엽과와 직과 간 유기산 농도에 있어서의 경향은 산도의 경우와 같이 일정치 않았다(Table 3 and Fig. 2).

유엽과와 직과에 가장 인접한 잎의 광합성율과 SPAD 값에 의한 엽록소 지수를 Table 4에 나타내었다. 광합성율은 과실 비대기에 해당하는 만개 후 100일보다 성숙 초기에 해당하는 만개 후 130일에 증가하였다. 그러나 유엽과와 직과 간 뚜렷한 차이는 없었다. 과실 발육기와 착과 형태에 따른 엽록소 지수도 차이는 없었다. Morinaga and Sykes(2001)에 의하면 실비현 온주밀감의 광합성율은  $10\mu\text{mole CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  내외로 알려져 있는 바, 본 연구결과와 유사하였다. 유엽과에 가장 인접한 잎은 직과에 가장 인접한 잎보다 어린 상태이다. Iglesias et al.(2002)은 감귤의 잎은 오래될수록 광합성율이 감소한다고 하였는데, 본 연구결과와는 달랐다. Syvertsen et al.(2003)은 착과한 가지의 잎이 무착과 가지에서보다 광합성율이 증가한다고 하였는데, 본 연구결과에서 과실 비대기보다 성숙 초기에 광합성율이 증가한 것과 관계되는 것으로 과실의 급격한 당의 증가와 더불어 광합성 산물을 공급과 연관이 있을 것으로 생각되었다. 과실에 가장 인접한 잎의

광합성 산물은 대부분 과실로 전류되며, 세포내 가용성으로 존재하기 보다는 세포벽에 많이 이용되는 경향(Koch, 1984)이 알려져 있어 유엽과의 초기 비대가 수확기 과실의 크기와 당도와 관계될 수 있을 것으로 생각할 수 있으나, 본 연구 결과에서는 유엽과와 직과의 과실 크기, 당산도, 가장 인접한 잎의 광합성 특성에 차이가 없었다.

## 초 록

본 연구는 온주밀감에서 유엽과와 직과의 착과 형태에 따른 과실의 생장과 당산 특성을 구명코자 수행하였다. 과실의 중경, 횡경, 과형지수(횡경/중경), 과중 및 크기 분포를 포함하는 수확기 과실의 생장에 있어서 유엽과와 직과에 따른 차이는 없었다. 만개 후 100일부터 수확기까지 과실 발육과 더불어 지속적으로 과즙의 총가용성고형물의 농도는 증가하고 산도는 감소하여 당산비는 증가하였다. 유리당은 지속적으로 증가한 반면 유기산은 감소하였다. 이들 경향은 각각 자당의 증가와 구연산의 감소와 관계되었다. 그러나 착과 형태가 과즙의 총가용성고형물, 산도, 당산비, 유리당 및 유기산 구성에 미치는 영향은 나타나지 않았다. 또한 유엽과와 직과에 가장 인접한 잎에서의 광합성율과 SPAD 값에 의한 엽록소 지수 간에도 차이가 없었다. 본 연구결과는 온주밀감에서 유엽과와 직과의 착과 형태에 따른 과실의 생

장과 당산 특성에 차이가 없음을 나타내었다.

**추가 주요어 :** 착과 형태, 과실 크기, 유기산, 광합성, 유리당

## 인용문헌

- 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 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. of Florida, Gainesville, FL.
- Davies, F.S. and L.G. Albrigo. 1994. *Citrus*. CAN International, Wallingford.
- 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 fruit 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 (JSSPARES). 2010. *Statistics of Agriculture in Jeju Special Self-Governing Province*. <http://www.agri.jeju.kr/mainfo/stats/mainCrop.html>.
- Koch, K.E. 1984. The path of photosynthate translocation into citrus fruit. *Plant Cell Environ.* 7:647-653.
- 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.* 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*. MFAFF, Gwacheon, Korea p. 118-119.
- Moon, D.G. and F. Mizutani. 2002. 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. Nishikawa, 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.C., Y.H. Kim, C.S. Jwa, J.H. Kang, S. Ko, and S.H. Kang. 2008. New satsuma mandarin cultivar 'Sangdojosaeng'. *Proc. 1<sup>st</sup> Asian Hort. Cong.* 1:107.
- Richardson, A.C., K.B. Marsh, and E.A. Macrae. 1997. Temperature effects on satsuma mandarin fruit development. *J. Hort. Sci.* 77:919-929.
- Reuther, W., H.J. Webber, and L.D. Batchelor. 1967. *The citrus industry*. Vol. I. Univ. of California, Oakland, CA.
- 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. Hort. 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.