

博士學位論文

氣象要因이 濟州地方 溫州蜜柑의 開花·結實
및 果實品質에 미치는 影響



濟州大學校 大學院

園藝學科

金 昌 明

2002年 8月

氣象要因이 濟州地方 溫州蜜柑의 開花・結實 및 果實品質에 미치는 影響

指導教授 文斗吉

金昌明

이 論文을 農學 博士學位 論文으로 提出함.



金昌明의 農學 博士學位 論文을 認准함.

審査委員長 _____

委 員 _____

委 員 _____

委 員 _____

委 員 _____

濟州大學校 大學院

2002年 6月

Effects of Climatic Parameters on Flowering,
Fruiting and Fruit Quality of Satsuma Mandarin(*Citrus
unshiu* Marc.) in Jeju Island

Chang-Myung Kim
(Supervised by Professor Doo-Khil Moon)



A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the
degree of Doctor of Agriculture

2002. 6.

Department of Horticulture
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

目 次

目次	i
SUMMARY	v
List of Tables	x
List of Figures	xiv
I. 序論	1
II. 研究史	4
1. 發芽 및 開花期	4
1.1. 發芽期の 早晚과 豫測	4
1.2. 開花期에 影響을 미치는 要因과 開花期 豫測	5
1.2.1. 開花期의 早晚에 影響을 미치는 要因	5
1.2.2. 開花期 豫測	6
2. 着花量과 着果率	7
2.1. 着花量에 關여하는 要因	7
2.2. 着果率에 影響을 미치는 要因	8
3. 果實生長	9
3.1. 果實의 生長過程	9
3.2. 果實生長에 關여하는 要因	10
4. 果皮의 着色에 關여하는 要因	11
5. 糖 및 酸 含量	13
5.1. 糖 및 酸 含量 變化	13
5.2. 果實의 糖 및 酸含量에 影響을 미치는 要因	14

III. 材料 및 方法	18
1. 地域別 圃場選定 및 氣象調査	18
1.1. 調査圃場 選定	18
1.2. 氣象調査	19
2. 生育調査 및 分析方法	20
2.1. 生育調査 樹의 選定과 管理	20
2.2. 發芽期 및 開花期 調査	20
2.3. 着花(果)量 및 着果率 調査	20
2.4. 果實橫徑 및 1日 肥大量	21
2.5. 果重, 果肉率, 果形指數, 果皮두께	21
2.6. 着色度 調査	21
2.7. 糖 및 酸 含量 조사	22
3. 統計分析	23
3.1. 發芽 및 開花期 관련 要因分析	23
3.2. 着花(果) 및 着果率 相关 要因分析	24
3.3. 果實生長 相关 要因分析	24
3.4. 着色 相关 要因分析	25
3.5. 果汁成分 相关 要因分析	25
IV. 結果 및 考察	26
1. 調査地域의 氣象特性	26
2. 發芽期와 滿開期	28
2.1. 地域別 年度別 發芽期	28
2.2. 發芽期 相关 要因分析 結果	30
2.3. 地域別 年度別 滿開期	33
2.4. 滿開期 相关 要因分析 結果	34

3. 着花量(花葉比)과 着果率	38
3.1. 地域別 年度別 花葉比	38
3.2. 花葉比 관련 要因分析 結果	39
3.3. 地域別 年度別 着果量 및 着果率	41
3.4. 着果率 관련 要因分析 結果	43
4. 果實生長	45
4.1. 果徑增加	45
4.1.1. 橫徑增加 曲線	45
4.1.2. 橫徑 1日 增加量의 變化	46
4.1.3. 橫徑 1日 增加量과 관련된 氣象要因	48
4.1.4. 果徑의 증가와 果形指數의 變化	49
4.2. 果皮두께의 變化	51
4.3. 果重의 增加와 果肉率의 變化	52
4.4. 收穫期 果實의 지름과 무게	53
4.4.1. 橫徑	53
4.4.2. 縱徑	56
4.4.3. 果重	60
4.4.4. 果皮 두께	62
5. 果皮의 着色	65
5.1. 果皮 着色度	65
5.2. 果皮 着色 관련 要因分析 結果	66
6. 果汁成分	68
6.1. 糖含量의 增加	68
6.2. 酸含量의 減少	73

6.3. 收穫期 果汁成分 및 그와 관련된 氣象要因	76
6.3.1. 糖度	76
6.3.2. 酸含量	79
6.3.3. 糖酸比	83
V. 摘要	85
VI. 引用文獻	89
Appendix	106
감사의 글	115



Summary

In order to evaluate the climatic effects on citrus production, dates of sprouting and flowering, fruit growth, peel colouring, and fruit characters with meteorological parameters were observed for five or eight years at 14 orchards with 15-year old or older 'Okitsu Wase' satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc. cv. Okitsu Wase) located on the different parts of Jeju island. The results obtained are summarized as follows:

1. The range of annual mean air temperature was 12.8~16.8°C, with the maximum difference of 3.2°C among years in the same orchard. Orchards with annual mean air temperature above 15°C were located only on the region lower than 100m above sea level in the southern part. Annual precipitation was recorded between 1,000~3,000mm, and 1,400~2,000 hours of sunshine.

2. The average date of sprouting was April 11 with range of March 27~April 28, and with larger variation among years than among orchards. Among 10-day, 20-day or 30-day mean air temperatures, monthly precipitation, and monthly hours of sunshine during Jan through March, 10-day mean air temperature in late Feb was most highly correlated with the date of sprouting, while air temperature in January was uncorrelated. The regression equation of the date of sprouting (Y) on 10-day mean air temperature in late Feb (X) was $Y=24.0-2.265X$ ($R^2=0.666$). Multiple regression equation containing hours of sunshine in March (X_2) and Jan (X_3) in addition to 10-day mean air temperature in late Feb (X_1) was $Y=32.9-2.055X_1-0.085X_2+0.031X_3$ ($R^2=0.739$), from which 9 of 61 estimations appeared to have the difference of more than 5 days.

3. The average date of full bloom was May 16 with range of May 3~May 27, and with larger variation among years than among orchards. Among 10-day, 20-day or 30-day mean air temperatures, monthly precipitation, and monthly hours of sunshine during Jan through April, monthly mean air temperature in April showed the highest correlation with the date of full bloom. And more precipitation in spring, more hours of sunshine in March, and less hours of sunshine in Feb and April advanced the date of full bloom. The regression equation of the date of full bloom (Y: date of May) on monthly mean air temperature in April (X) was $Y=55.0-3.042X$ ($R^2=0.757$). The date of full bloom could be estimated with the difference of less than 4 days, by use of the multiple regression equation of $Y=23.2+0.477X_1-1.731X_2-0.021X_3+0.087X_4$ ($R^2=0.9234$), where Y: the date of full bloom or the date of May, X_1 : the date of sprouting (date of April), X_2 : monthly mean air temperature in April, X_3 : monthly precipitation in April, and X_4 : monthly hours of sunshine in March.

4. The average number of flowers per old leaf was 0.9 with range of 0.1~2.1, and with larger variation among years than among orchards. Biennial fluctuation in the number of flowers was reflected by the alternate bearing. More hours of sunshine in Nov, more precipitation in Oct, Nov and Jan through March, and heavier crop load in the previous year seemed to result in less number of flowers, but R^2 of the multiple regression containing all of the above factors as predictors was less than 0.37.

5. The average percent fruit setting was 16.6% with range of 3.8~48.6%, and with larger variation among orchards than among years. The percent fruit setting was negatively correlated with the logarithm of the number of flowers per old leaf, and hours of sunshine in May and June, while positively with air temperature in mid July.

6. The transversal diameter of fruit on July 16 increased with earlier flowering, higher cumulative temperature and more hours of sunshine from full bloom, and fewer leaves per fruit. During the period between July 16 and Aug 6, daily increase in transversal diameter of ca 0.5mm was negatively correlated with the cumulative temperature. Daily increase in transversal diameter steadily reduced to less than 0.3mm during the period between Aug 6 and Sept 17, and the amount of increase was positively correlated with the date of flowering, number of leaves per fruit, and precipitation, while negatively with the transversal diameter on July 16. Daily increase in transversal diameter rose slightly during late Sept, and then steadily reduced to less than 0.1mm at harvest. Increase in transversal diameter during fruit maturation was positively correlated with cumulative temperature, precipitation, date of flowering and number of leaves per fruit, while negatively with hours of sunshine.

7. The transversal diameter of fruit at harvest with mean of 65mm, was positively correlated with the number of leaves per fruit, cumulative temperature from July, and precipitation in June and from Sept, while negatively correlated with hours of sunshine in May, June

and from Oct. The average longitudinal diameter of fruit at harvest was 51mm, positively correlated with precipitation in June and Sept, while negatively with hours of sunshine in June. Mean of shape index expressed by the transversal diameter divided by the longitudinal was 127% with range of 115~135%.

8. The fruit weight with mean of 108.3g and range of 65.2~152.5g was positively correlated with cumulative temperature in July, and precipitation in June and Sept, while negatively with hours of sunshine in May, June and Oct.

9. The peel thickness with mean of 2.4mm and range of 1.8~2.9mm was positively correlated with cumulative temperature in May and July, hours of sunshine in July and Sept, and precipitation in Oct, while negatively with precipitation in May through July, and hours of sunshine in May and Aug.

10. Peel colouration progressed rapidly after Oct 15, and was accelerated by low air temperature and prolonged sunshine. The regression equation of hunter a-value of peel colour at harvest (Y) on mean air temperature in Sept (X) was $Y = -275.62 + 21.48X - 0.016X^3$ ($R^2 = 0.5543$).

11. Juice Brix increased rapidly for two months from early Sept and then slowly down. More increase in juice Brix from early Sept resulted from lower air temperature, less precipitation and more hours of

sunshine. The increase of total sugar content in juice showed the similar pattern to that of Brix. While similar increase was observed both in reducing and non-reducing sugars until the beginning of Oct with higher ratio of reducing sugar, after that rapid increase in non-reducing sugar was noted without increase in reducing sugar, resulted in higher ratio of non-reducing sugar.

12. The average juice Brix at harvest was 10.2°Bx with range of 8.6~12.8°Bx, and with larger variation among years than among orchards. Juice Brix was negatively correlated with precipitation from May through harvest especially in July and Sept, while positively with cumulative temperature in May and June, and hours of sunshine in Sept and Oct. The most critical factor affecting juice Brix was suggested to be soil moisture content.

13. The content of titratable acid in juice decreased rapidly until Oct 15, and then slowly down, especially with a dramatic decrease of citric acid.

14. The average acid content in juice at harvest was 1.2% with range of 0.8~1.6%, and with similar variation among years and among orchards. Juice acid content was positively correlated with precipitation in May and July, and hours of sunshine in June, Aug and Oct, while negatively with cumulative temperature from May through harvest except in July and Aug, precipitation in June and from Sept. Later flowering and larger number of leaves per fruit resulted in higher acid content.

List of Tables

Table 1.	Bio-LC conditons for analysis of free sugars.	22
Table 2.	Bio-LC conditions for analysis of organic acid.	23
Table 3.	Annual mean air temperature($^{\circ}\text{C}$) recorded at different locations in Jeju island.	26
Table 4.	Annual precipitation and sunshine recorded at different locations in Jeju island.	27
Table 5.	Date of sprouting in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.	29
Table 6.	Correlation coefficients between the date of sprouting and 10-day or monthly weather conditions in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.	30
Table 7.	Cumulative effective temperature (heat unit) calculated above various minimum temperatures for the sprouting of 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.	32
Table 8.	Date of full bloom in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.	34
Table 9.	Correlation coefficients between the date of full bloom and 10-day or monthly weather conditions, date of sprouting or number of leaves per fruit in the previous year in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin.	35
Table 10.	Number of flowers per old leaf in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.	38
Table 11.	Correlation coefficients between the number of flowers per old leaf and monthly weather conditions, or the number of leaves per fruit in the previous year in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.	40

Table 12.	Number of leaves per fruit in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.	41
Table 13.	Percent fruit setting in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.	42
Table 14.	Correlation coefficients between the percent fruit setting and 10-day or monthly weather conditions, or logarithm of the number of flowers per old leaf in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.	43
Table 15.	Correlation coefficients between the increase in the transversal diameter of fruit and various variables during the different periods of fruit growth in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.	48
Table 16.	Transversal diameter(mm) of fruit in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.	53
Table 17.	Correlation coefficients between the transversal diameter of fruit at harvest and monthly weather conditions, the number of leaves per fruit or date of full bloom in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.	55
Table 18.	Longitudinal diameter(mm) of fruit in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.	56
Table 19.	Correlation coefficients between the longitudinal diameter of fruit at harvest and monthly weather conditions, the number of leaves per fruit or date of full bloom in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.	57
Table 20.	Shape index(%) of fruit in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.	59
Table 21.	Fruit weight(g) in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.	60

Table 22.	Correlation coefficients between the fruit weight at harvest and monthly weather conditions, the number of leaves per fruit or date of full bloom in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.	61
Table 23.	Fruit peel thickness(mm) in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.	63
Table 24.	Correlation coefficients between the fruit peel thickness at harvest and monthly weather conditions, the number of leaves per fruit or date of full bloom in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.	64
Table 25.	Changes in a* value of peel surface at fruit equatorial area during maturation in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.	65
Table 26.	Correlation coefficients between the a* value of peel surface at fruit equatorial area on Nov. 12 and various climatic parameters or other variables in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.	66
Table 27.	Correlation coefficients between fruit juice Brix at the beginning of Sept and monthly weather conditions, the number of leaves per fruit or date of full bloom in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.	71
Table 28.	Correlation coefficients between the increase in fruit juice Brix during the period from the beginning of Sept to harvest (Nov.12) and monthly weather conditions, the number of leaves per fruit or date of full bloom in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.	72
Table 29.	Correlation coefficients between the content of titratable acid as citric in fruit juice at the beginning of Sept and monthly weather conditions, the number of leaves per fruit or date of full bloom in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.	74

Table 30.	Correlation coefficients between the decrease in the content of titratable acid as citric in fruit juice during the period from the beginning of Sept to harvest(Nov. 12) and monthly weather conditions, the number of leaves per fruit, date of full bloom or acid content at the beginning in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.	75
Table 31.	Fruit juice Brix($^{\circ}$ Bx) in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.	77
Table 32.	Correlation coefficients between fruit juice Brix at harvest and monthly weather conditions, the number of leaves per fruit or date of full bloom in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.	78
Table 33.	Content of titratable acid as citric(%) in fruit juice of 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.	80
Table 34.	Correlation coefficients between the content of titratable acid as citric in fruit juice at harvest and monthly weather conditions, the number of leaves per fruit or date of full bloom in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.	81
Table 35.	Brix-acid ratio of fruit juice in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.	83

List of Figures

Fig. 1. Locations of observation in Jeju island. The prefix to the name of location indicates the region of the island (N: northern, S: southern, E: eastern, W: western), and figures in parenthesis indicate altitude(m)—distance from the seashore(km).	18
Fig. 2. Relationship between the date observed and the date estimated from the multiple regression equation for sprouting of 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.	31
Fig. 3. Relationship between the date observed and the date estimated from the simple regression equation for full-bloom of 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.	36
Fig. 4. Relationship between the date observed and the date estimated from the multiple regression equation for full-bloom of 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.	37
Fig. 5. Relationship between the percent fruit set observed and that estimated from the multiple regression equation in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.	45
Fig. 6. Changes in transversal diameter of fruit in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island. Mean of 4,200 fruits measured at 14 locations in three years of '96 through '98.	46
Fig. 7. Changes in daily increase in transversal diameter of fruit in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island. Mean of 4,200 fruits measured at 14 locations in three years of '96 through '98.	47
Fig. 8. Increase in fruit diameters in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island. Every point indicates mean of measurements for 3,950 fruits collected from 14 locations for 5 or 8 years ('94 through '01).	50

Fig. 9.	Changes in peel thickness in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island. Every point indicates mean of measurements for 3,950 fruits collected from 14 locations for 5 or 8 years ('94 through '01).	51
Fig. 10.	Increase in weight of fruit and pulp, and pulp ratio in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island. Every point indicates mean of measurements for 3,950 fruits collected from 14 locations for 5 or 8 years('94 through '01).	52
Fig. 11.	Regression of peel colour(a*value at equatorial area) at harvest on mean air temperature of Sept. in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.	67
Fig. 12.	Changes in juice Brix and titratable acid content as citric in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island. Every point indicates mean of measurements for 3,950 fruits collected from 14 locations for 5 or 8 years ('94 through '01).	69
Fig. 13.	Changes in free sugar contents in juice during fruit maturation in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.	70
Fig. 14.	Changes in the contents of citric acid and total titratable acid as citric in juice of 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.	73

I. 序 論

柑橘(*Citrus* Linn)은 전세계적으로 연간 1억톤이 생산되어 과실 중에서는 생산량이 가장 많지만(FAO, 2000) 常綠果樹로 추위에 약하기 때문에 재배지는 南·北緯 40°사이에 위치하고 있으면서 최저기온 -7℃ 이상인 지역에 국한되고 있다(Davies와 Albrigo, 1994). 이러한 특성 때문에 柑橘은 우리나라에서는 最南端인 제주도에서 주로 생산되고 있다.

우리나라의 1997~2000년 年平均 감귤생산량은 61만5천톤으로 1997년 이후 생산량에서 제1의 果樹가 되었다(제주농협지역본부, 2000). 제주도는 2차 산업이 발달하지 못하였기 때문에 1차산업비중이 매우 크며 그중 柑橘은 農業所得의 60%를 차지하고 있어서 지역의 基幹産業이 되고 있다. 그러나 최근 WTO 출범에 따라 오렌지 주스와 生果가 輸入自由化됨과 더불어 消費者의 嗜好變化로 加工用 温州蜜柑의 경쟁력 상실은 물론 생과 소비마저 줄면서 柑橘産業은 매우 어려운 처지에 놓이게 되었다.

제주감귤은 이제 過剩生産과 洪水出荷라는 量的인 문제와 당 및 산함량에 의해 결정되는 品質이라는 質的인 문제를 해결하지 못하면 앞으로 더욱 어려움을 겪게 될 것이다. 감귤의 양 및 질적인 문제를 해결하기 위한 노력으로 化學的摘果(문 등, 1997)나 하우스재배(송, 1995), 越冬栽培(김 등, 2001), 멀칭재배(노, 2002) 등을 비롯하여 많은 연구가 이루어져 왔으나 생산량의 90% 이상을 차지하고 있는 露地栽培 온주밀감의 품질향상을 위한 보다 광범위한 연구가 절실히 요구되고 있다.

제주도의 年平均氣溫은 15.2~15.9℃(제주지방기상청, 2000) 정도로 柑橘栽培地 중 가장 추운 곳에 해당되며 추위에 강한 온주밀감 중에서도 普通温州는 熟期가 늦어 품질 좋은 과실 생산이 어려워 제주지방의 노지재배 品種은 조생 온주가 主從을 이루고 있다.

제주도는 작은 섬에 불과하지만 地域間에 기상차이가 크다. 海岸 가까운 곳의 연평균 기온만 하여도 남쪽에 위치한 서귀포시는 15.9℃이지만 東部地域인 성산포는 이보다 0.7℃가 낮은 15.2℃에 불과하다. 연간 강수량과 일조시수도 지역간에 차이가 크고 年中 分布도 다르다. 또 같은 地域圈에서도 標高에 따라 또는 地形에 따라 기상차이가 크다. 이런 기상차이는 지역간에만 국한되는 것이 아니고 연도간에도 매우 큰 차이를 보인다. 이러한 지역간 연차간 기상차이는 發芽 및 開花期의 早晚과 관련이 있고 감귤의 단위면적 당 생산량이나 품질에도 영향을 미친다. 물론 감귤의 생산량이나 품질은 기상 외에도 結實量(森岡, 1988), 栽植密度(Boswell 등, 1982), 臺木(池田, 1990c), 土壤特性(宋本와 白石, 1980), 樹形(大東와 富永, 1981a) 등의 영향도 많이 받는다. 그러나 감귤의 花芽分化나 開花의 早晚은 기온과 같은 기상의 영향이 매우 크고(井上, 1990b; 大垣와 伊東, 1972; 吳 등, 1981), 果實肥大나 品質 및 成熟期の 早晚도 기온 및 강수량 등 기상의 영향을 받는다(Marsh 등, 1999; 森永 등, 1985; 김 등, 1998).

국내에서도 立地的 條件이 온주밀감의 果實形質에 미치는 영향을 조사한 보고가 더러 있지만(鄭 등, 1976; 許, 1975; 김, 1983) 기상과 온주밀감 생육 및 품질의 지역 간 연차간 차이에 대해 보다 광범위한 조사결과를 바탕으로 한 해석이 필요하다. 이러한 연구가 이루어지지 않은 것은 氣象調査나 着花量調査, 品質分析 등 基礎調査에 많은 人力과 시간이 소요되고 着花量이나 果實肥大, 品質 등이 어느 한 요인에 의해 단순하게 설명될 수 없기 때문이다. 최근 無人 기상조사 시스템이 발전하여 기상조사가 용이해졌고 調査値의 誤差도 적어졌을 뿐 아니라 果實品質 分析機器도 발전하여 짧은 시간에 많은 과실을 분석할 수 있게 됨으로서 기상요인이 감귤생육 및 품질에 미치는 영향에 대한 體系的인 연구가 가능해졌다.

이 연구는 제주도 감귤 재배면적의 대부분을 차지하고 있는 조생온주밀감의 發芽期와 開花期, 時期別 果實크기, 成熟期, 品質 등의 지역간 그리고 연차간

變異를 파악하고 그 變異와 관련된 기상요인의 영향을 구명하기 위하여 興津
早生(*Citrus unshiu* Marc. cv. Okitsu Wase)을 재식 하고있는 감귤원 14곳을
제주도 전역에서 선정하여 自記溫濕度紀錄計 또는 簡易 氣象裝置를 설치하여
5년 또는 8년(3곳) 동안 기상조사와 더불어 감귤원당 10나무를 固定하여 생육
및 품질 조사를 週期的으로 수행하였다.



II. 研究史

1. 發芽 및 開花期

1.1. 發芽期の 早晚과 豫測

감귤은 결실되지 않은 나무에서는 일정 이상의 온도에 遭遇되면 새순이 발아하여 일정기간이 지난 다음 그 새순의 腋芽에서 다시 발아한다(井上和 原田, 1988). 감귤은 연평균 기온이 16℃인 溫帶地方에서부터 26.4℃인 熱帶地方까지 분포되고 있어 발아시기나 연간의 生長週期는 지역에 따라 일정치 않다. 일본의 最南端인 오키나와 지방은 3월초에 봄순이 발아하여 연 5회 발아하는데 9~10월에 발아한 가을순도 다음해의 結果母枝로 이용 가능성이 있다고 하였다(佐藤와 宮城, 1986). 그러나 봄, 여름, 가을, 겨울 4계절이 뚜렷한 溫帶地方에서는 발아와 새순 자람이 일정한 週期를 갖는다. 노지 온주밀감은 1년에 3회 발아 하는데 4월에 발아하여 자라는 순을 봄순, 7월에 발아하여 자라는 순을 여름순, 8월~9월에 발아하여 자라는 순을 가을순으로 구분한다. 木原(1991)에 의하면 일본에서의 온주밀감 지역별 평균 발아기는 最南端인 鹿兒島の 경우 3월 중순인데 비해 佐賀는 4월 중순으로 한달이나 차이가 있었다고 하였다. 이와같이 온주밀감의 발아는 온도가 높은 지역일수록 빨리 되는 것으로 알려져 있다.

온주밀감의 發芽는 온도의 영향을 많이 받지만 발아에 필요한 온도는 일정하지 않다. 井上和 原田 등(1988)은 興津早生을 15, 20, 25, 30℃로 각각 恒溫處理하여 연간 生育狀態를 관찰한 결과 15℃와 20℃ 처리는 봄순만 발아하고 9~10월에 花蕾가 발생하였는데 반해 30℃처리구는 연간 4회 새순이 발아하였다고 보고하였다. 문과 김 등(2001)은 1월 중하순 加溫時 온도를 15, 17, 19℃로 각각 달리 했을 경우 발아까지의 日數는 11, 7, 6일로 1℃ 높이는데

따라 발아는 1일 정도 빨라졌다고 하였다. 일본의 오키나와는 旬別 平均氣溫이 10℃이하로 내려가는 일이 없으며 봄순 발아기의 평균온도는 15℃이상이었는 데(佐藤과 宮城, 1986) 반해 감귤재배지 중 가장 추운 곳인 濟州道의 경우 봄순 발아기인 4월 상중순의 平均氣溫은 10℃ 안팎으로 낮았다(김 등, 1998).

온주밀감은 腋芽가 충실한 상태에서는 25℃ 정도의 高溫에 처리하면 언제든지 발아하기 때문에 완전한 休眠에 들어가는 일은 없다(門屋, 1991). 그러나 늦가을에는 가온 하여도 상당기간 발아하지 않는데 이때 6-benzylaminopurine (BA) 등의 植物生長調節劑를 처리하면 발아가 촉진되지만(Zhu와 Matsumoto, 1987; 朱 등, 1989) 처리하지 않은 것은 적당한 온도가 주어져도 14일 이상 발아하지 않는데 이것을 일종의 休眠狀態라고 하였으며 온주밀감은 10월 중하순에 휴면이 최대로 깊은 상태가 된다고 하였다(Yahata 등, 1991a; 1995a). 休眠狀態에 들어가는 온도는 온주밀감과 같이 耐寒性이 강한 系統은 높았고 반대로 재배에 고온을 요하는 계통은 기온이 상당히 내려가도 休眠狀態가 되지 않았다고 하였다(門屋, 1991). 그러나 井上(1990a)는 온주밀감은 겨울동안 일정온도로 加溫하면 5~10일에 발아되므로 휴면상태가 봄순 발아에 영향을 미치는 것은 아님을 示唆하였다.

사과나 포도(小野, 1990; 高木, 1990), 감자(安 등, 1996) 등 많은 作物에서 온도를 이용한 發芽期 豫測法이 검토되었는데 온주밀감에 있어서도 봄순 발아가 온도의 영향을 가장 많이 받는 것은 틀림없는 일이나 이를 이용하여 發芽期를 豫測한 결과는 별로 없다.

1.2. 開花期에 影響을 미치는 要因과 開花期 豫測

1.2.1. 開花期의 早晚에 影響을 미치는 要因

감귤은 그 특성상 4계절 언제나 꽃이 피는 성질을 가지고 있지만 亞熱帶 地方에 적응된 밀감류나 오렌지류의 개화기는 봄으로 1년에 1회만 開花한다(岩堀와 門屋, 1999). 그러나 加溫하우스재배에서는 10월부터 3월까지 언제든지

개화시킬 수 있다(김, 2000). 노지에서도 7~8월에 가뭄이 계속되다가 충분한 수분이 공급되면 그해 자란 봄순에서 개화하는 일도 있지만 이것은 특별한 경우이다.

감귤은 기온이 높을수록 開花가 촉진되며(赤嶺와 宮城, 1986; Bustan과 Goldschmidt, 1998; 문과 김 등, 2001; 小林 등, 1967), 地溫上昇도 開花促進에 효과적이라고 하였다(森永, 1991; Susanto와 Nakajima, 1990). 遮光 등에 의해 照度가 저하되면 개화는 늦어진다고 하였다(鈴木 등, 1988b). 이외에品種(山田 등, 1988)에 따라서도 개화기는 다소 다르나 온도의 영향에는 미치지 못한다. 기온이 온주밀감의 개화기에 미치는 영향에 대하여 井上(1990b)는 12월부터 3월까지 4개월간 0℃, 5℃, 10℃, 15℃의 恒溫에서 처리한 결과 15℃구에서는 滿開期가 4월 16일로 다른 처리에 비해 30일~40일 빨라졌고 노지에 비해 35일 빨랐다. 10℃처리도 노지보다 5일정도 빨리 되어 높은 온도가 아니라도 온도가 높을수록 개화가 빠르다고 하였다. 문과 김 등(2001)은 1월 중순 加溫의 경우 最低溫度를 15℃, 17℃, 19℃로 가온한 경우 19℃ 가온구 開花期는 17℃ 가온구에 비해 8일, 15℃ 가온구에 비해 19일 빨랐다고 보고하였다.

1.2.2. 開花期 豫測

開花期의 早晚은 收穫期 果實 品質(岩垣와 廣瀨, 1980; Richardson과 Blank, 1996)과 着果率 등 收量에도 영향을 미치므로 開花期를 미리 豫測하는 것은 栽培管理 뿐 아니라 流通計劃을 세우는데도 크게 도움이 된다. 그리고 감귤은 地域 또는 品種에 따라 開花期가 조금씩 다른데 特定地域 또는 품종의 開花期를 미리 豫測하는 것은 品種育成을 위한 交配作業 등 育種 修行에도 중요한 자료가 된다.

감귤의 開花期는 開花 前 일정기간의 평균기온, 積算溫度 등을 獨立變數로 하여 單純回歸나 多重回歸로 豫測하는 방법이 제시되어 왔다. 白(1980)은 제주도에서 1970년~1980년까지 11년간의 자료를 가지고 氣溫과 滿開日의 관계

를 분석한 결과 3월 11일부터 4월 10일까지의 平均氣溫이 滿開日과 가장 높은 相關을 나타내었고($R = 0.803$) 滿開期 추정 회귀식은 $Y = 43.137 - 1.508X$ (Y : 5월 1일 기준 일수 滿開期, X : 3월11일~4월 10일의 평균기온)으로 계산되었다고 하였다. 岩垣(1991)에 의하면 일본 靜岡縣의 경우는 3월 하순~4월 중순의 平均氣溫이 滿開日과 가장 높은 相關을 보였고 계산된 滿開期 推定 回歸式은 $Y = 58.49 - 3.66X$ (Y : 5월 1일 기준 일수 滿開期, X : 3월20일~4월 19일의 평균기온)라고 하였다.

감귤외에 사과(김 등, 1992; 鎌田, 1992)나 포도(劉와 金, 1979) 등에서도 개화기의 예측은 주로 平均氣溫, 最低氣溫 등 기온을 獨立變數로 이용하여 왔다. 平均氣溫에 의한 滿開日 推定式은 同一 品種이라도 지역에 따라 다른데 이런 문제점을 보완하기 위하여 高木(1990)는 chillunit법, 小野 등(1987b; 1988b; 1990a; 1992a)은 溫度 變換日數法 또는 nonparametering법 등에 의한 추정을 검토한 결과 광범위한 지역에서 추정이 가능하였다고 하였다. 그러나 이러한 방법을 적용시키기 위해서는 일정지역 또는 溫度調節이 가능한 시설에서 10년 이상 연구된 자료가 있거나 標準 溫度를 구하는 基礎 研究가 이루어져야 한다고 하였다.

2. 着花量과 着果率

2.1. 着花量에 關여하는 要因

果實生産은 着花에서부터 시작되며 着花의 最初段階는 花芽誘導(floral induction)와 分化(flower bud differentiation)로 花芽分化가 잘되면 착화량이 많아져 과실생산량도 많아진다. 着花量 確保는 온주밀감 生産安定에 매우 중요한 課題이며 生理的으로도 흥미 있는 현상이기 때문에 많은 연구가 이루어졌지만 아직도 花芽分化의 時期와 分化條件을 설명하기에는 부족한 점이 많다. 온주밀감의 花芽分化期는 1월 상순 이후로 알려져 왔었는데 최근 走査電

子顯微鏡(SEM)에 의한 花芽形成 過程의 解剖學的인 관찰결과에 의하면 다른 落葉果樹들의 花芽分化期와 비슷한 전년도 8월경에 이미 莖頂의 花芽分化가 관찰되었다는 보고가 있다(新居, 1998). 그러나 8월 이후의 수체내 탄소화물 함량과 C/N율이 높아야 착화량이 많아지며(川野, 1988, 1989a), 겨울철 gibberellic acid(GA) 살포는 착화수를 감소시키는 반면 paclobutrazol이나 benzyl adenine (BA) 살포는 착화수를 증가시키며(Koshita 등, 1999; 尾形 등, 1995; 1996; Yamashita 등, 1997), abscisic acid(ABA)도 花芽分化에 관여하는 것으로 보고되어 있다(奥田 등, 1995; Okuda 등, 1996).

着花量 즉 花芽分化에 영향을 미치는 要因으로 보고된 것들은 前年の 着花 및 着果量(森岡, 1988; 森岡와 八幡, 1989; 高 등, 1987), 摘果(花)(森岡, 1988), 收穫時期(김과 문 등, 2001; 고 등, 1996; 栗山 1991), 窒素 등 無機 養分(井上와 片岡, 1991a; 宮本와 中屋, 1990), 土壤條件(井上, 1989c; Nagajima 등, 1993; 富田, 1972), 斷根(川野, 1989b), 環狀剝皮(井上 등, 1991b; Koshita 등, 1999; Yamanishi 등, 1995), 가을과 겨울의 低溫(井上와 原田, 1988; 井上, 1989a; 1990a; 1990b; 吳 등, 1981; Okada, 1985; 大垣와 伊東, 1972), 日長(井上, 1989b) 등을 들 수 있다. 특히 Poerwanto와 Inoue(1990)에 의하면 가을철 기온 및 지온을 낮추면 花芽分化가 촉진되었는데 花蕾發生數와 잎의 遊離形 proline 함량사이에는 正의 相關이 있었다고 하였다.

2.2. 着果率에 영향을 미치는 要因

온주밀감의 落果는 滿開期부터 시작하여 7월 중순경에 끝나는데 5월 말과 6월 중순사이에 果梗과 新梢 사이에서 離層이 생기는 一次 生理落果와 6월말 7월 초에 씨방과 꽃받침 사이에 離層이 형성되어 낙과되는 二次 生理落果가 있다.

온주밀감의 落果에 미치는 氣象의 영향을 보면 高溫에서 낙과가 많아지고 (Bustan과 Goldschmidt, 1998; 木原와 小中, 2000; 小林 등, 1967), 乾燥(木原와 小中, 2000)나, 日照不足(문, 1998; 鈴木 등, 1988a)도 낙과를 촉진한다.

고온에 의해 낙과가 촉진되는 이유로 Bustan과 Goldschmidt(1998)는 개화에 의한 炭水化合物의 소비가 많고 과실의 1일 탄수화물 소비가 잎에서 생산하는 탄수화물 양보다 많은데 고온은 呼吸率을 증가시켜 탄수화물 소비를 더욱 많게 하기 때문이라고 하였다. 온주밀감은 光飽和點이 40klux로 受光量이 저하하면 광합성 속도도 저하하는데(天野 등, 1972), 遮光에 의한 落果 促進은 광합성 저하에 의한 탄수화물 부족 때문인 것으로 볼 수 있다. 赤尾 등(1981)은 ^{14}C 를 이용한 탄수화물 분배 조사에서 저장 탄수화물은 주로 꽃의 발달에 이용되고 舊葉에 의해 생성된 탄수화물은 주로 新生殖器官의 발달에 이용된다고 하였다.

樹體管理와 落果率과의 관계도 탄수화물 소비량과 관련이 있다. 꽃이 많이 피면 初期落果가 증가하여 着果率은 낮아지며(Guardiola, 1981; 高木 등, 1987a) 開花 前 질소 엽면살포는 착과율 증가에 도움이 된다고 하였다(Lovatt, 1999; 高木 등, 1987a). 또한 有葉花의 착과율은 直果의 착과율보다 높고(岩垣와 加藤, 1982; 新居, 1978), 受粉 後 受精이 되면 GA를 살포한 것과 마찬가지로 어린 자방으로 光合成 產物 分配가 많아져 낙과가 적었다고 하였다(新居, 1998; Powell과 Krezdorn, 1977).

3. 果實生長

3.1. 果實의 生長過程

감귤 과실의 肥大過程이나 과실을 구성하고 있는 각 組織의 발달에 대한 연구는 많이 되어있다(Bain, 1958; Hirai와 Ueno, 1977; Hisada 등 1997; 門屋, 1973; 新居, 1978; 1980; Nii와 Coombe, 1988; 1990; 高木 등, 1982).

Bain(1958)은 발렌시아 오렌지 과실의 생장을 제1기: 細胞分裂期, 제2기: 細胞伸長期, 제3기: 成熟期 등 3단계로 나누었으며, 新居(1998)는 온주밀감에서 제1기는 細胞分裂期로 만개후 약 30일간, 제2기는 細胞質 增加期로 6월 하순~8월 하순, 제3기는 液胞發達期로 8월 이후, 제4기는 成熟期로 11월 중하순 등 4단계로 구분하였다.

Hirai와 Ueno(1977)는 砂瓢의 발달도 4단계로 구분하였는데 1단계는 酵素活性和蛋白質 및 核酸이 증가하고 細胞分裂이 왕성히 일어나는 시기이고 제2단계는 산이 급속히 蓄積되는 시기, 제3단계는 成熟段階로 RNA 함량이 증가하며, 제4단계는 citrate와 RNA가 減少하는 시기라고 하였다.

온주밀감의 果實橫徑이나 果重의 생장은 S자 모양의 곡선을 나타내는데 橫徑은 개화 3주째에 가장 왕성하게 자라 9월 중순까지 빠른 증가 속도를 나타내고 果重은 이보다 늦어 8월 하순~10월 하순 사이 증가가 많았다고 하였다(新居, 1980). 그리고 하루 중의 果實肥大는 16~20시에 가장 왕성하고 맑은 날에는 20~30분 주기로 收縮과 肥大를 반복하며 하루 중에도 일조가 강한 시간에는 收縮하고 오후에는 肥大되는 과정을 반복한다고 하였다(門屋, 1973). 또한 과실의 位置別 相對 生長率은 開花 前은 果梗部가 높고, 開花 直後는 赤道部가 높으며 그 이후는 赤道部와 果頂部가 높아 開花 前의 고은은 畸形果로 된다고 하였다(高木 등, 1982).



3.2. 果實生長에 關여하는 要因

과실의 비대 성장에는 光合成 産物이 필요하고 光合成 速度는 樹體條件과 氣象 및 土壤環境에 따라 달라지므로 果實生長은 이들 요인에 의해 영향을 받는다.

Stover(2000)는 着花가 너무 많으면 과실크기 뿐 아니라 收量 減少 要因이 된다고 하였으며, 森岡와 八幡(1989)은 조생 온주밀감에서는 적과 직전의 착과량이 많을수록 과중은 가벼워진다고 하였다. 葉面積은 과실생장을 제한하는 要素의 하나이며(Fishler 등, 1983), 적과를 많이 하여 葉果比가 높을수록 당도는 낮아지지만 1과 平均重은 증가한다(森岡, 1988). 그리고 과실 비대는 果梗枝굵기와 높은 상관성이 있어서 維管束이 잘 발달하여 果梗枝가 굵으면 과실은 커진다(新居, 1998). 과실은 착과 직후부터 6월 하순까지 結果母枝와 연결되는 維管束이 형성되기 시작하고 7월 상순에 篩部가 분화하기 시작하며 導管도 그 사이에 분화한다. 篩部는 동화산물의 통로이고 導管은 양수분의 통로이므로

이들 維管束의 발달은 과실비대에 크게 영향을 미치는 것이다(門屋, 1991).

온주밀감의 肥大生長과 溫度와의 관계는 Kobayashi 등(1968)과 新居 등(1970)이 밤낮의 온도를 여러 가지로 변경하여 시험을 실시한 결과 과실비대는 30℃까지는 온도가 높을수록 촉진되었지만 최종크기는 밤낮의 온도를 20℃로 유지한 구가 가장 컸고 다음은 낮 25℃, 밤 20℃로 밤낮의 온도 교차는 필요치 않았다. Marsh 등(1999)도 과실의 初期 發育段階에서 온도를 높이면 과실발육은 진전되지만 細胞分裂期가 短縮된다고 하여 高溫은 生育을 앞당기지만 최종 크기를 크게 하지는 않음을 시사하였다. 결국 과실비대를 위해서는 밤낮의 온도를 20~25℃로 유지하는 것이 가장 좋다고 할수 있다.

과실의 肥大生長은 土壤水分과도 밀접한 관계가 있어서 강수량이 적을수록 과실크기는 작고 광합성 속도도 저하하였는데 pF 4.1 이상의 토양수분 조건에서는 급격히 저하하였으며 봄이 광합성 작용을 유지하기 위해서는 -15bars 이상의 葉水分 포텐셜이 유지되어야 한다고 하였다(森永 등, 1985). 白 등(1991)도 토양벌칭에 의해 8월부터 강우를 遮斷하면 과실의 橫徑肥大가 억제되었다고 보고하였는데 과실비대만을 생각한다면 토양수분이 충분한 것이 유리하다. 그러나 토양수분이 충분하면 과즙의 당함량은 낮아 품질이 떨어지기 때문에 온주밀감의 재배적인 측면에서는 과실비대가 좋은 것이 바람직한 일은 아니라고 하였다(新居, 1998).

遮光은 落果를 조장하고 품질을 저하시킬 뿐 아니라 果實生長도 억제하였으며(鈴木 등, 1988a), 질소 등의 적정 시용은 과실비대를 촉진하지만 施肥量이 많으면 品質은 떨어졌다고 하였다(門屋, 1991).

4. 果皮의 着色에 關여하는 要因

감귤 과피의 착색은 葉綠體내 葉綠素가 파괴되는 한편 카로티노이드의 合成으로 葉綠體가 有色體로 전환되므로서 이루어진다. 葉綠體와 有色體의 可逆

變化도 일어나는데 이것이 回靑現狀이다. 완전히 착색한 과실이 달린 盆에 심은 온주밀감 나무를 30℃ 조건 하에 놓으면 차츰 과피의 황색이 退化하고 녹색이 發現하여 數週 후에는 완전히 綠色果가 되었다고 하였다(新居, 1998). 黃色果가 綠色果로 되는 回靑現狀은 질소가 많으면 促進되고 果皮의 당도가 높으면 抑制된다고 하였다(Huff, 1983).

과피의 착색은 溫度, 光, 降水量 등의 氣象要因뿐만 아니라 栽植密度, 着果位置, 果實의 糖度, 窒素나 호르몬처리 등 여러 가지 요인에 따라 그 시기 및 정도가 달라진다. 이들 요인중 온도의 영향이 가장 크며 과피 착색은 나무에 달린 상태에서는 15~20℃에서 촉진되었는데(栗原, 1969; 1973; 高木 등, 1987b; 1994; 宇都宮 등, 1982), 수확 후 恒溫처리시는 20℃에서 가장 빨리 되었다고 하였다(白 등, 1991; 牧田, 1990).

일조시수가 적거나 照度가 약하면 착색은 불량해지는데(泉 등, 1990a; 1990b; Izumi 등, 1992) 이를 증명하기 위하여 차광처리 시험을 행한 결과 차광정도가 심하고, 차광시기가 길수록 着色은 抑制되었다고 하였다(鈴木 등, 1988a; 1988b). 森永 등(1985)은 강수량이 적을수록 착색이 양호하였다고 하였으나 富田(1972)는 여름에는 토양수분이 충분해야 착색이 양호하였다고 하여 강수량을 포함한 토양수분이 착색에 미치는 영향은 생육단계별로 차이가 있는 것으로 나타났다.

着色은 果皮의 糖含量과 관련이 깊어 당도가 높은 과실은 착색이 빠르고 색도 짙었는데(高木 등 1989b; 1994), 바깥쪽 上部에 달려 빛을 많이 받는 과실이 아래쪽 또는 안쪽에 달린 과실보다 착색이 빠르고 색이 짙었다는 것(岩垣와 廣瀬, 1980; 泉 등, 1990b)이나 栽植密度가 높아 나무가 서로 그늘을 만드는 경우 착색이 늦었다는 것(Boswell 등, 1982; 橘, 1996)등도 과피의 당함량과 연관이 있는 것으로 보였다.

이밖에 착색기의 질소함량이 적은 쪽이 착색이 촉진되고 색도 짙어졌으며(Tachibana와 Yahata, 1998; 富田, 1972), 이것은 果皮 培養에서도 같은 효과를 나타내었다고 하였다(高木 등, 1989).

5. 糖 및 酸 含量

5.1. 糖 및 酸 含量 變化

온주밀감 果汁 中の 糖 含量은 8월경부터 시작되어 9월부터 10월에 걸쳐 증가하는데(岩垣 등, 1981) 砂瓢의 생장이 완료되었을 때부터 砂瓢內 可溶性 固形物 蓄積이 시작된다(Nii와 Coombe, 1988).

감귤의 糖은 還元糖인 果糖과 葡萄糖 그리고 非還元糖인 蔗糖으로 되어 있는데 8월부터 9월에 걸쳐서 全糖이 증가하는 것은 주로 還元糖의 증가에 의한 것이지만 10월부터는 還元糖은 증가하지 않고 비환원당은 9월 중순이후의 증가폭이 커 10월 중순에는 還元糖 含量보다 많게 된다고 하였는데(岩垣 등, 1981), Echeverria와 Burns(1990)도 蔗糖 分解가 잘되는 것은 탄수화물 이용이 가장 왕성한 과실생장 초기라고 하였다. 또한 하우스재배(Richardson 등, 1997)나 오렌지(송과 고, 1997; Tadeo 등, 1987)도 성숙동안의 糖 증가는 蔗糖의 濃度 增加에 의한 것이다.

向井 등(2000)은 온주밀감의 경우 과즙의 糖集積 양상은 품종간에 차이가 거의 없었지만 果皮의 糖 含量 증가는 착색이 늦은 靑島온주와 같은 晩生種에서 늦었다고 하였다.

온주밀감 과즙의 酸 含量은 糖 含量과 달리 7월 말경에 최고로 높고 그 후 과실의 발육에 따라 감소하여 수확기에는 枸櫞酸으로 換算하여 1% 내외가 된다. 온주밀감 과즙의 有機酸은 枸櫞酸이 90~95%이고 그 외 능금산이 5~10% 정도 된다. 未熟果는 구연산 含量 비율이 높지만 과실이 성숙되면서 구연산 含量은 급격히 감소하지만 능금산의 감소는 적기 때문에 성숙과는 능금산 비율이 약 10%나 된다고 하였다(岩垣 등, 1981).

감귤 과육중의 有機酸은 잎에서 광합성에 의해 생성되고 轉流하여 蓄積되는 것이 아니라 잎에서 轉流되어온 糖類로 과육중에서 合成되는 것으로 炭酸固定 反應이 砂瓢에서 有機酸의 生成에 주요한 역할을 하고 있다는데(久保田 등,

1978), 구연산 生合成이 왕성한 과실 발육 초기에 비산연 살포는 구연산 생합성을 억제하여 수확기의 酸濃度を 감소시킨다(Sadka 등, 2000; 八卷, 990a; 1990b).

조생 및 보통 온주밀감 과즙의 당함량은 9월 상순부터 12월 상순까지 급격히 증가하고 그 이후도 완만하게 증가되기 때문에 수확시기가 늦을수록 당함량은 높고 산함량은 낮았다고 하였다(大東와 佐藤, 1985a). 수확시기가 늦어지면서 과즙 중의 당은 蔗糖의 증가가 두드러져(大東와 佐藤, 1985b), 糖酸比는 다음해 1월 하순까지도 증가한다(大東와 佐藤, 1985c). 石川 등(1993)에 의하면 이런 경향은 極早生 온주도 마찬가지로 관행수확 이후에도 비대생장을 계속하고 일부계통에서는 浮皮가 되었지만 糖度增加가 계속되어 조생 온주밀감 수확기에 수확하면 당도는 조생 온주밀감과 차이가 없고 산함량은 낮아 품질이 향상되었다고 하였다.

온주밀감을 나무에서 完熟시켜 수확하는 것이 품질을 좋게 한다는 보고는 이외에도 많은데(고 등, 1996; 栗山, 1991; 송, 1997; 竹林 등, 1992), 온주밀감외에 宮內伊豫柑, 清見에서도 과실의 障害發生만 줄일 수 있다면 나무에서 完熟시켜 수확하는 것이 과실품질을 향상시킬 수 있었다고 하였으며 完熟果는 당함량이 높고 산이 낮을 뿐 아니라 纖維素와 펙틴물질의 分解와 減少로 瓢囊膜도 얇아졌다고 하였다(竹林 등, 1993; 1994).

5.2. 果實의 糖 및 酸含量에 영향을 미치는 要因

과즙의 당도와 산 함량에 미치는 요인들의 기여도를 추정된 결과 당도에는 立地條件 중 地域差 및 傾斜方位의 寄與度가 높았고 園內要因으로는 일사량, 비닐피복 처리, 착색도의 기여도가 높았으며 유리산 함량에는 입지적 조건으로는 標高와 해안에서의 거리, 園內要因으로는 日射量, 비닐피복 처리, 開花時期의 早晚, 일조시수 및 과실크기가 높은 기여도를 나타내었다고 하였다(許, 1973).

온도와 품질과의 관계에 대해서는 많은 연구가 되어있다. 小野와 大東(1978;

1982)는 8월의 光合成量과 수확기 糖度와는 高度로 유의한 相關($r=0.980\sim0.999$)이 있었는데 광합성이 최대가 되는 온도는 여름철인 7~9월에는 29℃로 높고 가을인 10월에는 22℃로 낮으며, 한여름에도 40℃에서는 29℃에 비해 1/2정도의 광합성량을 보였는데, 한 나무에서도 광합성이 최대가 되는 온도가 달라 上部는 32℃ 내외로 높고, 下部는 29℃ 내외로 낮았다고 하였다.

그러나 人工 氣象室에서 밤낮 모두 恒溫으로 온도를 유지시키는 경우 당도 증가는 20℃ 전후에서 높았고 산의 감소는 20~25℃에서 촉진되었다(新居 등, 1970). 宇都宮 등(1982)은 과실 온도만을 제어한 경우 산 함량은 30℃의 고온에서 감소가 빨랐고 당도는 23℃에서 가장 높았다고 하였다. 또한 文과 같이 온주밀감보다 고온에 적응된 품종도 果實 發育期에 고온을 유지하면 과즙의 당 및 산함량이 낮아 품질이 떨어졌다고 하였다(Susanto와 Nakajima, 1990).

일사량도 온도와 마찬가지로 광합성에 직접적인 영향이 있으므로 과실의 당 및 산함량과 관계가 있다. 泉 등(1990a; 1990b), Izumi 등(1992)과 Syvertsen과 Albrigo(1980)에 의하면 한 나무의 열매를 가지고 위치에 따라 당 및 산 함량을 분석한 결과 일조조건이 좋은 남쪽의 樹冠上部 과실은 당도가 높고 산도는 낮은 반면 수관 內側의 과실은 당도가 낮고 산도는 높았다고 하였다. 과실 발육기간 중에 차광처리를 하면 성숙기 과즙 중의 당함량은 無遮光 처리에 비해 낮았으며(Izumi 등, 1992; 문, 1998; 鈴木 등, 1988a), 당축적이 가장 많은 9~10월 차광처리에서 그리고 처리기간이 길수록 당함량이 낮았다고 하였다(鈴木 등 1988b). 따라서 하우스 재배 등 光環境이 좋지 않은 시설에서 온주밀감을 재배하는 경우 과실이 달린 가지를 매달아 착과된 가지와 열매에 충분한 양의 햇빛이 비치도록 光環境을 改善해 주는 것이 品質向上에 도움이 된다고 하였다(川野와 小原, 1991).

全 生育期間을 통하여 강수량이 적을수록 당 및 산 함량이 증가하고 果肉率도 높아졌는데(Iwasaki 등, 1986; 森永 등, 1985), 강수량과 품질의 상관은 품종에

따라 다소 달라 성숙이 빠른 早生温州는 8~9월 강수량이, 성숙이 늦은 보통 온주는 9~10월 강수량이 당함량에 강한 영향을 미쳤다고 하였다(富田와 松本, 1985). 강수량에 의해 당함량이 달라지는 것은 강수량이 토양수분 함량에 영향을 미치기 때문인데 토양수분은 과즙의 당 함량 및 산 함량과 가장 밀접한 관계가 있다. 비닐멀칭재배 및 높은 이랑재배와 같이 빗물의 流入을 막거나 斷根이나 물빠짐을 좋게하여 뿌리의 수분 흡수를 억제하면 수분스트레스를 받아 당 함량 증가가 촉진된다고 하였다(白 등, 1991; 岩永와 居石, 1991).

당 함량 증가를 위한 수분스트레스 附與는 시기에 따라 그 효과에 차이가 있는데 노지에서는 果實橫徑이 45~50mm되는 8~9월이 가장 높았고(노, 2002; 富田, 1972), 하우스 재배에서는 40~45mm되는 만개 후 75~110일이 효과적이었다(김, 2000; 永田와 池田, 1991; 송, 1995). 間苧谷와 町田(1980)도 9월 1일의 葉水分 포텐셜과 그후의 과실내 당도와는 고도의 상관성이 있었다고 하였다. 向井 등(1996)은 가을에도 수분스트레스에 의해 당이 증가하였지만 11월 26일에는 수분스트레스가 지나치게 강하면 적절한 것보다 당 함량이 낮았다고 하였다.

肥料成分은 적게 주는 것이 당 함량은 높고 산 함량은 낮았으며(橘, 1996), 그 중에서도 질소비료를 적게 주면 당함량이 높아졌다(清末 등, 1991; Tachibana와 Yahata, 1998; 富田, 1972). 土性은 점질토가 당 및 산함량이 높고 氣相率이 높아 뿌리가 깊을수록 당도가 낮았다고 하였다(許, 1975; 清末 등, 1991; 松本와 白石, 1980). 제주도의 경우 기온이 높은 山南 地域이 山北 地域보다 또 해안에 가까운 지역이 먼 지역보다 당이 높고 산함량은 낮았으며 傾斜地가 당 및 산함량이 높다고 하였다(許, 1975; 金, 1983).

당 및 산함량은 품종별로 각각 다르며 같은 품종에서도 臺木의 종류에 따라 다르다. 일반 조생 품종은 당의 증가가 빠르고 晩生品種은 늦으며 산의 감소는 그 반대이다(大東와 佐藤, 1985a; 韓 등, 1970; Matsumoto와 Shiraishi, 1981a; 1981b). 그러나 向井 등(2000)은 온주밀감 품종간에는 糖集積에 차이가 거의 없고 靑島温州와 같이 착색이 늦은 품종에서만 과피의 당함량 증가가

늦었다고 하였다. 또한 품종별 광합성 속도에서도 온주밀감과 같이 저온에 적응된 품종은 비교적 낮은 온도에서 최고에 달한다고 하였다(岩崎와 大垣, 1985). 池田(1990c)는 杉山温州를 접수 품종으로 하여 탕자 품종별로 과실 품질을 비교한 결과 臺木에 따라 당도 및 산 함량에 차이가 있었다고 하였다. 野田 등(2001)도 極早生 온주인 山川早生을 7품종의 대목에 접목하여 품질을 조사한 결과 飛龍 대목이 당도가 높고 산 함량은 중간으로 품질이 가장 좋았다고 하였다.

온주밀감은 일반적으로 조기 개화하여 결실한 과실이 당도가 높고 산 함량은 낮다. 岩垣와 廣瀬(1980)는 온주밀감은 일찍 開花하여 결실한 과실이 10월 이후의 당도도 높고 산 함량은 감소가 빨랐다고 하였으며, Richardson과 Blank (1996)도 조기에 개화한 과실들이 늦게 개화한 과실보다 산 함량이 낮고 可溶性 固形物 함량이 높았다고 하였다.

摘果는 9월 중순 이후 늦게 하는 것이 조기 적과보다 당 함량이 높으며(井上 등, 2002), 적과량이 많아 葉果比가 클수록 가용성 고형물 함량과는 逆相關을 보이지만 산 함량은 차이가 없었다고 하였다(森岡, 1988). 그러나 하우스 밀감에서는 엽과비 10보다 엽과비 15로 적과한 것이 당도가 높았다(失羽田 등, 1995b).

제식밀도가 높아도 당 함량은 낮아지고(Boswell 등, 1982; 橘, 1996), 수관 상부와 외부에 착과한 과실이 내부에 착과한 과실보다 품질이 높았으며(허, 1974; 岩垣와 加藤, 1982; 泉 등, 1990b) 수형은 主幹形이 開心自然形보다 당도가 높았다(小野 등, 1980). 그러나 지역에 따라서는 樹形別, 着果部位別로 糖 및 酸 함량에 차이가 없는 경우도 있었다(大東와 富永, 1981a).

Ⅲ. 材料 및 方法

1. 地域別 圃場選定 및 氣象調査

1.1. 調査圃場 選定

1994년부터 1998년까지 5개년간은 제주도를 北部, 南部, 東部, 西部 4개 圈域으로 구분하여 1개 권역에서 海拔 100m 이하 지역 1~2개 포장, 海拔 100~200m 지역 1개 포장, 그리고 감귤 主産團地인 남원읍 지역에서 海拔高를 기준으로 하여 50m 간격으로 5개 포장 合計 14개 포장을 선정하여 조사하였는데 재배품종은 모두 탕자를 대목으로 한 興津早生(*Citrus unshiu* Marc. cv. 'Okitsu Wase')이었으며 수령은 15년생 이상이였다.

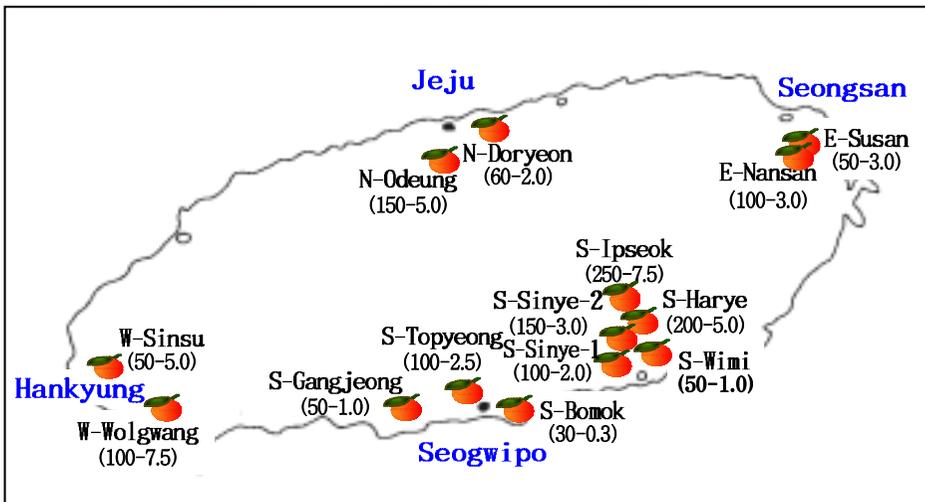


Fig. 1. Locations of observation in Jeju island. The prefix to the name of location indicates the region of the island (N: northern, S: southern, E: eastern, W: western), and figures in parenthesis indicate altitude(m)—distance from the seashore(km).

조사포장 위치는 北部는 제주시 도련동과 오등동, 南部는 서귀포시 보목동, 강정동 및 토평동, 東部는 성산읍 수산리와 난산리, 西部는 한경면 신수동과 월광동이었으며 남원읍 지역은 위미리, 신예 1리, 신예 2리, 하례리, 입석동이었는데 海拔高와 해안에서의 거리는 Fig. 1에 표시된 것과 같았다. 해발고는 가장 낮은 곳이 남부의 보목동에 있는 감굴원으로 해발 30m였고 가장 높은 곳은 입석동으로 해발 250m였다. 또한 해안에서의 직선거리가 가장 짧은 곳은 남부의 보목동에 위치한 감굴원으로 300m에 불과한 반면 가장 긴 남부의 입석동과 서부의 월광동은 7.5km 정도였다.

1999년부터 2001년까지 3개년은 앞의 14개 포장 중 남부는 토평동, 동부는 수산리, 서부는 월광동 3개 포장에 대해서만 계속 조사하였다.

1.2. 氣象調査

조사포장에서의 온도 측정은 자체 제작한 간이 백엽상을 지상 1.5m에 설치하여 1994년 4월부터 1996년 12월까지는 7일간 측정되는 自記溫濕度記錄計 (R705, 일본)에 의해 측정하였고 1997년과 1998년은 자기온습도계와 온도로거 (HOBO XT)를 이용하였다. 평균온도는 自記溫濕度記錄計 記錄紙에 나타난 온도에서 3시, 9시, 15시, 21시의 온도를 평균하여 구하였다. 온도 외의 氣象資料는 북부는 제주시, 남부는 서귀포시, 동부는 성산포, 서부는 고산에 있는 農業氣象觀測所 자료를 활용하여 분석하였다.

1999년부터의 기상은 시험포장에 氣溫, 地溫, 土壤水分, 日射量, 日照時數, 降水量, 風向, 風速 등을 遠隔 測定할 수 있는 簡易氣象裝置(CAMBELL CRX51)를 설치하여 조사하였다. 일별 또는 월별 평균값은 기상장치에 연결된 컴퓨터의 프로그램을 이용하여 엑셀로 요약하여 정리하였다.

2. 生育調査 및 分析方法

2.1. 生育調査 樹의 選定과 管理

조사 첫 해에 포장별로 15~20년생 성목으로 수세가 중정도인 나무 10주를 임의 지정하여 매년 같은 나무를 반복 조사하였으며, 調査樹의 剪定, 施肥, 病害蟲 防除 등 一般管理는 포장 주인이 다른 나무와 같은 방법으로 하였다. 그러나 摘果(花)나 摘葉 등 착화 및 착과량과 관련된 작업과 灌水, 斷根處理, 環狀剝皮 등 과실비대나 품질과 관련된 처리는 하지 않았다.

2.2. 發芽期 및 開花期 調査

發芽期는 한나무 전체의 눈 50%가 3mm이상 자란 날을 기준으로 하였다. 開花期는 꽃봉오리가 연속하여 개화하기 시작하는 시기를 開花時期로하고 한 나무의 전체 꽃봉오리의 80%정도가 개화한 날을 滿開期로 하였으며 전체 꽃의 반 이상의 꽃잎이 떨어지거나 갈색으로 변한 시기를 落花期로 하였다.

발아기 및 개화기 조사는 발아 또는 開花始點부터 2~3일 간격으로 전체 시험포장을 대상으로 한 사람이 계속 조사하여 최대한 오차를 줄였으며 포장의 발아 및 개화기는 조사주 10주의 평균으로 하였다.

2.3. 着花(果)量 및 着果率 調査

着花量은 만개 직전에 1주당 4개 방향에서 착화수가 중간정도이고 200매 내외의 舊葉을 가진 側枝 각 1개씩 나무당 모두 4개를 標識하고 구엽과 꽃수를 세어 꽃수를 구엽수로 나눈 값(화엽비)으로 표기하였다. 착과량은 生理落果가 완료된 7월 하순부터 8월 상순사이에 착화량 조사시 標識 해둔 가지의 總葉數와 果實數를 세어 총엽수를 과실수로 나눈 값(葉果比)으로 표기하였다. 측지 당 꽃수 및 잎수는 오차를 줄이기 위해 2회 반복하여 세었는데 3% 이상의 오차가 있을 때는 3회 세어 비슷한 값을 취하여 평균하였다. 또한 엽수 조사시

葉面積이 평균 잎의 크기에 비해 30%이하로 아주작은 것은 잎수조사 대상에서 제외시켜 정상에 가까운 잎만이 잎수에 포함되도록 하였다.

着果率은 착화량 및 착과량을 조사한 측지의 과실수를 처음에 조사한 꽃수로 나누고 이 값에 100을 곱하여 百分率로 나타내었다.

2.4. 果實橫徑 및 1日 肥大量

과실 횡경은 2차생리낙과가 끝나는 7월 중순에 1株當 有葉果 5개, 直果 5개씩을 나무의 중간부분을 중심으로 잎의 선정하여 각각 標識 한 후 週期的으로 digital caliper로 측정하였다. 測定間隔은 1994년부터 1998년까지는 1週에 1회, 1999년 이후는 2週에 1회 측정하였는데 測定位置는 과실의 적도부분에서 횡경이 가장 큰 부분을 측정하였다. 과실의 1日 肥大量은 특정시기에 조사된 횡경에서 앞서 조사된 횡경을 뺀 후 調査間隔인 日數로 나누어 계산하였다.

2.5. 果重, 果肉率, 果形指數, 果皮두께

果重은 8월 중순부터 1株當 평균정도 크기의 과실 5개씩을 채취하여 디지털 저울을 이용하여 0.1g 단위까지 무게를 측정하여 평균을 구하였으며 果肉率은 과중을 측정한 후 껍질을 모두 벗겨낸 과육만을 다시 과중과 같은 방법으로 측정하여 이 測定 값을 과중으로 나눈 후 100을 곱하여 산출하였다.

果形指數는 과중을 측정하기 전에 5개과실의 횡경과 종경을 digital caliper로 측정하여 횡경을 종경으로 나누고 100을 곱하여 구하였다.

과피두께는 과피를 4등분하여 벗겨낸 후 벗겨낸 과피의 中間部分(과실의 赤道部分)을 digital caliper로 측정하였다.

2.6. 着色度 調査

과중을 조사하기 위하여 1株當 5과씩 채취한 과실에 대하여 착색이 시작되는 10월 이후 1994년부터 1997년까지는 達觀調査에 의해 착색된 面積 比率에

따라 착색되지 않은 것은 0, 60% 착색된 것은 3, 100% 착색된 것은 5로 표기하였다. 그리고 1997년부터 2001년까지는 과실의 赤道部分을 1과당 4개소에서 Color-Eye 2145 色相色差計(Macbeth, 미국)로 a*값(赤綠度)을 측정하여 그 평균 값으로 표시하였다.

2.7. 糖 및 酸 含量 조사

糖 및 酸 含量은 果重을 조사하기 위하여 1株當 5과씩 채취한 과실의 껍질을 벗긴 후 果肉部分을 나무별로 모아 착즙기로 착즙하여 측정에 이용하였다. 착즙시 과실크기에 의한 오차를 줄이기 위해 5개의 과실중 가장 작은 과실을 기준으로 이보다 큰 과실은 작은 과실의 무게와 같은 量의 瓢囊만을 넣어 5개 과실의 과즙이 모두 같은 양이 되도록 하였다.

착즙한 과즙의 糖度和 滴定酸 含量은 NH-1000 酸糖度分析裝置(HORIBA, 일본)로 실온에서 측정하였다. 遊離糖 및 有機酸 含量은 과즙을 millipore filter(0.4 μ m)로 여과한 후 3차 증류수를 사용하여 1,000배로 희석하여 DX-500 Bio-LC (Dionex, 미국)로 측정하였다.

遊離糖 含量을 측정하기 위한 標準物質로는 fructose, glucose, sucrose (Sigma Chemical Co., GR)를 사용하였으며 유리당 含量의 分析條件은 Table 1 과 같았다.

Table 1. Bio-LC conditons for analysis of free sugars.

Column	Carbopac TM PA1
Mobile phase	100mM NaOH
Detector	INT Amperometry
Injection volume	0.5 μ l
Flow rate	0.6ml/min
Column temperature	28 $^{\circ}$ C

有機酸 定量을 위한 標準物質로는 L-malic, citric, oxalic acid(Sigma Chemical Co., GR)를 사용하였으며 유기산 분석을 위한 Bio-LC 運營條件은 Table 2와 같았다.

Table 2. Bio-LC conditions for analysis of organic acid.

Column	Ionpac® ICE-AS6
Mobile phase	0.4mM Heptaflorobutyric acid
Detector	Conductivity
Injection volume	0.5 μ l
Flow rate	0.9ml/min
Column temperature	28 $^{\circ}$ C

3. 統計分析

發芽期와 滿開期 등 生育 및 品質要因을 從屬變數로 하고 이들과 관련이 있을 것으로 추정되는 氣象要因을 獨立變數로 하여 회귀관계를 분석하였다. 단순 상관 또는 기상 이외의 變數를 固定시킨 偏相關을 구하여 생육 및 품질과 관련된 기상요인을 설명하고 상관이 높게 나타난 독립변수를 이용하여 생육 및 품질을 추정하기 위한 回歸方程式을 구하였다. 또한 변수 채택 확률 15% (p -to-enter=0.15)의 段階的 回歸分析 절차를 이용하여 多重回歸式을 구하였다.

자료의 정리와 統計分析에는 Microsoft® Excel2000과 윈도우용 SAS SYSTEM® (8e) 프로그램을 이용하였다.

3.1. 發芽 및 開花期 관련 要因分析

發芽期와 滿開期 관련 要因의 分析은 1~3월 기상자료를 얻지 못한 1994년 자료와 조사 對象 樹에 문제가 있었던 수산리 1999~2001년 자료를 제외한 14포장

×4년 자료와 2포장×3년 자료를 합한 표본크기 61의 자료를 대상으로 하였다.

1월 상순부터 發芽 또는 滿開까지의 旬別 또는 20일이나 30일 平均氣溫과 월별 降水量과 日照時數, 前年度 葉果比 등을 獨立變數로 하였다. 만개기 분석에는 발아일도 독립변수에 포함시켰다. 구해진 발아기 및 만개기 추정식을 이용하여 각 조사 지역의 연도별 豫測値와 실제 조사된 觀測値를 비교하였다.

온주밀감의 生育 零點溫度와 발아에 필요한 積算溫度를 알아보기 위하여 1월 1일부터 발아기까지의 0, 5, 7.5, 10, 12.5℃ 이상 적산온도를 구하여 비교하였다.

3.2. 着花(果) 및 着果率 관련 要因分析

滿開期 요인분석에서와 마찬가지로 표본크기 61인 자료를 대상으로 분석하였다. 前年度 葉果比, 前年度 着花量 요인분석은 花葉比를 從屬變量으로 하고 8월부터 당년도 4월까지의 月別 平均氣溫, 降水量, 日照時數 등을 獨立變數로 하였다. 기상요인의 영향을 명확히 하기 위하여 전년도 엽과비를 고정시킨 偏相關도 분석하여 비교하였다.

착과율은 개화부터 2차 생리낙과가 끝나는 5~7월 사이의 旬別氣溫, 月別 降水量 및 日照時數 등을 獨立變數로 하였다. 착과율은 착화량이 많을수록 적어지는데 착과율과 화엽비는 L자형의 곡선 관계였으므로 화엽비의 常用對數값을 취하여 변수로 하였다. 또한 화엽비를 고정시킨 다음 착과율과 기상요인들과의 偏相關을 구하였다.

3.3. 果實生長 관련 要因分析

果實 肥大速度에 미치는 요인분석은 조사일자가 완전히 일치했던 1996~1998 3년간의 자료 중 남원읍 지역을 제외한 9포장의 자료(표본크기=27)를 대상으로 하였다. 1日 肥大量에 차이가 뚜렷한 시기별로 4區間으로 구분하여 그 기간의 積算溫度, 降水量, 日照時數 등의 氣象要因과 滿開日, 葉果比, 그 시기

최초의 과실크기 등을 獨立變數로 하여 분석하였다. 최초 조사일인 7월 16일의 橫徑에 미치는 기상요인은 滿開期로부터 7월 16일까지의 기상으로 하였다.

수확기 果徑과 果重에 관련된 요인분석은 14포장×5년 자료와 3포장×3년 자료를 합친 표본크기 79인 자료를 대상으로 하였다. 검토된 기상요인은 5월 1일부터 11월 12일까지의 월별 및 전체 積算溫度, 降水量, 日照時數 등이었으며 葉果比와 滿開日도 獨立變數에 포함시켰다.

3.4. 着色 관련 要因分析

着色에 영향을 미치는 要因分析은 1997~1998 2년간 14포장에서 조사된 자료(표본크기=28)를 대상으로 色相色差計에 의해 구해진 a*값을 從屬變數로 하고 만개후 8월 31일까지와 9월 한달, 10월 1일부터 11월 12일까지 등 3기간의 積算溫度, 降水量, 日照時數 등의 氣象과 과즙의 糖度, 滿開期, 葉果比 등을 獨立變數로 하였다.



3.5. 果汁成分 관련 要因分析

과즙의 당도와 적정산함량 관련 요인분석은 14포장×5년 자료와 3포장×3년 자료를 합친 표본크기 79의 자료를 대상으로 하였다.

糖度が 급격히 증가되기 시작하는 9월 3일의 糖度 및 酸 含量 관련 要因分析은 氣象要因으로는 5월부터 8월까지 월별 적산온도와 강수량 및 일조시수를 대상으로 하였고 그 외 엽과비와 만개기도 獨立變數에 포함시켰다.

9월 3일부터 수확기까지의 糖度 증가 및 酸含量 減少와 관련된 要因分析은 기상요인으로는 8월부터 수확기까지 월별 積算溫度와 降水量 및 日照時數, 그리고 葉果比와 滿開期를 대상으로 하였다. 산 함량 감소 관련요인에는 9월 3일 산 함량도 포함시켰다.

收穫期の 당도 및 산 함량과 관련된 요인분석은 5월부터 수확기까지의 월별 積算溫度와 降水量 및 日照時數, 葉果比 및 滿開期 등을 대상으로 하였다.

IV. 結果 및 考察

1. 調査地域의 氣象特性

Table 3은 조사지역의 年平均 氣溫을 나타낸 것이다. 조사대상의 평균 연평균 기온은 14.8℃였으나 그 범위는 12.8~16.8℃로 매우 컸다.

Table 3. Annual mean air temperature(℃) recorded at different locations in Jeju island.

Year Location	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
N-Doryeon	13.0	13.9	15.0	15.6	-	-	-	14.4
N-Odeung	13.9	14.1	14.2	14.8	-	-	-	14.3
S-Bomok	15.7	15.7	16.6	16.8	-	-	-	16.2
S-Gangjeong	15.3	15.3	15.7	16.6	-	-	-	15.7
S-Topyeong	15.0	15.3	15.1	16.3	15.5	16.1	16.3	15.7
S-Wimi	14.4	14.8	14.9	16.1	-	-	-	15.1
S-Sinye-1	14.4	14.6	15.1	16.1	-	-	-	15.0
S-Sinye-2	13.5	13.2	14.2	15.8	-	-	-	14.2
S-Harye	14.4	14.8	14.8	15.8	-	-	-	14.9
S-Ipseok	13.2	13.2	13.9	15.1	-	-	-	13.9
E-Susan	13.5	13.6	14.5	16.0	15.3	15.3	15.6	14.8
E-Nansan	12.6	12.8	13.7	15.6	-	-	-	13.7
W-Sinsu	13.1	13.0	15.1	16.2	-	-	-	14.4
W-Wolgwang	14.2	14.3	14.8	15.5	14.7	14.7	15.1	14.8
Mean	14.0	14.2	14.8	15.9	15.2	15.4	15.7	14.8

See Appendix 1 for the monthly mean air temperature.

연평균 기온을 연도별로 비교해 보면 가장 낮았던 1995년은 14℃인데 비해 가장 높았던 1998년은 15.9℃로 그 차가 1.9℃나 되었다. 지역간의 연평균 기온은 南部地域의 가장 따뜻한 보목동은 16.2℃인데 비해 가장 낮은 난산리 지역은 평균 13.7℃로 2.5℃나 차이가 있어 연도별 온도차이보다 0.6℃정도 더 큰 차이를 보였다. 제주도는 동서로 길고(73km), 남북으로는 짧은(31km) 섬이지만 가운데 1,950m의 높은 산이 있어 지역간 기상 차이가 면적에 비해 큰 편이라고 할 수 있다.

Table 3에는 나타나 있지 않지만 지역간의 월별 평균기온을 보면 온도가 낮은 10월부터 3월까지 추운시기에 차이가 더 크고 6월부터 9월까지 고온기에는 차이가 적었다(Appendix 1. 참고). 단순히 온도만 놓고 볼 때 감귤 果實肥大 및 糖蓄積 適溫이 20~25℃이므로(Kobayashi 등, 1968; 新居 등, 1970) 6~9월의 온도는 모든 지역이 生育適溫에 가까웠다.

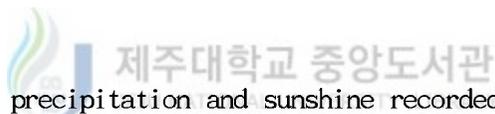


Table 4. Annual precipitation and sunshine recorded at different locations in Jeju island.

Location	Precipitation (mm)				Sunshine(hr)			
	'99	'00	'01	Mean	'99	'00	'01	Mean
S-Topyeong	3,062.7	1,402.7	1,748.6	2,071.3	1,720.2	1,846.7	1,991.0	1,852.6
E-Susan	2,345.1	1,322.3	1,591.3	1,752.9	1,550.5	1,953.4	1,936.8	1,813.6
W-Wolgwang	1,959.0	1,048.7	1,248.1	1,418.6	1,662.5	2,078.4	1,908.2	1,883.0
Mean	2,455.6	1,257.9	1,529.3	1,747.6	1,644.4	1,959.5	1,945.3	1,849.7

See Appendix 3 and 4 for the monthly precipitation and hours of sunshine at the different regions of Jeju island.

降水量은 과실의 과즙당도에 영향이 큰데(森永 등, 1985; 富田와 松本, 1985), Table 4에서 보는 바와 같이 降水量이 가장 많은 곳은 南部地域인 토 평동이고 가장 적은 곳은 西部地域 월광동이었다. 따라서 강수량으로 볼 때 고품질 과실생산에는 강수량이 적은 서부지역이 유리하고 남부지역이 가장 불리하였다. 특히 이렇게 품질에 영향이 큰 강수량의 연도간 차이는 지역간 차이보다 훨씬 커 강수량이 가장 많았던 1999년은 가장 적었던 2000년의 2배나 되어 강수량으로 볼 때 과실품질은 지역간 차이보다 연도간 차이가 더 클 것으로 판단되었다.

일조시수는 연도간 차이와 지역간 차이가 적었는데 강수량이 많은 해는 일조시수가 적고 강수량이 적은 해는 일조시수가 많았다(Table 4). 또한 표에는 나타나 있지 않지만 월별 日照時數를 보면 다른 지역에 비해 일조시수가 적은 북부지역이 여름철에는 다른 지역보다 오히려 많았다(Appendix 3, 4참고).

제주도의 이와같은 지역별 기상특성은 조사기간에만 나타난 특이 기상이 아니며 1961년부터 1990년까지 30년간의 기상조사자료(기상청)에서도 같은 경향을 보이는 일반적인 특성이다. 이렇게 지역별 또는 연도별로 나타나는 기상특성은 그 지역 또는 그 해의 감귤 果實肥大 生長과 品質에 직접적으로 영향을 미치므로 果實肥大 및 品質의 豫測은 그 지역의 기상자료를 이용하여야 誤差를 줄일 수 있을 것으로 사료되었다.

2. 發芽期와 滿開期

2.1. 地域別 年度別 發芽期

Table 5는 1994년부터 2001년까지 8년동안 地域別 發芽期를 조사한 것으로 全體平均 發芽日은 4월 11일이었는데 그 범위는 3월 27일~4월 28일로 한달이 되었다. 5년동안 14개 포장을 조사한 발아일이나 3년동안 3개 지역을 조사한 발아일이나 平均 發芽日은 비슷하였다.

Table 5. Date of sprouting in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.

Year Location	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
N-Doryeon	14	4	20	1	5				9
N-Odeung	14	12	21	5	11				13
S-Bomok	11	8	14	<u>27</u>	<u>31</u>				6
S-Gangjeong	12	10	17	<u>29</u>	4				8
S-Topyeong	14	14	19	13	5	15	12	8	13
S-Wimi	14	11	19	1	5				10
S-Sinye-1	14	5	18	2	4				9
S-Sinye-2	11	11	17	8	2				10
S-Harye	15	12	20	9	9				13
S-Ipseok	17	12	28	6	12				15
E-Susan	13	14	16	7	6	10	12	9	11
E-Nansan	13	13	17	10	7				12
W-Sinsu	14	8	19	<u>27</u>	6				9
W-Wolgwang	16	12	26	<u>29</u>	6	11	10	8	11
Mean	14	10	19	4	6	12	11	8	11

Roman figures indicate the date of April, while italic underlined figures that of March.

年度別 發芽期를 비교해 보면 가장 빠른 해는 1997년으로 4월 4일이었고 가장 늦은 해는 1996년의 4월 19일로 15일 차이가 있었으며 圃場別 平均 發芽期는 가장 빠른 지역인 보목동은 4월 6일인데 비해 가장 늦은 지역인 입석동은 4월 15일로 9일 차이가 있었다. 特定地域의 연도간 발아일 차이가 훨씬 커서 부지역의 월광동인 경우 가장 발아가 빠른 해는 3월 29일인데 비해 가장 늦은 해는 4월 26일로 29일이나 차이를 보였다. 지역간 발아기 차이가 가장 컸던 1994년의 지역간 차이는 16일에 불과하여 연도간 발아기 차이가 지역간 차이보다 훨씬 크다는 것을 알 수 있었다.

年平均 氣溫(Table 3)은 연도간 차이는 적고 지역간 차이가 컸는데 發芽期는 연도간 차이는 크고 지역간 차이가 적게 나타났다. 이와 같이 온도 차이가 적은 연도간에는 오히려 발아기 차이가 크고 온도차이가 큰 지역 간에는 발아기 차이가 적은 것은 감귤의 봄순 발아가 일정 온도에서 이루어지기보다는 그 地域의 年間 生長 사이클의 영향을 많이 받는 것으로 추정된다.

2.2. 發芽期 관련 要因分析 結果

1월 상순부터 4월 상순까지 순별 평균기온을 이용하여 각 순별 또는 월별 평균기온과 발아일과의 상관관계를 분석한 결과, 발아기와 가장 상관이 높은 시기는 2월 하순으로 상관계수는 -0.816이었으며 다음은 2월 상순, 3월 중순 순이었다(Table 6). Table 6에는 나타나 있지 않지만 2월 1일부터 4월 10일까지 10일 간격으로 조합하여 구한 20일 또는 30일 평균기온과 발아기와의 상관은 모두 2월 하순 기온과의 상관보다 낮았다.

Table 6. Correlation coefficients between the date of sprouting and 10-day or monthly weather conditions in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.

Month	10-day mean air temp.			Monthly		
	Early	Middle	Late	Air temp.	Prec.	Sunshine
January	-0.094	-0.118	-0.171	-	-0.1244	<u>0.078</u>
February	-0.740**	-0.168	<u>-0.816**</u>	-0.664**	-0.279*	0.107
March	-0.627**	-0.731**	0.025	-0.594**	0.415**	<u>-0.524**</u>

*Significant at 5% level, **Significant at 1% level.

Variables with correlation coefficient underlined were selected as predictors in stepwise multiple regression analysis with P-to-enter=0.15 ($R^2=0.7388$).

發芽期에는 溫度뿐 아니라 2, 3월의 降水量과 3월의 日照時數도 관련이 있는 것으로 나타났는데 2월은 강수량이 많아야 발아가 빠르고 3월은 강수량이 적어야 빠르며 일조시수는 반대로 2월은 많으면 발아가 늦어지고 3월은 많을수록 빨랐다. 이것은 2월의 강수는 뿌리의 活動再開에 도움을 주지만 3월의 강수는 일조부족과 온도저하를 초래하여 발아를 지연시키는 것으로 추정되었다. 기상요인 외에 전년도 葉果比도 발아기와 逆相關을 보였지만 5%에서 유의성이 인정되지 않았다.

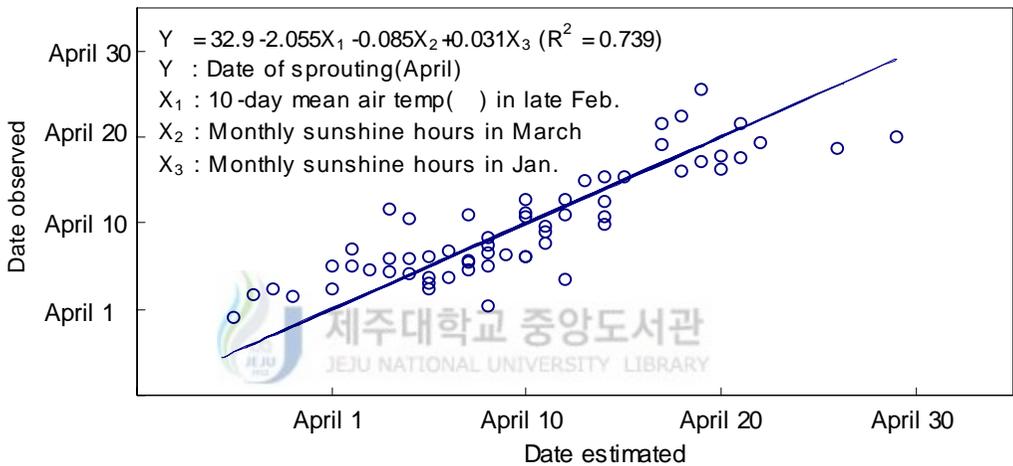


Fig. 2. Relationship between the date observed and the date estimated from the multiple regression equation for sprouting of 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.

2월 하순 평균기온에 의해 발아기(Y : 4월 1일 기준 일수)를 예측하는 단순 회귀식은 $Y = 24.0 - 2.265X$ ($R^2 = 0.666$)로 계산되었다. 段階的 回歸分析 결과 2월 하순 평균기온, 3월 일조시수, 2월 일조시수가 獨立變量으로 채택되었으며 그 회귀식은 다음과 같았다.

$$Y = 32.9 - 2.055X_1 - 0.085X_2 + 0.031X_3 (R^2 = 0.739)$$

Y : 발아기(4월 1일 기준일수) X₁ : 2월 하순 평균기온,

X₂ : 3월 일조시수 X₃ : 1월 일조시수

2월 하순의 平均氣溫에 의해 예측한 豫測値와 觀測値의 차이가 10일 이상되는 것은 61개 예측치 중 2개였으며 5일 이상되는 것은 14개였고, 2월 하순 평균기온 및 1월과 3월의 일조시수에 의해 多重回歸式으로 예측한 예측치와 관측치의 차이가 10일 이상 되는 것은 없었고 5일 이상되는 것은 7개에 불과하였다.

1월 1일 이후 발아기까지 0, 5, 7.5, 10, 12.5℃ 이상의 積算溫度를 계산한 결과(Table 7) 基準溫度를 높일수록 발아에 필요한 적산온도의 標準偏差가 작아졌지만 12.5℃에서도 범위와 標準偏差가 매우 커 生育 零點溫度나 발아에 필요한 積算溫度를 추정하기가 어려웠다.

Table 7. Cumulative effective temperature (heat unit) calculated above various minimum temperatures for the sprouting of 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.

Classification	Minimum air temperature (℃)				
	0	5	7.5	10	12.5
Heat unit (℃)	635.0	526.1	395.8	215.3	90.1
Standard deviation	114.5	133.6	123.1	89.2	54.1
Range	308.2~ 878.4	196.2~ 791.8	78.3~ 661.9	10.3~ 467.0	0.0~ 241.3

이와같은 사실은 劉와 金(1979)이 포도나무의 발아기와 적산온도는 상관관계가 적었다는 것과 유사한 것으로 온주밀감을 비롯한 果樹의 發芽期는 積算溫度보다 일정시기의 溫度變化가 영향을 미칠 것으로 추정되었다.

온주밀감은 절대적인 휴면은 없고 적정 발아온도에서도 발아까지의 所要日數가 긴 休眠狀態는 있는데(門屋, 1991), 최대로 휴면이 깊은 상태는 10월 중하순

이므로(失羽田 등, 1991a; 1995a), 봄철 發芽時 休眠의 영향은 받지 않는다. 그리고 온주밀감은 1~2월 평균기온이 10℃를 넘는 오키나와 지방은 발아기인 3월 상순 평균기온이 15℃ 이상 되는데(佐藤와 宮城, 1986), 1~2월 평균기온이 3~5℃인 제주지역은 발아기인 4월 상중순의 평균기온이 10℃ 안팎이다 (Table 3, Appendix 1).

즉 온주밀감은 適應地域의 溫度變化에 의해 봄순 발아가 빨리 되고 늦게 되는 것으로 발아에 일정 이상의 온도가 필요한 것은 아닌 것으로 사료되었다. 제주도의 경우도 각 지역에 적응된 나무들이 一定溫度에서 발아하는 것이 아니라 그 적응 지역의 온도변화에 따라 발아되고 있다고 할 수 있다. 그러나 地域別 發芽期는 연평균 기온이 높아 따뜻한 지역일수록 빨리 되었으며 이것은 木原(1991)에 의해 보고된 일본에서의 지역별 온주밀감 평균 발아기와 같은 경향을 보였다.

결국 溫州蜜柑의 發芽溫度는 지역에 따라 일정하지는 않지만 온도가 높은 지역일수록 발아가 빨라 發芽의 早晚은 發芽前의 溫度가 영향을 미치고 있음이 인정되었다.

2.3. 地域別 年度別 滿開期

8년 동안 조사된 연도별, 지역별 滿開期는 Table 8에 나타냈는데 平均 滿開期는 5월 16일, 범위는 5월 3일~27일로 24일이었다.

연도별 만개기는 가장 빠른 1998년이 5월 7일인데 비해 가장 늦은 1996년은 5월 23일로 차이가 16일이나 되었다. 이에 비해 지역별 평균 만개기는 가장 빠른 지역인 보목동이 5월 10일인데 비해 가장 늦은 지역인 하례리나 입석동은 5월 19일로 9일 밖에 차이가 없었다. 調査地域에서는 도련동이 만개기 차이가 컸는데 가장 개화가 빠른 1998년은 5월 5일인데 비해 가장 늦은 1996년은 5월 26일로 21일 차이가 있었다. 그러나 지역간 만개기 차이가 가장 컸던 1996년의 지역간 最大差는 12일에 불과하였다.

Table 8. Date of full bloom in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.

Year Location	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
N-Doryeon	15	22	26	12	5				15
N-Odeung	15	24	26	13	8				17
S-Bomok	11	17	15	7	3				10
S-Gangjeong	11	17	19	8	5				12
S-Topyeong	14	24	21	16	7	15	19	15	16
S-Wimi	16	22	24	12	5				15
S-Sinye-1	16	20	21	13	6				15
S-Sinye-2	15	23	21	14	5				15
S-Harye	18	25	27	16	10				19
S-Ipseok	20	25	26	15	11				19
E-Susan	14	24	23	15	7	10	17	11	15
E-Nansan	13	23	24	14	8				16
W-Sinsu	14	22	25	11	7				15
W-Wolgwang	16	25	26	15	8	16	22	14	18
Mean	15	22	23	13	7	14	19	13	16

Figures indicate the date of May.

만개기도 발아기와 같이 年度間 차이가 地域間 차이보다 커 연평균 온도와는 다른 양상을 보였지만 대체로 따뜻한 지역이 개화가 빠르고 봄철 온도가 높은 해의 개화가 빨라 滿開期の 早晚은 봄철 溫度와 關聯이 있을 것으로 생각되었다.

2.4. 滿開期 관련 要因分析 결과

1월부터 4월까지 10일(순별), 20일, 30일간의 평균기온에 대해 10일 간격으로 여러조합을 만들어 滿開期와의 相關係數를 구한 결과 1월 하순과 3월 하순을 제외한 전기간의 平均氣溫이 滿開期와 유의한 相關을 보였는데(Table 9)

그 중 상관계수가 가장 큰 것은 2월 11일~3월 10일과 4월 평균 기온으로 둘 다 상관계수는 0.871이었다. 그리고 순별로 만개기와 상관이 가장 큰 것은 4월 중순, 4월 상순, 2월 하순, 3월 상순 순으로 白(1980)이 개화기에는 3월 11일부터 4월 10일 사이의 平均氣溫이 가장 相關이 컸다는 보고와는 다르게 나타났다.

Table 9. Correlation coefficients between the date of full bloom and 10-day or monthly weather conditions, date of sprouting or number of leaves per fruit in the previous year in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin.

Month	10-day mean air temp.			Monthly		
	Early	Middle	Late	Air temp.	Prec.	Sunshine
January	-0.269*	-0.456**	-0.0953		<u>-0.553**</u>	0.093
February	-0.748**	-0.540**	-0.840**	-0.852**	<u>-0.510**</u>	0.282*
March	-0.818**	-0.699**	0.009	<u>-0.668**</u>	-0.211	<u>-0.156</u>
April	-0.844**	-0.859**	-0.746**	<u>-0.871**</u>	<u>-0.727**</u>	0.854**
Date of sprouting : <u>0.757**</u>			No. of leaves per fruit in previous year : <u>-0.024</u>			

*Significant at 5% level, **Significant at 1% level.

Variables with correlation coefficient underlined were selected as predictors in stepwise multiple regression analysis with P-to-enter =0.15 ($R^2=0.9579$).

온주밀감은 기온이 높을수록 개화가 빨라진다는 것은 많은 研究者에 의해 밝혀졌는데(赤嶺와 宮城, 1986; Bustan과 Goldschmidt, 1998; 井上, 1990b; 문과 김, 2001; 小林 등, 1967), 이외에 일조량(鈴木 등, 1988a)의 영향도 받

는다고 알려져 있다. 이 연구에서는 2월과 4월 일조시수가 많을수록 개화가 늦어지며 1, 2, 4월 강수량이 많을수록 개화가 빨라지는 것으로 나타났다. 강수량은 뿌리의 원할한 水分吸收로 발아 촉진 및 발아된 꽃눈 생장을 순조롭게 하여 만개기에 영향을 미치는 것으로 보이며 일조시수의 영향은 봄철 기상 특성과 결부된 것으로 추정된다. 즉 봄철 특히 4월은 일조가 좋은 날에는 밤 동안 온도가 급격히 낮아져 늦서리가 내리는 일이 많고 서리가 내리지 않더라도 꽃눈의 자람에 직접적인 영향을 미칠 정도로 낮은 온도에 처하게 되므로서 발아가 늦어지는 것으로 생각되었다.

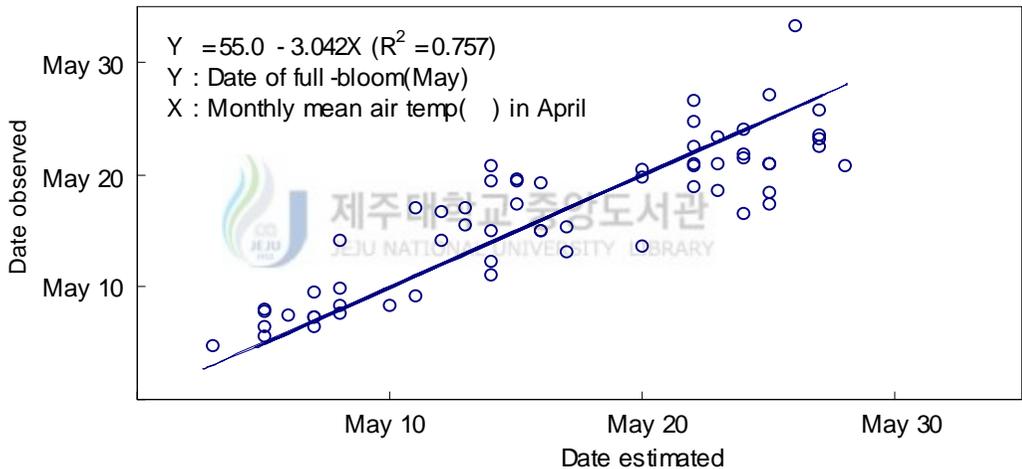


Fig. 3. Relationship between the date observed and the date estimated from the simple regression equation for full-bloom of 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.

月別 平均氣溫, 降水量, 日照時數, 發芽期, 前年度 葉果比를 변수로 하여 단계별로 회귀분석을 한 결과 4월 평균기온, 발아일, 3월 일조시수, 4월 강수량, 3월 평균기온, 2월 강수량, 1월 강수량, 전년도 엽과비 등(Table 9) 8개의 변량이 독립변수로 선택되었으며 決定係數 R² = 0.9579였다. 그러나 예측에 너무 많은 변량이 포함되면 계산이 번잡하므로 4월 평균기온만을 獨立變量으로 한 단순

회귀식과 4개의 변량만 선택한 다중회귀식을 제시하면 다음과 같다.

$$1) Y = 55.0 - 3.042X \quad (R^2 = 0.759)$$

Y : 5월의 일수, X : 4월 평균기온

$$2) Y = 23.2 + 0.477X_1 - 1.7311X_2 - 0.021X_3 + 0.087X_4 \quad (R^2 = 0.9234)$$

Y : 5월의 일수, X₁ : 발아일(4월의 일자) X₂ : 4월 평균기온,

X₃ : 4월 강수량, X₄ : 3월 일조시수

이 예측식을 이용하여 계산된 豫測値와 포장에서 관측된 實測値를 비교한 결과 Fig. 3에서 보는 바와 같이 4월 平均氣溫만을 獨立變量으로 한 단순회귀식에 의한 경우도 추정치의 오차는 가장 큰 것이 7일이고 5일 이상되는 경우는 61개 중 9개에 불과하였다. 그러나 4개의 변량을 이용하여 多重回歸式을 구한 경우 推定値의 오차는 가장 큰 것이 4일로 5일 이상 되는 것이 없어 이 예측식을 이용한다면 제주도의 어느 지역에서나 滿開期 豫測이 可能할 것으로 사료되었다 (Fig. 4)

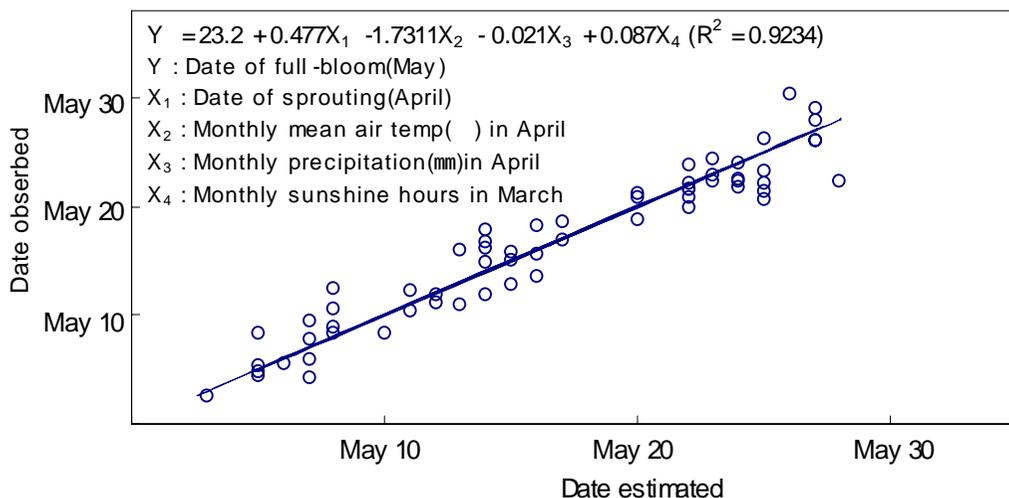


Fig. 4. Relationship between the date observed and the date estimated from the multiple regression equation for full-bloom of 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.

3. 着花量(花葉比)과 着果率

3.1. 地域別 年度別 花葉比

Table 10은 지역별 着花量(花葉比)을 나타낸 것이다.

Table 10. Number of flowers per old leaf in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.

Year Location	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
N-Doryeon	0.3	1.3	1.0	2.0	1.3	-	-	-	1.2
N-Odeung	0.3	1.3	0.9	1.8	0.9	-	-	-	1.0
S-Bomok	0.2	0.8	0.9	1.5	0.5	-	-	-	0.8
S-Gangjeong	0.3	0.7	0.3	1.3	0.6	-	-	-	0.6
S-Topyeong	0.6	0.5	1.3	0.6	0.9	0.5	0.9	0.6	0.7
S-Wimi	0.4	0.6	0.5	1.0	0.6	-	-	-	0.6
S-Sinye-1	0.2	1.4	0.3	1.2	0.6	-	-	-	0.7
S-Sinye-2	0.4	0.8	1.2	1.2	1.0	-	-	-	0.9
S-Harye	0.1	0.7	0.4	0.9	0.5	-	-	-	0.5
S-Ipseok	0.3	1.3	0.5	1.7	0.6	-	-	-	0.9
E-Susan	0.6	0.4	1.2	0.3	0.6	2.0	1.2	1.8	1.0
E-Nansan	0.7	0.3	0.9	0.5	0.4	-	-	-	0.6
W-Sinsu	0.3	1.7	0.4	2.1	0.8	-	-	-	1.1
W-Wolgwang	0.2	0.7	0.6	1.7	0.5	1.3	0.4	1.1	0.8
Mean	0.3	0.9	0.7	1.3	0.7	1.3	0.8	1.2	0.9

연도별 평균 화엽비를 보면 隔年으로 많고 적음이 반복되고 있다. 이것은 전년
년의 착화 및 착과량이 많으면 다음해에는 花芽分化가 억제되어 착화량이 적
어지기 때문이다(森岡, 1988; 森岡와 八幡, 1989; 高等, 1987). 평균 화엽비
는 연도간에는 차이가 크고 지역간에는 이보다 적었다. 즉 着花量이 적었던

1994년의 평균 花葉比는 0.3이었으며 정상적인 결실에 필요하다고 알려진 0.4(岸野, 1991)보다 적은 포장이 대부분이었는데 비해 착화량이 많았던 1997년은 1.3으로 4배나 되었다. 그런데 지역간에는 가장 적은 지역이 0.5이고 가장 많은 지역이 1.2로 2.4배 정도였다. 화엽비는 전년도 착화 및 착과량과 기상 뿐 아니라 摘果(森岡, 1988; 森岡와 八幡, 1989), 收穫時期(김과 문, 2001; 栗山, 1991), 施肥(井上和 片岡, 1991a; 宮本와 中屋, 1990), 剪定(韓 등, 1978) 등 栽培管理에 따라 크게 다르기 때문에 지역간 차이는 그 지역의 특성이라기 보다는 그 나무를 관리하는 栽培法에 따른 차이라고 생각된다. 그러나 연도별 차이는 각 지역 및 포장의 재배 관리가 일정하기 때문에 豊凶과 같은 착과량 變動週期나 기상의 영향으로 사료되었다.

3.2. 花葉比 관련 要因分析 결과

화엽비와 전년도 9월부터 당년도 4월까지 월별 평균기온, 강수량, 일조시수 및 前年度 葉果比와의 相關을 분석한 결과는 Table 11과 같다.

전체적으로 볼 때 평균 기온은 화엽비와 상관이 없었으며 강수량은 1월~3월에만 逆相關을 보였고 일조시수는 11월에만 逆相關을 보였다. 그리고 전년도 엽과비와는 정상관을 나타내었다. 화엽비가 기상의 영향을 받기보다 전년도의 엽과비(착과량)의 영향을 더 많이 받는 것은 엽과비가 적어 착과가 많은 나무일수록 結果母枝의 전 탄수화물 함량이 낮아지기 때문인 것으로 추정된다. 同一圃場내에서도 양분 차이가 있는 나무의 경우 결과모지내 전탄수화물 및 C/N율이 높을수록 결과모지당 착화수가 많았으며 결실이 많은 해와 적은 해의 결과모지내 C/N율 및 당함량도 같은 경향이 있었다(川野, 1988; 1989a).

그러나 C/N율 및 당함량이 화아분화 또는 착화량에 직접적인 영향을 미친다고는 말할 수 없다는 주장도 있어(宮本와 中屋, 1990; Garcia-Luis 등, 1995) 앞의 總 炭水化合物이나 C/N율과 花芽分化 또는 着花量과의 관계는 아직 분명치 않다.

Table 11. Correlation coefficients between the number of flowers per old leaf and monthly weather conditions, or the number of leaves per fruit in the previous year in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.

Previous year	Air temp.	Prec.	Sunshine	Current year	Air temp.	Prec.	Sunshine
Sept.	-0.005	-0.220	0.120	Jan.	-0.218	-0.326*	-0.160
	0.037	-0.154	0.161		-0.167	-0.276*	-0.240
Oct.	-0.075	<u>0.041</u>	-0.222	Feb.	-0.057	<u>-0.255*</u>	-0.134
	-0.068	0.038	-0.194		-0.039	-0.222	-0.141
Nov.	0.007	<u>-0.193</u>	<u>-0.311*</u>	March	0.025	-0.366***	0.213
	0.030	-0.193	-0.277*		0.019	-0.349***	0.203
Dec.	-0.027	-0.013	-0.057	April	-0.06	-0.071	0.101
	0.005	-0.087	-0.152		-0.0352	-0.146	0.089

Number of leaves per fruit in the previous year : 0.330***

*Significant at 5% level, **Significant at 1% level.

Upper figures indicate the simple correlation coefficients, while the lowers the partial correlation coefficients when the number of leaves per fruit in the previous year is held constant.

Variables with correlation coefficient underlined were selected as predictors in stepwise multiple regression analysis with P-to-enter=0.15 ($R^2=0.3980$).

봄철 강수량이 많을수록 착화량이 적어진 것은 화아분화기의 C/N율과 관련 지어 볼 때 건조에 의한 화아분화의 촉진으로 설명될 수 있겠지만 11월의 일조시수와 화엽비가 逆相關을 보인 것은 C/N율로 설명할 수 없다. 화엽비를 추정하기 위한 段階別 回歸分析에서 11월 일조시수, 전년도 엽과비, 11월 강수량, 10월 강수량, 2월 강수량 등 5변수가 獨立變量으로 선택되었으며 전년도 엽과비와 2월 강수량이 많을수록 화엽비가 많아지며 10월과 11월 강수량 그리

고 11월 일조시수는 많을수록 花葉比가 적어지는 것으로 나타났다. 그러나 다중회귀식의 決定係數 $R^2=0.3980$ 에 불과하였다.

따라서 화엽비는 여기에서 검토된 기상요인 또는 전년도 착과량 보다는 栽培管理 방법 등 다른 요인의 영향을 크게 받고 있다고 생각되었다.

3.3. 地域別 年度別 着果量 및 着果率

生理的 落果가 끝나 着果 安定期인 7월 하순에 조사한 地域別 葉果比 성적은 Table 12와 같다.

Table 12. Number of leaves per fruit in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.

Year Location	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
N-Doryeon	23.1	22.6	21.9	16.5	20.0	-	-	-	20.8
N-Odeung	27.4	18.5	25.2	12.0	18.8	-	-	-	20.4
S-Bomok	13.1	19.0	23.0	13.0	26.3	-	-	-	18.9
S-Gangjeong	8.5	17.2	31.7	13.9	16.7	-	-	-	17.6
S-Topyeong	15.8	25.1	21.7	23.0	11.2	16.1	22.4	17.7	19.1
S-Wimi	21.1	17.0	30.6	21.7	19.1	-	-	-	21.9
S-Sinye-1	12.1	12.7	68.6	30.4	24.2	-	-	-	29.6
S-Sinye-2	15.5	36.2	25.6	31.5	35.5	-	-	-	28.9
S-Harye	45.0	28.4	72.6	28.5	25.3	-	-	-	40.0
S-Ipseok	24.5	25.0	23.8	14.8	31.7	-	-	-	24.0
E-Susan	12.3	40.9	31.4	23.3	17.0	16.4	20.9	16.1	22.3
E-Nansan	27.3	25.9	20.9	27.8	26.8	-	-	-	25.7
W-Sinsu	24.2	15.0	46.2	11.9	44.7	-	-	-	28.4
W-Wolgwang	18.7	15.3	41.0	10.6	14.7	16.6	34.7	18.0	21.2
Mean	20.6	22.8	34.6	19.9	23.7	16.4	26.0	17.3	23.9

조생 온주밀감의 適正 葉果比는 25내외인데 전체 平均 葉果比는 23.9로 적정 엽과비에 유사하게 결실되었음을 알 수 있었다. 그러나 그 범위는 8.5~72.6으로 연도에 따라 그리고 지역에 따라 차이가 컸다.

Table 13. Percent fruit setting in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.

Year Location	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
N-Doryeon	19.1	3.8	18.3	4.5	11.2	-	-	-	11.4
N-Odeung	19.4	17.0	15.5	11.2	17.3	-	-	-	16.1
S-Bomok	39.4	17.1	19.7	9.9	27.3	-	-	-	22.7
S-Gangjeong	36.6	21.8	32.4	10.7	24.9	-	-	-	25.3
S-Topyeong	9.4	15.4	8.3	17.0	16.0	21.6	16.2	35.3	17.4
S-Wimi	14.8	17.2	18.8	10.7	16.5	-	-	-	15.6
S-Sinye-1	48.6	9.6	9.2	7.5	14.7	-	-	-	17.9
S-Sinye-2	18.0	9.5	7.8	11.3	6.0	-	-	-	10.5
S-Harye	24.7	12.8	12.5	5.2	24.1	-	-	-	15.9
S-Ipseok	20.5	6.4	19.8	5.8	25.0	-	-	-	15.5
E-Susan	11.9	21.3	8.0	26.5	20.6	8.3	7.7	6.4	13.8
E-Nansan	5.3	37.1	9.6	18.7	30.9	-	-	-	20.3
W-Sinsu	21.9	25.9	13.7	6.1	17.5	-	-	-	17.0
W-Wolgwang	27.7	22.6	11.8	11.7	32.5	11.1	20.0	13.4	18.8
Mean	22.7	17.0	14.7	11.2	20.3	13.7	14.6	18.4	16.6

이와 같이 葉果比가 크게 차이를 보여 豊凶이 되는 것은 着花量이 많고 적은 것이 主要原因이지만 Table 13에서 보는 바와 같이 해에 따라 또는 지역에 따라 着果率이 크게 다른 것도 관여되고 있다고 할 수 있다. 着果率은 연도별 평균으로 비교해도 11.2%에서 22.7%로 배 이상 차이가 있고 지역간에도

10.5%에서 25.3%로 배 이상의 차이가 있었다. 특히 동일 연도의 지역간 차이는 5.3%~48.6%로 그 차가 9배나 되고 동일 지역의 연도간 차도 5.3~37.1%로 7배 가까이 되어 着果率 차이가 매우 심함을 알 수 있었다.

3.4. 着果率 관련 要因分析 結果

5~7월의 순별 기온과 월별 기온, 강수량, 일조시수, 착화량 등과 着果率과의 상관을 분석한 결과는 Table 14에서 보는 바와 같다.

Table 14. Correlation coefficients between the percent fruit setting and 10-day or monthly weather conditions, or logarithm of the number of flowers per old leaf in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.

Month	10-day mean air temp.			Monthly	
	Early	Middle	Late	Prec.	Sunshine
May	0.084	-0.177	0.200	-0.003	-0.254*
	0.173	0.060	0.148	-0.077	-0.287*
June	-0.271*	-0.215	-0.098	0.227	-0.253*
	-0.175	-0.055	0.101	-0.141	0.046
July	0.243	<u>0.249</u>	-0.042	0.116	-0.060
	0.297*	<u>0.304*</u>	-0.008	0.042	0.111

Logarithm of the number of flowers per old leaf : -0.651**

*Significant at 5% level, **Significant at 1% level.

Upper figures indicate the simple correlation coefficients, while the lowers the partial correlation coefficients when logarithm of the number of flowers per old leaf is held constant.

Variables with correlation coefficient underlined were selected as predictors in stepwise multiple regression analysis with P-to-enter=0.15 ($R^2=0.4769$).

단순상관분석에서 氣象要因으로는 6월 상순의 기온과 5, 6월 일조시수가 着果率과 유의한 逆相關이 인정되었으며, 花葉比를 固定시킨 偏相關係數는 7월 초·중순의 기온은 착과율과 正相關이, 5월의 일조시수는 逆相關이 유의하게 나타났다. 착과율과 화엽비는 곡선관계로 단순상관계수는 영에 가까웠으나 화엽비의 常用對數 값과는 고도로 유의한 逆相關이 인정되었다.

이 연구에서 화엽비가 많을수록 착과율이 낮아지는 현상은 기존의 보고 (Guardiola, 1981; Lovatt, 1991; 高木 등, 1987a)와 일치하고 있지만 5, 6월의 일조시수가 많을수록 착과율이 낮아지며 7월 초·중순의 기온이 높을수록 착과율이 높아지는 경향은 이미 알려진 바와는 반대되는 현상이다. 감귤의 낙과를 증가시키는 기상 요인은 高溫(Bustan과 Goldschmidt, 1998; 木原와 小中, 2000; 小林 등, 1976), 乾燥(木原와 小中, 2000), 日照不足(문, 1998; 鈴木 등 1988a) 등으로 이들 기상요인은 탄수화물 소비 증대 또는 광합성 속도 저하에 의한 탄수화물 부족을 유발하기 때문인 것으로 설명되고 있다.

제주도 지방에서 기상요인이 着果率에 미치는 영향을 해석하기 위해서는 더 많은 연구가 있어야 할 것으로 생각된다.

着果率을 豫測하기 위한 段階的 回歸分析 결과 화엽비의 常用對數와 7월 중순기온이 獨立變量으로 채택되었으며 다음과 같은 다중회귀식을 얻었다.

$$Y = -26.048 - 23.342 \log X_1 + 1.6049 X_2 \quad (R^2 = 0.4769)$$

Y : 착과율(%), X₁ : 화엽비, X₂ : 7월 중순 평균 기온

이렇게 산출된 예측식에 의해 구해진 착과율 예측치와 조사된 실측치의 관계는 Fig. 5에서 보는 바와 같았다. 實測值와 豫測值의 차이가 큰 것은 26% 까지 이르러 着果率은 豫測이 어려운 것으로 판명되었는데, 다중회귀식의 R=0.4769에 불과하여 착과율에는 화엽비와 7월 중순 기온 이외에 요인이 더 많이 관여되고 있기 때문이다.

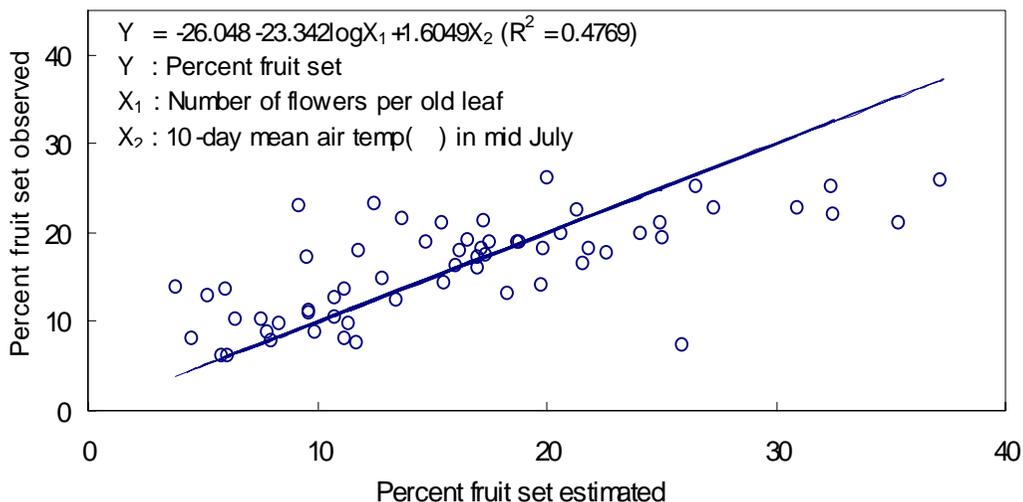


Fig. 5. Relationship between the percent fruit set observed and that estimated from the multiple regression equation in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.



4. 果實生長

4.1. 果徑增加

4.1.1. 橫徑增加 曲線

Fig. 6은 제주도에서 조생 온주의 果實橫徑 증가 추세를 알아 보고자 14개 지역에서 1개 지역당 100개 총 1,400개의 과실을 7월 16일부터 一週日間隔으로 3년간 같은날에 조사한 것을 평균한 것이다. 同一果實을 측정하기 위하여 첫조사 일을 2차 生理落果가 마무리되는 7월 16일로 하였다. 과실횡경비대는 調査始點인 7월 16일부터 8월 6일까지가 가장 왕성하였고 그 후 10월 중순까지는 약간 비대 속도가 늦어 완만한 生長曲線을 그렸으며 10월 중순 이후는 비대 속도가 더욱 떨어져 肥大曲線도 더 완만해 졌다.

이러한 과실 횡경 비대 양상은 新居(1980)가 온주밀감의 果實橫徑이나 果重의 生長은 S자 모양의 곡선을 나타내며 만개 후 3주째에 가장 왕성하게 자라

9월 중순까지 높은 수치를 나타낸다는 보고와 유사하였지만 증가 추세가 下落되는 시기는 약간 달랐다. 또한 온주밀감의 과실생장을 新居(1998)는 제 1기는 細胞分裂期로 만개 후 약 30일간, 제 2기는 細胞質 增加期로 6월 하순~8월 하순, 제 3기는 液胞 發達期로 8월 이후, 제 4기는 成熟期로 11월 중하순 네단계로 구분하였는데 Fig. 6은 7월 중순부터 조사되었기 때문에 네단계의 특징이 모두 나타나지는 않았으나 조생온주에서는 8월 하순까지의 급속한 증가는 細胞質 增加期에 해당되고 10월 중순까지의 증가는 液胞 發達期이며 10월 중순 이후의 완만한 횡경 비대는 成熟期를 나타내는 것으로 추정되었다.

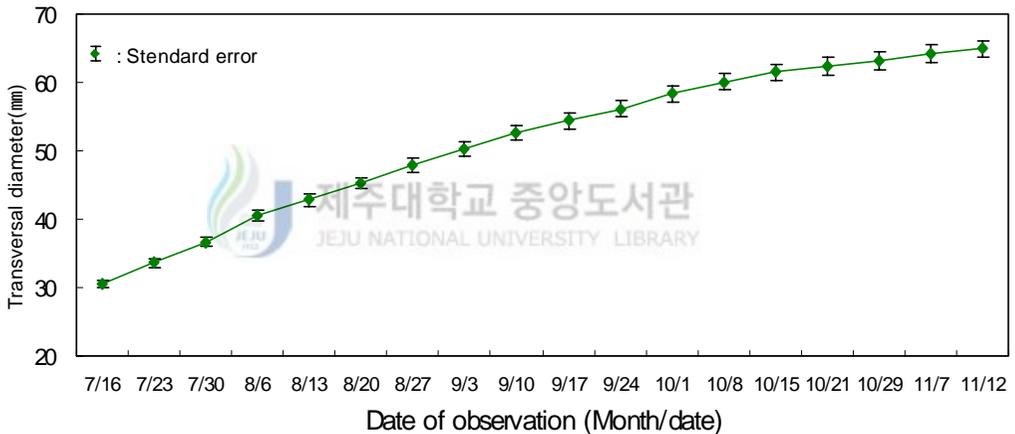


Fig. 6. Changes in transversal diameter of fruit in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island. Mean of 4,200 fruits measured at 14 locations in three years of '96 through '98.

4.1.2. 横徑 1日 增加量의 變化

과실횡경의 시기별 증가량은 과실횡경의 증가곡선만으로는 이해하기 어렵다. 時期別 肥大量을 매일 매일의 성장량으로 비교하면 어느 시기에 얼마나 자라는지 쉽게 알 수 있는데 Fig. 7은 調査期間(7일)의 果實横徑 肥大量을 그 日數로 나누어 그 기간의 1日 肥大量으로 나타낸 것이다.

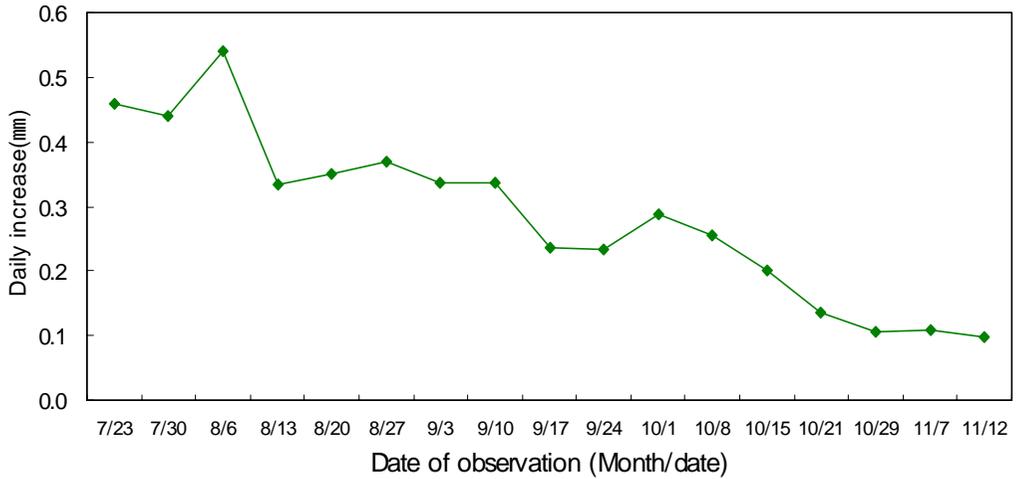


Fig. 7. Changes in daily increase in transversal diameter of fruit in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island. Mean of 4,200 fruits measured at 14 locations in three years of '96 through '98.

횡경의 1일 비대량은 7월 중순부터 8월 상순까지는 0.5mm 내외 였고 8월 중순 이후 9월 하순까지는 0.3mm 내외 였으나 着色期인 10월 하순부터는 0.1mm 내외로 적어졌다. 이렇게 1일 비대량도 生長量에 따라 3단계로 구분이 가능하 였으며 이것은 新居(1980)가 온주밀감 과실의 횡경은 개화 3주째에 가장 왕성 하게 자라 9월 중순까지 높은 수치를 나타내었다고 한 보고와 유사하였다.

온주밀감 과실의 횡경은 매일 증대되지만 하루 중 증가만 계속되는 것은 아 니다. 門屋(1973)에 의하면 하루 중의 과실비대는 16~20시에 가장 왕성하고 맑은 날에는 20~30분 週期로 收縮과 肥大를 반복하며 하루 중에도 日照가 강 한 9시부터 收縮이 시작되어 16시에 가장 작아지고 그 후 새벽 2시까지 급격 히 비대하며 그후는 완만하지만 해뜨기 전까지 비대가 계속된다고 하였다. 이 러한 收縮과 肥大의 반복은 맑은 날에만 일어나는 현상이므로 진정한 하루의 肥大量은 매일 아침 해뜨기 직전에 測定되는 것이라야 한다. 이 연구에서는 낮에 횡경을 측정하였지만 一定期間 동안의 增加量을 일수로 나눈 1日 平均 增加量은 과실 비대 속도를 나타낸다고 할 수 있다.

4.1.3. 橫徑 1日 增加量과 관련된 氣象要因

積算溫度, 강수량, 일조시수, 조사기간 최초일의 횡경, 滿開期, 花葉比, 葉果比와 橫徑의 1日 增加量과의 상관을 분석한 결과는 Table 15와 같았다.

Table 15. Correlation coefficients between the increase in the transversal diameter of fruit and various variables during the different periods of fruit growth in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.

Variables	Period	July 16	July 16 ~ Aug. 6	Aug. 6 ~ Sept. 17	Sept. 17 ~ Oct. 1	Oct. 1 ~ Nov. 12
	Diameter at the beginning of the period			0.206	-0.695***	0.473*
Date of full bloom		-0.910***	-0.248	0.7177***	-0.299	0.597***
No. of flowers per old leaf		-0.043			-	-
No. of leaves per fruit		-0.400*	-0.326	0.700***	0.193	0.516***
Cumulative temp.		0.906***	-0.407*	-0.116	0.636***	0.342
Precipitation		0.223	0.273	0.529***	0.710***	0.505***
Hours of sunshine		0.641***	-0.206	-0.225	-0.735***	-0.659***

*Significant at 5% level, ***Significant at 1% level.

첫 조사일인 7월 16일의 횡경은 만개기와는 逆相關, 滿開期부터 조사일까지의 積算溫度와는 正相關으로 상관계수 0.9 이상의 고도로 유의한 상관을 보여 만개기가 빠르고 만개후 온도가 높을수록 횡경비대는 양호하였다. 또한 이 시기의 일조시수도 과신허경과 정상관을 보여 초기 조사일의 과신크기는 온도가 높고 만개후 기간이 길며 광합성이 잘되는 광조건 하에서 커지는 것으로 나타났다. 이 시기까지는 葉果比와 橫徑은 逆相關을 보였다.

果實橫徑肥大가 가장 왕성한 시기인 7월 16일~8월 6일 사이는 積算溫度가 1일 횡경 증가량과 逆相關을 보였는데 이는 이 시기의 평균기온이 25℃ 이상 고온이 되는 시기로 온주밀감 과실비대 適溫인 20~25℃(Kobayashi 등, 1968; 新居 등, 1970)보다 높은 온도로 경과되었기 때문이다.

8월 6일~9월 17일 사이의 과실비대에는 滿開期와 葉果比의 영향이 가장크고 과실비대와 이들간에는 정상관을 나타내었으며 다음은 8월 6일의 횡경으로 逆相關, 그 다음은 강수량으로 정상관을 보였다. 이것은 개화기가 빨라 8월 6일에 횡경이 큰 것은 개화기가 늦어 횡경이 작은 것에 비해 생육단계가 한단계 빨라져 果徑肥大가 쇠퇴해졌기 때문이며, 엽과비가 많은 것은 1果當 光合成 産物의 分配가 많기 때문이다(森岡 등, 1988). 특히 8월의 강수량은 적을수록 토양수분 부족으로 과실횡경비대를 직접적으로 억제하게 되는 것이다(森永 등, 1985; 白 등, 1991).

9월 17일~10월 1일 사이는 온도가 낮거나 강수량이 적고 일조시간이 길면 과실비대는 억제되는 것으로 나타났다. 이 시기는 生育段階로 볼 때 液胞에 당축적이 시작되는 때이므로 이때 과실비대가 억제되는 기상조건은 品質向上 특히 당도 증가에는 좋은 조건이 된다.

10월 1일 이후 수확기까지 橫徑肥大는 일조시수가 많거나 강수가 적으면 억제되고 엽과비가 많을수록 그리고 만개기가 늦을수록 橫徑肥大가 증가되었다. 이 시기는 과피의 성장 및 과실로의 양분이동과 관련하여 착과량이 적을수록 과실비대는 좋게되며 만개가 빠른 과실은 성숙이 빨라지면서 횡경 증가량이 적어지는 것이라고 추정된다.

4.1.4. 果徑의 증가와 果形指數의 變化

Fig. 8은 8월 중순부터 2주간격으로 과실의 橫徑, 縱徑 및 果形指數의 時期別 變化를 나타낸 것이다.

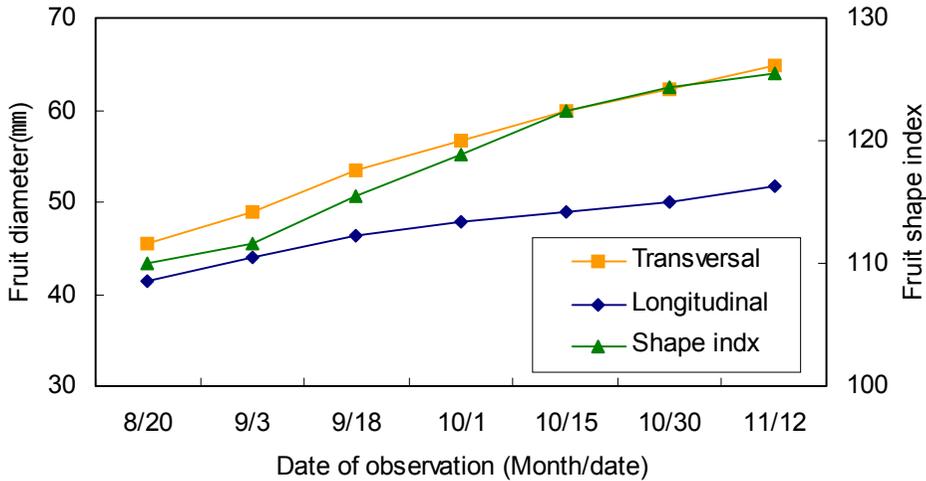


Fig. 8. Increase in fruit diameters in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island. Every point indicates mean of measurements for 3,950 fruits collected from 14 locations for 5 or 8 years ('94 through '01).

9월 상순까지의 과실비대는 횡경과 종경이 비슷하였지만 그 이후 10월 말까지 횡경비대는 완만하지만 꾸준히 증가하였는데 반해 종경 비대는 매우 적었다. 이에 따라 果形指數도 9월 상순까지는 110정도였으나 그 이후 급격히 증가하여 10월 말에는 과형지수가 125 정도로 커졌으며 10월 이후는 果實橫徑肥大가 鈍化되면서 과형지수 증가폭도 적어졌다.

이와같은 결과는 온주밀감은 8월까지의 횡경, 종경 모두 비슷하게 증가하지만 그 후 종경의 생장은 떨어지고 횡경의 생장은 늦게까지 증가가 계속되었다는 倉岡와 菊池(1961)의 보고와 일치한다. 이밖에 高木 등(1982)은 온주밀감 과실의 위치별 相對生長率은 開花 前은 果梗部가 높고 개화 직후는 赤道部가 높으며 그 이후는 赤道部와 果頂部가 높았다고 하여 성장 단계별로 과실 부위별 성장속도가 다르고 초기에는 종경비대의 相對生長率이 높음을 시사하였고 과실의 이런 성장 특성은 개화전에 고온이 되면 果梗部(꼭지부분)가 튀어나거나 縱徑이 큰 畸形果가 된다고 하였다.

4.2. 果皮두께의 變化

Fig. 9는 8월 20일부터 11월 12일까지 14일 간격으로 과피를 果肉과 분리한 후 赤道部分의 과피두께를 측정하여 평균한 것이다.

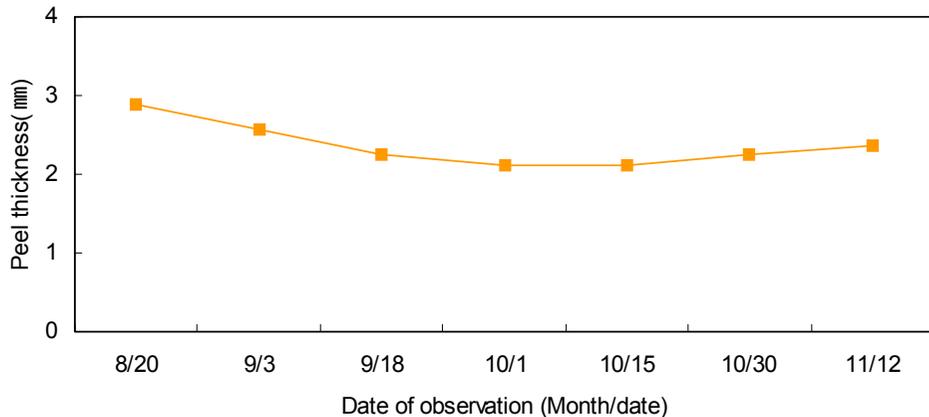


Fig. 9. Changes in peel thickness in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island. Every point indicates mean of measurements for 3,950 fruits collected from 14 locations for 5 or 8 years ('94 through '01).

과피는 측정시점인 8월 20일부터 계속 얇아지다가 10월 중순 이후는 극히 완만하지만 증대되는 경향을 보였다. 이것은 倉岡와 菊池(1961)가 과피의 두께는 6월초부터 급속히 증가하고 6월말에서 7월 초에 최대에 달하고 그 이후는 감소하며 9월 부터는 크게 변화하지 않지만 10월 이후는 약간 증가하는 경향을 보였다는 결과와 일치한다.

과피두께의 이러한 변화는 과피의 생장이 9월까지의 細胞分裂에 의해 증가되지만 그 이후는 細胞의 肥大도 따르기 때문이라고 하였는데(倉岡와 菊池, 1961), Kawase와 Hirai(1983)도 과피의 新鮮重은 果肉重의 증가가 멈춘 후에도 증가를 계속하여 이시기부터 浮皮가 되었다고 하여 10월 중순이후 과피두께 증가는 果皮細胞의 增大에 의한 것으로 사료되었다. 그러나 10월 중순 이후의 과피두께 증가가 浮皮를 뜻하는 것인지에 대해서는 분명치 않았다.

4.3. 果重의 增加와 果肉率의 變化

Fig. 10은 果重과 果肉重 및 果肉率의 時期別 變化를 2週 간격으로 조사한 결과이다.

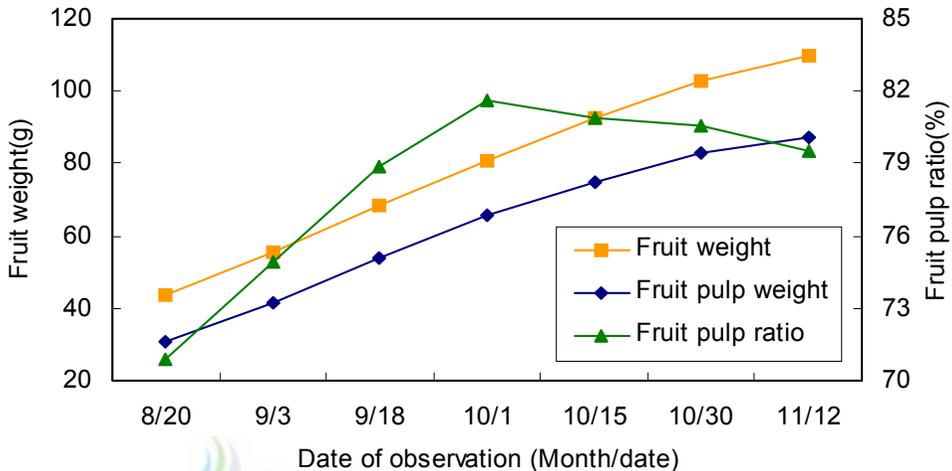


Fig. 10. Increase in weight of fruit and pulp, and pulp ratio in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island. Every point indicates mean of measurements for 3,950 fruits collected from 14 locations for 5 or 8 years('94 through '01).

果重은 10월 상순까지는 거의 직선적으로 급속한 증가를 보이다가 10월 중순 이후 증가폭이 적어졌고 10월말 이후는 다시 증가 폭이 급격히 떨어졌다. 이것은 果肉重에서도 같은 양상을 보였으나 10월 중순 이후는 과중의 증가에 비해 과육중의 증가 폭이 약간 더 떨어졌다.

果肉率은 과피두께와 관련이 깊어 과피두께가 얇아지는 8월 20일 이후 10월 상순까지는 급격히 증가하여 80%를 상회하지만 과피두께가 두꺼워지는 10월 중순부터는 果肉重의 증가 속도가 果皮重의 증가 속도보다 떨어지기 때문에 과육율은 오히려 낮아졌다.

4.4. 收穫期 果實의 지름과 무게

4.4.1. 橫徑

Table 16은 수확기 果實橫徑을 조사한 결과이다. 수확기 果實橫徑의 平均은 65.2mm였지만 가장 컸던 1995년의 수산리는 74.6mm였고 가장 작았던 1997년 강정동은 52.4mm밖에 안되었으며 해에 따라 지역에 따라 큰 차이를 보였다.

Table 16. Transversal diameter(mm) of fruit in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.

Year Location	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
N-Doryeon	66.7	61.7	67.4	54.9	64.9	-	-	-	63.1
N-Odeung	70.9	68.9	68.5	59.6	66.8	-	-	-	66.9
S-Bomok	64.3	66.7	70.5	61.8	69.5	-	-	-	66.5
S-Gangjeong	59.5	61.6	60.8	52.4	64.4	-	-	-	59.8
S-Topyeong	62.5	65.7	64.6	66.9	61.9	64.2	70.3	67.3	65.4
S-Wimi	65.2	65.4	68.6	58.8	67.8	-	-	-	65.2
S-Sinye-1	68.6	63.7	74.2	64.7	69.5	-	-	-	68.1
S-Sinye-2	66.7	67.8	65.0	65.6	69.9	-	-	-	67.0
S-Harye	71.1	66.8	69.8	68.7	73.0	-	-	-	69.9
S-Ipseok	62.5	58.3	62.4	58.1	64.9	-	-	-	61.2
E-Susan	69.8	74.6	62.4	64.4	64.1	62.8	64.4	64.0	65.8
E-Nansan	60.7	69.0	63.9	64.4	66.9	-	-	-	65.0
W-Sinsu	66.3	61.0	67.4	54.0	68.5	-	-	-	63.4
W-Wolgwang	67.5	61.6	67.6	58.0	67.3	65.9	70.4	61.5	65.0
Mean	65.9	65.2	66.6	60.9	67.1	64.3	68.3	64.3	65.2

수확기 횡경을 年度別 平均으로 비교해 보면 가장 컸던 1998년이 67.1mm였고 가장 작았던 1997년이 60.9mm로 6.2mm 차이가 있었다. 地域間 平均은 가장 큰 곳이 하례리로 69.9mm인데 비해 가장 작은 곳은 강정동으로 59.8mm 불과하여 10.1mm 차이를 보였다. 그러나 한 지역의 연도별 변이는 이보다 훨씬 커 월광동인 경우 1998년은 68.5mm였는데 비해 1997년은 54.0mm로 14.5mm 차이를 보였다. 또 1997년의 경우 하례리는 68.7mm였는데 비해 강정동은 52.4mm로 무려 16.3mm나 차이가 있어 收穫期 果實 橫徑은 年度間 차이보다 地域間 차이가 더 컸다.

이러한 차이의 원인을 분석하고자 5월부터 수확기까지의 월별 積算溫度, 강수량, 일조시수 등 기상요인 그리고 엽과비 및 만개기등과 수확기 果實 橫徑과의 相關을 구한 것이 Table 17이다. 수확기 과실횡경 크기와 가장 관계가 깊은 요인은 엽과비였다. 葉果比와 收穫期 果實 橫徑과는 고도로 유의한 정상관 관계를 보여 착과가 적어 엽과비가 많을수록 과실 횡경 비대는 잘 되었고 과실이 많이 달려 엽과비가 적을수록 과실 횡경 비대는 적어짐을 확인할 수 있었다. 이와 같은 경향은 풍년이었던 홀수년은 흉년이었던 짝수년에 비해 상대적으로 횡경이 작아지는 연도별 변화에서도 나타나고 있다. 이와 같이 葉果比가 커 着果量이 적을수록 과실비대가 잘 된다는 것은 森岡 (1988), Stover(2000) 등의 보고를 비롯해 잘 알려진 사실이다. 단순 상관 분석에서 收穫期 橫徑과 積算溫度는 8월만 유의한 정상관이 있었고, 강수량은 6월과 10월에 정상관을, 일조시수는 6월과 10월에 逆相關을 보였다.

그러나 葉果比 요인을 고정시킨 偏相關의 경우 7월부터 10월까지 모든 달의 積算溫度가 유의성이 인정되었다. 과실 비대기의 기온과 수확기 과실 횡경이 正相關을 보이는 것은 제주도의 과실 비대기 平均氣溫이 7~8월만 25℃를 넘고 그 외의 달은 20℃내외로 과실 비대 最適溫度인 20~25℃(新居 등, 1970)보다 낮아 적산온도가 부족하기 때문인 것으로 사료되었다.

Table 17. Correlation coefficients between the transversal diameter of fruit at harvest and monthly weather conditions, the number of leaves per fruit or date of full bloom in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.

Month	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Oct.+N ^z	Total ^y
Cumulative temp.	0.025	-0.177	0.122	<u>0.267*</u>	0.113	0.140	0.176	0.015
	0.189	-0.078	0.287*	0.311**	0.244*	0.231*	0.219	0.264*
Precipitation	-0.010	0.389**	-0.033	0.016	<u>0.217</u>	0.259**	0.246**	0.197
	-0.013	0.264*	-0.008	0.014	0.334**	0.266*	0.173	0.225
Hours of sunshine	-0.111	<u>-0.418**</u>	0.112	0.169	0.062	-0.316**	-0.220	-0.118
	-0.306**	-0.306**	0.166	0.126	0.085	-0.315**	-0.092	0.028
No. of leaves per fruit : <u>0.527**</u>				Date of full bloom : 0.165				

*Significant at 5% level, **Significant at 1% level.

Upper Figures indicate the simple correlation coefficients, while the lowers the partial correlation coefficients when the number of leaves per fruit is held constant.

Variables with correlation coefficient underlined were selected as predictors in stepwise multiple regression analysis with P-to-enter=0.15 ($R^2=0.4293$).

^zOct.+N contains data from Oct. 1 to Nov. 12.

^yTotal contains data from May 1 to Nov. 12.

또한 降水量과의 偏相關은 6, 9, 10월에 유의한 正相關을 보여 과실비대는 가을철 강수량과 관련이 있음을 알 수 있었다. 이것은 森永 등(1985)이 강수량이 적을수록 과실크기도 적었다는 보고와 일치하며 白 등(1991)이 토양벌칭에 의해 8월부터 강우를 차단하면 과실횡경비대가 억제되었다는 보고와도 유사하였다.

日照時數와의 偏相關은 5, 6, 10월에 유의한 逆相關을 보였는데 5~6월은 생리낙과기의 일조증가가 생리낙과를 적게하여 착과량이 많아졌기 때문이며 10월은 강수량 부족과 결부되어 蒸散이 促進되었기 때문인 것으로 추정된다.

수확기 果實橫徑을 從屬變數로 한 단계적 회귀분석에서 엽과비, 9월 강수량, 8월 적산온도, 6월 일조시수 등 4요인이 獨立變數로 채택되었으나 R²값은 0.4293에 불과하여 과실횡경 크기는 검토된 요인 이외에 栽培管理 등 다른 요인의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

4.4.2. 縱徑

Table 18은 지역별 및 연도별 수확기 果實 縱徑을 조사한 결과이다. 수확기의 과실 종경 평균은 51.0mm였으나 가장 작았던 1997년의 강정동은 44.0mm, 가장 컸던 1995년의 수산리는 60.2mm나 되었다.

Table 18. Longitudinal diameter(mm) of fruit in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.

Year Location	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
N-Doryeon	54.3	52.5	51.2	44.9	52.3	-	-	-	51.0
N-Odeung	53.2	52.5	52.4	48.2	52.1	-	-	-	51.7
S-Bomok	52.8	50.5	53.7	48.8	55.1	-	-	-	52.2
S-Gangjeong	48.0	51.3	52.6	44.0	50.9	-	-	-	49.4
S-Topyeong	51.4	51.8	53.8	53.2	44.0	49.4	52.0	47.4	50.4
S-Wimi	53.4	49.8	54.8	49.1	53.3	-	-	-	52.1
S-Sinye-1	55.0	49.8	59.2	51.5	55.1	-	-	-	54.1
S-Sinye-2	52.0	53.2	51.3	52.6	53.9	-	-	-	52.6
S-Harye	57.4	52.8	54.6	54.5	58.1	-	-	-	55.5
S-Ipseok	51.3	47.3	49.5	45.9	50.2	-	-	-	48.8
E-Susan	53.5	60.2	50.7	52.1	50.5	49.8	47.7	46.3	51.3
E-Nansan	50.0	54.2	53.0	52.6	50.7	-	-	-	52.1
W-Sinsu	51.8	51.2	53.0	46.9	53.4	-	-	-	51.3
W-Wolgwang	55.8	50.1	55.1	47.4	53.0	50.5	53.0	44.2	51.1
Mean	52.8	51.9	53.2	49.4	52.3	49.9	50.9	45.9	51.0

수확기 종경을 14개 지역 조사치의 年度別 平均으로 비교해 보면 가장 컸던 1994년이 52.8mm였는데 비해 가장 작았던 1997년은 49.4mm로 그 차이가 3.4mm였다. 地域間 平均은 가장 컸던 하례리가 55.6mm로 가장 작았던 입석동 48.8mm보다 6.8mm가 컸다. 그러나 같은 지역의 연도간 차이나 같은 해의 지역간 차이는 이 보다 훨씬 커 수산리의 경우 1995년은 60.2mm로 2001년의 46.3mm보다 13.9mm가 컸고 1998년의 경우 하례리는 58.1mm였는데 비해 토평은 44.0mm로 그 차가 14.1mm나 되었다.

Table 19. Correlation coefficients between the longitudinal diameter of fruit at harvest and monthly weather conditions, the number of leaves per fruit or date of full bloom in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.

Month	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Oct. +N ^z	Total ^y
Cumulative temp.	-0.065	-0.222	0.032	0.174	-0.014	-0.009	0.101	-0.061
	0.057	-0.193	0.203	0.221	0.084	0.028	0.089	0.133
Precipitation	-0.041	0.301**	-0.116	0.034	<u>0.143</u>	0.011	0.035	0.053
	-0.027	0.131	-0.104	0.039	0.252*	0.037	-0.021	0.073
Hours of sunshine	0.048	-0.302**	<u>0.101</u>	0.105	0.147	-0.070	-0.040	-0.030
	-0.066	-0.164	0.214	0.148	0.201	-0.079	0.090	0.172
No. of leaves per fruit :				<u>0.554**</u>				
				Date of full bloom : 0.145				

*Significant at 5% level, **Significant at 1% level.

Upper figures indicate the simple correlation coefficients, while the lowers the partial correlation coefficients when the number of leaves per fruit is held constant.

Variables with correlation coefficient underlined were selected as predictors in stepwise multiple regression analysis with P-to-enter=0.15 ($R^2=0.3909$).

^zOct. +N contains data from Oct. 1 to Nov. 12.

^yTotal contains data from May 1 to Nov. 12.

縱徑肥大도 횡경과 마찬가지로 葉果比와의 相關이 가장 컸으며 기상요인은 6월의 강수량 및 일조시수와 유의적인 상관을 보였다(Table 19). 엽과비를 고정시킨 偏相關인 경우 9월의 강수량 외에는 과실 종경비대와 유의한 관계를 보이는 기상요인이 없어 횡경 비대와는 다른 양상을 보였다. Fig. 8에서 본 바와 같이 종경 비대가 횡경비대보다 빨리이루어져 8월 이후는 종경비대량이 적기 때문에 이 시기 종경비대에 미치는 기상요인의 영향도 적을 것이라고 생각되었다. 단계적 회귀분석에서 선택된 독립변수는 엽과비, 9월 강수량, 7월 일조시수 등이었는데 구해진 다중회귀식의 R²값은 0.4미만이어서 종경의 비대는 재배관리 또는 5월 이전의 기상요인의 영향을 많이 받는다고 생각 되었다.

Table 20은 수확기의 果形指數를 나타낸 것이다. 수확기의 평균 과형지수는 127이었으나 과형지수가 가장 컸던 2001년의 수산은 141, 가장 작았던 1997년의 신수동은 115로 그 범위는 26이었다.

과형지수의 연도간 차이는 가장 작았던 1996년과 1997년이 123이었고 가장 컸던 2001년은 138로 그 차이가 15나 되었고 지역간 차이는 가장 컸던 토평이 128로 가장 작았던 신수동 121보다 7이 컸다. 그리고 같은 해의 지역간 차이는 12에 불과 했으나 같은 지역의 연도간 차이는 22나 되어 과형지수는 연도간 차이가 지역간 차이보다 컸다. 이렇게 과형지수가 연도별로 변이가 큰 것은 2001년에 과형지수가 특별히 컸기 때문이다. 물론 2001년은 3개 지역만 조사되었기 때문에 1998년 이전의 14개 포장 조사치와 비교하는 데 어려움이 있지만 8년간 연속 조사된 3개 지역의 경우만 비교하여도 2001년의 과형지수는 다른 해에 비해 훨씬 컸다. 2001년의 과형지수가 다른 해 보다 커진 원인은 온도와 과실 비대 특성에서 찾아 볼 수 있다. 즉 온주밀감의 과실 비대 생장은 20~25℃에서 최대로 되며(Kobayashi 등, 1968; 新居 등, 1970), 8월 이후의 종경 비대는 얼마 되지 않으나 횡경 비대는 늦게 10월까지도 계속되므로 10월까지 20℃ 가까운 온도가 유지된다면 횡경 비대가 종경 비대보다 상대적으로 많아져 과형지수가 높아지게 된다. 2001년의 월별 기상을 보면(Appendix 1참고) 10월의 평균기온이 17.4~20.1℃로

4개 지역 모두 다른 해에 비해 1~4℃까지 높아 橫徑肥大가 10월까지 계속되어 縱徑에 비해 相對的으로 더 增加 되므로서 과형지수가 커진 것으로 사료되었다.

Table 20. Shape index(%) of fruit in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.

Year Location	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
N-Doryeon	122	122	128	122	124	-	-	-	124
N-Odeung	127	122	125	124	129	-	-	-	125
S-Bomok	121	124	128	127	126	-	-	-	125
S-Gangjeong	126	120	118	118	127	-	-	-	122
S-Topyeong	126	124	123	126	133	127	130	138	128
S-Wimi	126	131	122	122	127	-	-	-	126
S-Sinye-1	123	128	121	126	126	-	-	-	125
S-Sinye-2	127	119	122	125	130	-	-	-	125
S-Harye	118	122	122	126	126	-	-	-	123
S-Ipseok	121	129	124	127	129	-	-	-	126
E-Susan	125	119	124	124	127	125	131	141	127
E-Nansan	127	121	123	122	132	-	-	-	125
W-Sinsu	122	122	124	115	123	-	-	-	121
W-Wolgwang	125	126	120	122	127	126	130	135	126
Mean	124	124	123	123	128	126	130	138	127

Shape index was calculated as (Transversal diameter/Longitudinal diameter)×100.

그리고 2001년은 풍년인 해로 착과(화)가 많이 되어 初期 果實生長이 느려 相對的으로 縱徑의 肥大는 抑制된 것도 원인으로 볼 수 있다. Table 18의 縱徑 平均을 보더라도 2001년은 滿開期도 거의 같고 結實量도 많았던 1999년보다 훨씬 적어 이를 뒷받침하고 있다.

4.4.3. 果重

Table 21은 지역별 연차별 수확기 과중을 나타낸 것이다. 果重의全體 平均値는 108.3g으로 품종의 특성에 가까운 크기를 나타내었지만 年度別 平均値는 가장 가벼웠던 1997년이 93.1g이었고 가장 무거웠던 1998년에 120.9g으로 27.8g 차이가 있었다. 지역별 평균치는 입석동 93.0g에 비해 하례리는 124.9g으로 31.9g 차이가 있었다.

Table 21. Fruit weight(g) in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.

Year Location	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
N-Doryeon	118.0	91.0	111.5	69.2	115.7	-	-	-	101.1
N-Odeung	120.3	104.2	114.3	85.7	119.8	-	-	-	108.8
S-Bomok	104.1	101.6	123.2	93.0	138.7	-	-	-	112.1
S-Gangjeong	90.8	98.8	101.6	65.2	109.4	-	-	-	93.2
S-Topyeong	106.8	105.1	113.6	116.7	84.3	101.9	123.0	112.4	108.0
S-Wimi	121.4	105.2	119.4	92.8	124.9	-	-	-	112.7
S-Sinye-1	125.5	100.1	144.0	107.6	134.3	-	-	-	122.3
S-Sinye-2	114.5	103.5	97.9	112.0	134.9	-	-	-	112.5
S-Harye	128.9	105.5	116.6	121.1	152.5	-	-	-	124.9
S-Ipseok	97.7	86.7	93.5	77.7	109.4	-	-	-	93.0
E-Susan	116.9	147.1	100.0	108.5	107.3	100.6	100.3	109.6	111.3
E-Nansan	100.8	111.5	109.3	103.8	119.4	-	-	-	108.9
W-Sinsu	104.5	102.1	114.9	70.6	121.4	-	-	-	102.7
W-Wolgwang	135.1	99.1	116.2	80.1	121.1	106.0	127.5	86.8	109.0
Mean	113.2	104.4	112.6	93.1	120.9	102.8	116.9	102.9	108.3

동일지역의 연도간이나 동일연도의 지역간에는 더 큰 차이를 보였는데 월광동의 경우 1994년 135.1g 인데 비해 1997년은 80.1g으로 55g이나 차이가 있었

으며 1998년의 경우 하례리는 152.5g 인데 비해 토평은 84.3g으로 무려 68.2g의 차이를 보여 연도간 차이보다 지역간 차이가 컸다.

年度別 果重의 전체 평균은 물론 대부분의 지역에서 果重變化가 2년 주기로 반복되고 있다. 이것은 과실생장이 기상이나 토양 등 환경의 영향을 많이 받고 있지만 그 보다 착과량의 영향이 더욱 크다는 것을 뜻한다. 즉 착과량이 많은 해는 과중은 가벼워지고 착과량이 적은 해는 과중이 무거워져 과중의 연차간 변화는 해거리 현상이 반영된 것으로 해석된다.

Table 22. Correlation coefficients between the fruit weight at harvest and monthly weather conditions, the number of leaves per fruit or date of full bloom in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.

Month	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Oct.+N ^z	Total ^y
Cumulative temp.	0.174	-0.131	<u>0.161</u>	0.248*	0.236*	0.258*	0.297**	0.210
	0.305*	-0.090	0.312**	0.287*	0.347**	0.320**	0.309**	0.409**
Precipitation	-0.112	0.393**	-0.105	-0.109	<u>0.403**</u>	0.143	0.115	0.162
	-0.109	0.276*	-0.091	-0.124	0.517**	0.179	0.080	0.189
Hours of sunshine	-0.270*	<u>-0.449**</u>	0.075	0.058	0.120	-0.351**	-0.187	-0.086
	-0.405**	-0.364**	0.15	0.081	0.154	-0.390**	-0.108	0.060
No. of leaves per fruit :				<u>0.456**</u>	Date of full bloom : -0.084			

*Significant at 5% level, **Significant at 1% level.

Upper figures indicate the simple correlation coefficients, while the lowers the partial correlation coefficients when the number of leaves per fruit is held constant.

Variables with correlation coefficient underlined were selected as predictors in stepwise multiple regression analysis with P-to-enter=0.15 ($R^2=0.4680$).

^zOct.+N contains data from Oct. 1 to Nov. 12.

^yTotal contains data from May 1 to Nov. 12.

수확기 과중에 관련된 요인으로는 횡경에서와 마찬가지로 着果量(葉果比)이 고도로 유의한 正相關이 인정되었으며(Table 22), 기상요인으로는 7월~10월까지의 積算溫度와 6월과 9월의 강수량이 유의한 정상관 관계가 있었고, 5월, 6월, 10월의 일조시간은 유의한 逆相關을 나타내었다.

과중을 종속변수로 한 단계적 회귀분석에서 독립변수로는 엽과비, 9월 강수량, 7월 적산온도, 6월 일조시수 등이 채택되었는데 이는 橫徑을 從屬變數로 했을 때와는 8월 적산온도 대신 7월 적산온도로 바뀐 부분을 제외하면 완전히 일치한다. 果重에 미치는 기상요인은 횡경에 미치는 기상요인으로 대부분 설명되지만 7월 이전의 氣象影響을 더 많이 받는 것으로 보였다(Table 17, 22).

4.4.4. 果皮 두께

제주 지방에서의 조생온주 평균 果皮두께는 2.4mm였다(Table 23). 연도별 평균 과피두께는 두꺼웠던 2000년이 2.7mm, 가장 얇았던 1996년이 2.2mm로 0.5mm 차이가 있었고, 지역별로는 가장 두꺼웠던 월광동이 2.5mm로 가장 얇았던 입석동 2.1mm보다 0.4mm 더 두꺼웠다. 그러나 같은 지역의 연도간 차이나 같은 해의 지역간 차이는 이보다 커 0.7~0.8mm의 차이를 보였으며 全體 範圍는 1.8~2.9mm였다.

과피두께와의 단순 상관계수가 유의한 요인을 보면 5월의 적산온도와 강수량, 7월의 적산온도와 강수량 및 일조시수, 9월의 일조시수, 10월의 강수량 등이며 엽과비나 滿開期과의 상관계수는 유의하지 않았다(Table 24). 그러나 果皮두께를 從屬變數로 한 단계적 회귀분석에서 채택된 독립변수를 단계별로 열거하면 7, 5, 8월의 일조시수, 5, 10월의 강수량, 엽과비, 6월의 강수량, 11월의 일조시수 등이었다. 葉果比는 비록 유의성은 없었지만 단순회귀계수가 음수였는데 다중회귀식의 계수는 +값을 가져 엽과비가 클수록 즉 착과량이 적을수록 과피가 두꺼워지는 것으로 나타났다. 기상요인 중 단순 상관계수와 다중회귀식의 계수 사이에 부호가 바뀐 것은 8월 일조시수 하나였다.

Table 23. Fruit peel thickness(mm) in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.

Year Location	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
N-Doryeon	2.9	2.2	2.5	2.2	2.3	-	-	-	2.4
N-Odeung	2.8	2.3	2.3	2.3	2.5	-	-	-	2.4
S-Bomok	2.3	1.8	2.2	2.2	2.4	-	-	-	2.2
S-Gangjeong	2.5	2.2	2.1	1.8	2.4	-	-	-	2.2
S-Topyeong	2.4	2.1	2.2	2.5	2.0	2.0	2.7	2.6	2.3
S-Wimi	2.4	2.2	2.3	2.2	2.3	-	-	-	2.3
S-Sinye-1	2.3	2.1	2.1	2.6	2.4	-	-	-	2.3
S-Sinye-2	2.6	2.2	2.2	2.5	2.6	-	-	-	2.4
S-Harye	2.6	2.1	2.2	2.6	2.6	-	-	-	2.4
S-Ipseok	2.4	2.0	2.1	2.2	2.0	-	-	-	2.1
E-Susan	2.7	2.6	2.2	2.4	2.1	2.2	2.6	2.5	2.4
E-Nansan	2.7	2.3	2.2	2.5	2.1	-	-	-	2.4
W-Sinsu	2.1	2.1	2.2	2.5	2.0	-	-	-	2.2
W-Wolgwang	2.7	2.2	2.3	2.6	2.2	2.4	2.8	2.5	2.5
Mean	2.5	2.2	2.2	2.4	2.3	2.2	2.7	2.5	2.4

倉岡와 菊池(1961)는 과피두께가 6월 초부터 급속히 증가하고 6월 말에서 7월 초에 최대에 달하며 그 이후는 감소하다가 9월부터는 크게 변화하지 않지만 10월 이후는 약간 증가하는 경향을 보였다고 하였으며 본 시험의 시기별 과피두께 변화도 이와 비슷한 경향을 보였다(Fig. 9). 즉 果皮는 開花期인 5월에 細胞分裂을 하고 제주 지방은 이 시기의 온도가 낮으므로 온도가 높을수록 과피 생장이 왕성 해지고 이 시기의 강우와 다일조는 착과량을 늘리므로서 과피 생장은 오히려 억제되며 7월은 과피두께가 가장 두꺼워지는 시기로 온도가 높으면 어린과실의 대부분을 차지하는 과피의 생장이 양호해지지만 강우는

日照不足과 더불어 光合成을 저해하므로서 果皮生長을 억제 한 것으로 사료되었다. 그리고 9월의 多日照와 10월의 降雨는 果皮 細胞肥大를 촉진하므로서 果皮두께가 다시 두꺼워지는 것으로 생각되었다.

과피두께에 미치는 기상요인들의 영향을 정리해보면 5, 7월 적산온도와 7, 9월 일조시수 그리고 10월 강수량이 많을수록 과피두께는 두꺼워지며 5, 6, 7월 강수량과 5, 8월 일조시수가 많을수록 과피두께는 얇아졌다.

Table 24. Correlation coefficients between the fruit peel thickness at harvest and monthly weather conditions, the number of leaves per fruit or date of full bloom in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.

Month	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Oct.+N ^z	Total ^y
Cumulative temp.	0.243*	0.076	0.492**	-0.014	-0.083	-0.075	-0.054	0.200
Precipitation	<u>-0.394**</u>	<u>-0.162</u>	-0.418**	-0.050	0.061	<u>0.271*</u>	0.178	-0.309**
Hours of sunshine	<u>-0.216</u>	0.057	<u>0.495**</u>	<u>0.113</u>	0.396**	-0.080	<u>0.071</u>	0.406**
No. of leaves per fruit :				<u>-0.022</u>		Date of full bloom : -0.212		

*Significant at 5% level, **Significant at 1% level.

Variables with correlation coefficient underlined were selected as predictors in stepwise multiple regression analysis with P-to-enter=0.15 ($R^2=0.5493$).

^zOct.+N contains data from Oct. 1 to Nov. 12.

^yTotal contains data from May 1 to Nov. 12.

5. 果皮의 着色

5.1. 果皮 着色度

Table 25는 成熟期 果皮의 着色度 變化를 알아보기 위하여 果實 赤道部에서 a*값(赤綠度)을 측정한 결과이다.

Table 25. Changes in a* value of peel surface at fruit equatorial area during maturation in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.

Location	1997			1998		
	Oct. 14	Oct. 30	Nov. 12	Oct. 14	Oct. 30	Nov. 12
N-Doryeon	3.4	18.3	26.8	-1.3	6.3	17.6
N-Odeung	0.9	17.0	26.3	7.2	15.4	26.4
S-Bomok	-0.6	14.6	26.3	-2.0	11.6	20.1
S-Gangjeong	5.4	22.3	28.7	5.7	15.2	23.0
S-Topyeong	1.3	18.0	29.7	11.0	21.4	21.0
S-Wimi	-0.2	16.5	26.7	1.0	11.3	25.8
S-Sinye-1	-1.9	13.1	25.2	0.8	17.0	23.5
S-Sinye-2	-2.9	15.4	27.9	7.4	15.2	25.6
S-Harye	3.2	23.6	27.5	-2.4	13.3	21.7
S-Ipseok	1.7	18.6	26.2	3.4	17.4	23.9
E-Susan	-0.4	15.7	28.4	-0.1	11.6	14.8
E-Nansan	-3.1	13.3	25.2	0.5	7.3	22.5
W-Sinsu	2.7	15.0	26.1	-2.1	8.3	19.8
W-Wolgwang	2.9	18.9	28.5	1.5	14.0	22.5
Mean	0.9	17.2	27.1	2.2	13.2	22.0

收穫期 果皮色の a*값은 평균 24.6이었으며 1997년은 10월 14일까지는 1998년보다 a*값이 낮았으나 수확기에는 오히려 높았다. 지역별로는 1998년의 경우 a*값이 가장 높았던 오등등은 26.4로 가장 낮았던 수산리 14.8보다 11.8이나 차이가 있었지만 1997년은 a*값이 가장 높았던 토평동과 가장 낮았던 난산리가 4.5밖에 차이가 없었다.

5.2. 果皮 着色 관련 要因分析 結果

수확기 과피색의 a*값과 적산온도는 逆相關을 보였으며 특히 9월의 고온은 착색을 억제하였다(Table 26).

Table 26. Correlation coefficients between the a* value of peel surface at fruit equatorial area on Nov. 12 and various climatic parameters or other variables in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.

Duration	Full bloom	Sept. 1	Oct. 1
	Aug. 31	Sept. 30	Nov. 12
Cumulative temp.	-0.619**	-0.658**	<u>-0.575**</u>
	-0.334	-0.311	-0.219
Hours of sunshine	0.011	-0.019	<u>0.686**</u>
	-0.154	-0.035	0.382
Precipitation	-0.343	-0.638**	-0.512**
	-0.057	-0.171	-0.152
No. of leaves per fruit : -0.134 Date of full bloom : 0.632** Juice Brix : 0.576**			

*Significant at 5% level, **Significant at 1% level,

Upper figures indicate the simple correlation coefficients, while the lower the partial correlation coefficients when the number of leaves per fruit, date of full bloom and juice Brix are held constant.

Variables with correlation coefficient underlined were selected as predictors in stepwise multiple regression analysis with P-to-enter=0.15 ($R^2=0.5896$).

나무에 달린 과실의 果皮 着色은 15~20℃에서 촉진되며(高木 등, 1987a; 1994; 宇都宮 등, 1982), 수확 후 恒溫 처리시는 20℃에서 가장 빨리 된다(白 등, 1991; 牧田, 1990). 9월의 平均氣溫(X)과 收穫期 果皮色の a*값(Y)과의 관계식은 Fig. 11에서 보는 바와 같이 $Y = -275.62 + 21.48X - 0.016X^3$ ($R^2 = 0.5543$) 으로 계산되었다. 9월 평균기온 21.5℃에서 a*값은 최고치를 나타내는데 관측된 감귤원 대부분이 21℃ 이상이였기 때문에 9월 기온과 a*값과는 고도로 유의한 逆相關을 보이는 것이라고 판단되었다. 10월 1일 이후 수확기까지의 積算溫度도 着色과는 逆相關을 보여 가을에 기온 강하가 빠른 해에 착색이 빨리 되고 있음을 알 수 있었다.

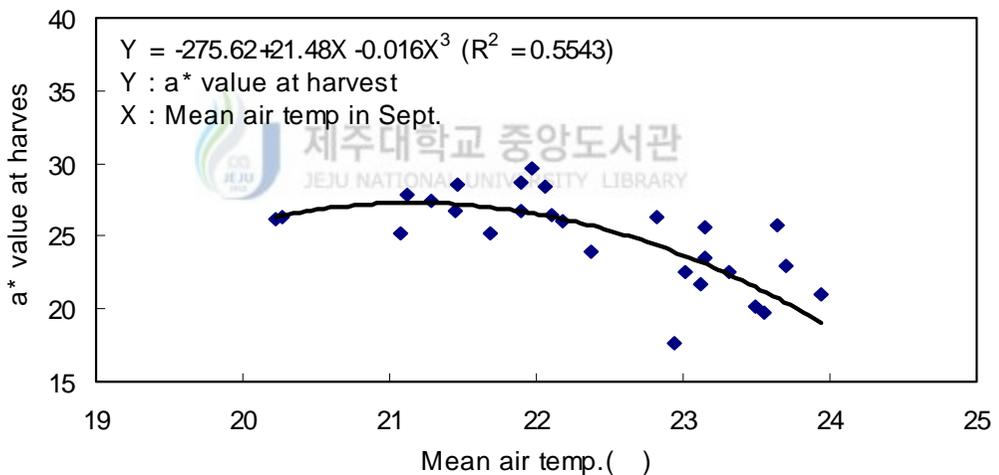


Fig. 11. Regression of peel colour(a*value at equatorial area) at harvest on mean air temperature of Sept. in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.

果皮 着色과 日照時數는 9월까지는 관련이 없었으나 10월 1일부터 수확기까지는 고도로 유의한 정상관을 보여 착색이 시작되면서부터는 햇빛을 많이 받을수록 착색이 좋아졌다. 이는 日照不足 또는 遮光處理時 着色이 抑制되었다는 泉 등(1990a), Izumi 등(1992), 小野와 大東(1982), 鈴木 등(1988a; 1988b)의 보고와 일치하였다.

8월 말까지의 降水量은 着色과 관련이 없었지만 9월 이후는 적을수록 착색이 잘 되었는데 이는 森永 등(1985)이 강수량이 적을수록 착색이 촉진되었다는 보고와 같았다.

또한 收穫期 a*값과 滿開期도 고도로 유의한 正相關을 보여 만개기가 늦을수록 착색이 촉진되는 것으로 나타났는데 만개기가 빠를수록 과즙의 당도가 높고 산함량이 낮아져 과실성숙이 촉진되는 것과 다른 양상을 보였다. 이는 연평균 기온이 높아 과육 성숙이 빠른 지역도 과피 착색이 늦어지는 것과 마찬가지로 기온이 높은 곳이 만개가 빠르지만 과피 착색은 늦어지는 것이라고 추정되었다. a*값과 果汁의 糖도와도 고도로 유의한 正相關을 보여 당도가 높을수록 착색이 짙어짐을 확인할 수 있었다. 이것은 高木 등(1989b; 1994)의 연구결과와 일치하는 것이다.

收穫期 果皮色이 a*값을 從屬變數로 한 단계적 회귀분석 결과 10월 1일 이후 日照時數와 積算溫度가 獨立變數로 선택되었으며 얻어진 다중회귀식의 R² 값은 0.5896이었다(Table 26). 결론적으로 과실 성숙기 일조시수가 많고 기온이 낮은 조건에서 果皮着色이 잘 되고 있다고 판단되었다.

6. 果汁成分

6.1. 糖含量的 增加

果實 發育 및 成熟期間 중 과즙의 糖度 및 適正 酸含量的 변화는 Fig. 12와 같았다. 糖度は 9월 상순까지는 완만하게 증가했으나 그 이후 급격히 증가하다가 成熟期인 10월 말 이후는 增加速度가 鈍化되었다. 이것은 岩垣 등(1981)이 온주밀감의 당은 8월경부터 증가가 시작되어 9월부터 10월에 걸쳐 증가한다는 보고와 일치하는 것으로 온주밀감 과즙 당도의 시기별 변화 양상은 지역에 관계없이 비슷한 것으로 추정되었다.

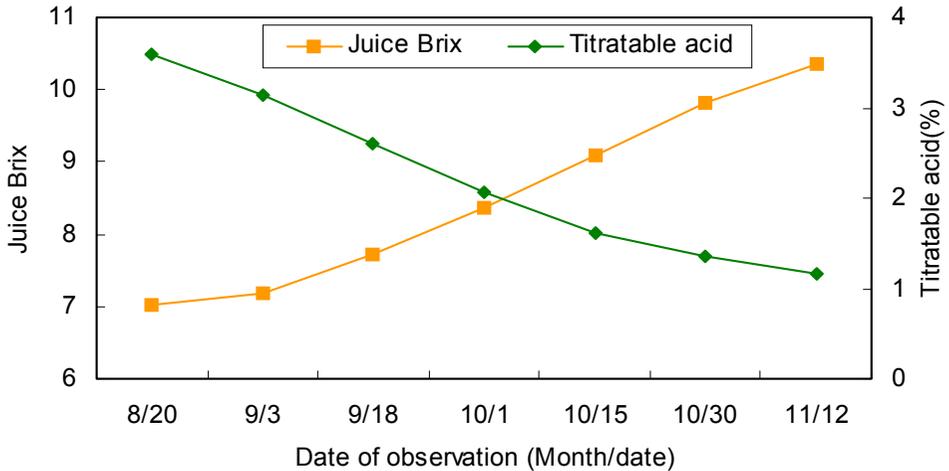


Fig. 12. Changes in juice Brix and titratable acid content as citric in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island. Every point indicates mean of measurements for 3,950 fruits collected from 14 locations for 5 or 8 years ('94 through '01).

제주대학교 중앙도서관

Fig. 13은 과즙의 遊離糖 종류별 함량 변화를 나타낸 것인데 당종류에 따라 다른 양상을 보였다. 즉 10월 1일까지는 還元糖인 葡萄糖, 果糖, 그리고 非還元糖인 蔗糖 모두 비슷한 증가율을 보였고 總糖 중의 환원당의 비율이 높았으나 그 후는 환원당의 증가는 거의 없는 반면 비환원당인 蔗糖은 계속 증가되어 10월 중순 이후의 총당 증가는 자당에 의해 이루어졌고 총당에 대한 비율도 환원당보다 많아졌다.

이것은 8월부터 9월에 걸쳐서 全糖이 증가하는 것은 주로 환원당인 과당와 포도당의 증가에 의한 것이지만 10월부터는 환원당은 증가하지 않고 비환원당인 蔗糖은 9월 중순부터 급격히 증가하여 10월 중순에는 환원당 함량보다 많게 된다고 한 岩垣 등(1981)의 보고와 일치한다. 이렇게 성숙이 진전될수록 비환원당인 蔗糖의 함량이 증가하는 경향은 하우스 재배 온주밀감(Richardson 등, 1997)이나, 오렌지(송과 고, 1997; Tadeo 등, 1987)에서도 마찬가지로였다.

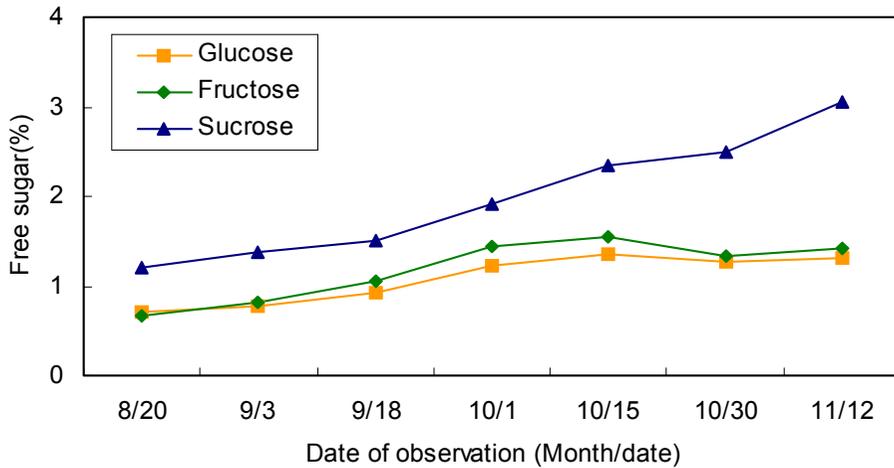


Fig. 13. Changes in free sugar contents in juice during fruit maturation in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.

급격한 당도 증가가 시작되기 직전인 9월 3일의 당도와 5~8월의 월별 기상요인과의 단순 상관을 분석한 결과 積算溫度는 전 기간 正相關이, 降水量은 5월과 7월 逆相關이 그리고 日照時數는 7월 正相關이 고도로 유의하게 나타났다(Table 27). 葉果比와 滿開期도 고도로 유의한 逆相關을 보였는데 엽과비와 만개기를 고정시킨 偏相關도 단순상관과 비슷한 경향이었지만 6월 강수량과는 정상관이 6월 일조시수와는 逆相關이 그리고 8월 일조시수와는 정상관이 유의하게 나타났다.

9월 3일 당도를 從屬變數로 한 단계적 회귀분석 결과 전기간 적산온도, 7월 강수량, 엽과비, 8월 적산온도, 6월 강수량 등이 독립변수로 채택되었으며 구해진 다중회귀식의 R^2 은 0.4920이었다(Table 27). 積算溫度가 높을수록 糖도가 높은 것은 고온에 의해 과실 성숙이 더욱 진전되기 때문이라고 해석할 수 있다. 강수량과 逆相關을 보인 것은 과실비대기에 降水量이 많거나 土壤水分이 많을수록 당도가 낮았다는 보고들(白 등, 1991; 岩永와 居石, 1991; Kadoya 등, 1981; 間亭谷와 町田, 1980; 森永 등, 1985; 노, 2002; 板本와 奥地, 1968; 1970; 富田와 松本, 1985; Yakushiji 등, 1998)과 일치하였다. 7, 8월 日照時數와 正相關을 보인 것은 일조시수가 많아 光合成이 왕성해진 결과

로 Izuni 등(1990; 1992), 문(1998) 등의 보고와 비슷한 결과였다.

다만 6월 강수량이 많을수록 그리고 이시기 일조시수가 적을수록 9월 3일 당도가 높아지는 것으로 나타난 이유는 해석할 수 없었다.

Table 27. Correlation coefficients between fruit juice Brix at the beginning of Sept and monthly weather conditions, the number of leaves per fruit or date of full bloom in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.

Month	May	June	July	Aug.	Total ^z
Cumulative temp.	0.425**	0.294**	0.483**	<u>0.319**</u>	<u>0.506**</u>
	0.335**	0.236*	0.399**	0.346**	0.505**
Precipitation	-0.322**	<u>0.153</u>	<u>-0.422**</u>	-0.163	-0.312**
	-0.307**	0.287*	-0.457**	-0.133	-0.316**
Hours of sunshine	-0.130	-0.200	0.364**	0.155	0.299**
	0.100	-0.319**	0.349**	0.240*	0.175
No. of leaves per fruit :		<u>-0.354**</u>	Date of full bloom : -0.331**		

*Significant at 5% level, **Significant at 1% level.

Upper figures indicate the simple correlation coefficients, while the lowers the partial correlation coefficients when the number of leaves per fruit and the date of full bloom are held constant.

Variables with correlation coefficient underlined were selected as predictors in stepwise multiple regression analysis with P-to-enter=0.15 ($R^2=0.4920$).

^zTotal contains data from date of full bloom to the end of Aug.

葉果比가 糖도와 逆相關을 보인 것은 적과를 빨리하여 엽과비를 높이면 당도가 낮았다는 井上 등(2002)과 森岡(1988)의 보고와 일치하였다. 개화가 빠를수록 당도가 높아진 것은 岩垣와 廣瀨(1980)와 Richardson과 Blank(1996)가 開花時期가 빠를수록 糖含量이 增加하였다는 보고와 비슷하였는데 이것은 개화가 빠르면 생육기간이 길어져 적산온도가 많아지고 과실 성숙도 진전되기 때문이라고 할 수 있다.

9월 3일부터 11월 12일까지의 糖度增加量에 영향을 미칠 것으로 추정되는 기상요인 및 수체요인과의 상관을 분석한 결과는 Table 28과 같았다.

Table 28. Correlation coefficients between the increase in fruit juice Brix during the period from the beginning of Sept to harvest (Nov.12) and monthly weather conditions, the number of leaves per fruit or date of full bloom in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.

Month	Aug.	Sept.	Oct.	S-N ²
Cumulative temp.	-0.293**	-0.355**	-0.294**	-0.263*
	-0.316**	-0.145	-0.128	-0.081
Precipitation	0.125	<u>-0.648**</u>	-0.291*	<u>-0.684**</u>
	0.033	-0.539**	-0.416**	-0.602**
Hours of sunshine	<u>-0.114</u>	<u>0.202</u>	0.658**	0.298**
	-0.243*	0.341**	0.632**	0.438**
No. of leaves per fruit : 0.219		Date of full bloom : <u>0.455**</u>		

*Significant at 5% level, **Significant at 1% level.

Upper figures indicate the simple correlation coefficients, while the lowers the partial correlation coefficients when the number of leaves per fruit and the date of full bloom are held constant.

Variables with correlation coefficient underlined were selected as predictors in stepwise multiple regression analysis with P-to-enter=0.15 ($R^2=0.664$).

²S-N contains data from Sept. 1 to Nov. 12.

단순 상관계수인 경우 8월부터 수확기까지의 積算溫度와 9월부터의 降水量은 糖度 增加와 逆相關이, 10월부터의 日照時數는 正相關이 유의하게 나타났다. 그러나 滿開期을 고정시킨 편상관계수는 8월 적산온도와 일조시수 그리고 9월부터의 강수량과는 逆相關이, 9월부터의 일조시수와는 정상관이 유의하였다. 단계적 회귀분석에서는 9월부터의 강수량, 9월 일조시수, 8월 일조시수,

滿開期, 9월 강수량 등이 당도 증가를 추정하기 위한 독립변수로 채택되었으며 구해진 다중회귀의 R^2 은 0.664나 되었다.

요컨대 8월 일조시수가 많고 기온이 높을수록 그 영향이 9월 이후까지 남아 당도 증가를 억제하고 9월부터는 강수량이 많을수록 당도 증가가 적으며 반대로 일조시수가 많을수록 당도 증가는 많아진다고 할 수 있다. 당도 증가와 滿開期 사이에 유의한 정상관을 보인 것은 만개기가 늦을수록 果實 發育이 늦어 9월 3일의 당도는 낮은 대신 그 이후 增加量은 많아지는 것이라고 해석할 수 있다.

6.2. 酸含量的 減少

시기별 滴定酸含量的 변화는 糖含量과 달리 첫 조사일인 8월 20일에 3.7%로 가장 높고 그 후 10월 중순까지는 급격히 감소하다가 그 이후는 감소폭이 적었지만 감소는 계속되어 수확기의 滴定酸含量은 1.2% 정도 되었다(Fig. 14). 岩垣 등(1981)은 온주밀감 과실의 산함량은 당함량과 달리 7월 말경에 최고로 높았고 그 후 과실의 발육에 따라 감소하여 수확기에는 1% 내외가 되었다고 한 것과 유사하였다.

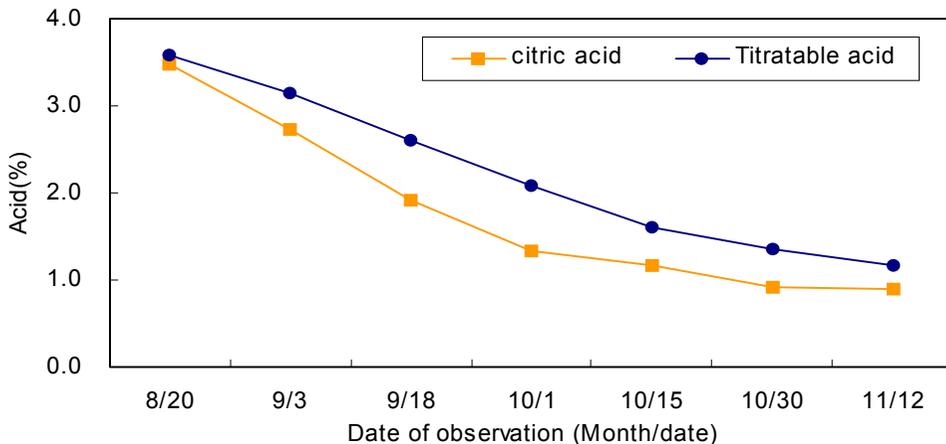


Fig. 14. Changes in the contents of citric acid and total titratable acid as citric in juice of 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.

과즙 중의 구연산 함량변화도 滴定酸含量的 변화와 매우 유사하였다. 온주 밀감 과즙의 有機酸은 구연산이 90~95%이고, 사과산이 5~10%, 그 외 oxalic acid가 1~2%를 접한다(岩垣 등, 1981; 송, 1997). 구연산 함량은 9월 이후가 되면서 滴定酸보다 감소폭이 컸는데 이것은 구연산은 성숙되면서 급격히 감소하지만 사과산의 감소는 적다는 보고(岩垣 등, 1981)와 일치한다.

9월 3일 과즙의 滴定酸含量은 5~8월 積算溫度가 높을수록 그리고 일조시수가 많을수록 낮아지며 엽과비가 많을수록 그리고 만개기가 늦을수록 높아지는 경향이었으나 이들 요인으로 설명되는 부분은 적었다(Table 29).

Table 29. Correlation coefficients between the content of titratable acid as citric in fruit juice at the beginning of Sept and monthly weather conditions, the number of leaves per fruit or date of full bloom in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.

Month	May	June	July	Aug.	Total ^z
Cumulative temp.	<u>-0.294**</u>	-0.184	<u>-0.302**</u>	-0.202	<u>-0.476**</u>
	-0.022	-0.090	-0.128	-0.227*	-0.215
Precipitation	0.080	-0.037	0.036	-0.024	-0.008
	-0.013	-0.069	0.011	-0.112	-0.057
Hours of sunshine	<u>0.125</u>	-0.084	-0.119	-0.020	-0.269*
	-0.220	-0.012	-0.072	-0.121	-0.107
No. of leaves per fruit : <u>0.398**</u>			Date of full bloom : 0.436**		

*Significant at 5% level, **Significant at 1% level.

Upper figures indicate the simple correlation coefficients, while the lowers the partial correlation coefficients when the number of leaves per fruit and the date of full bloom are held constant.

Variables with correlation coefficient underlined were selected as predictors in stepwise multiple regression analysis with P-to-enter=0.15 ($R^2=0.3572$).

^zTotal contains data from date of full bloom to the end of Aug.

9월 3일 이후 수확기까지의 산함량 감소량과 기상요인 및 수체요인과의 상관관을 분석한 결과는 Table 30에 나타난 바와 같다.

Table 30. Correlation coefficients between the decrease in the content of titratable acid as citric in fruit juice during the period from the beginning of Sept to harvest(Nov. 12) and monthly weather conditions, the number of leaves per fruit, date of full bloom or acid content at the beginning in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.

Month	Aug.	Sept.	Oct.	S-N ²
Cumulative temp.	-0.293**	-0.010	-0.072	0.014
	-0.198	0.181	-0.006	0.201
Precipitation	0.031	-0.093	-0.126	-0.073
	0.143	0.071	0.010	0.168
Hours of sunshine	<u>-0.285*</u>	<u>-0.108</u>	-0.067	<u>-0.231*</u>
	-0.148**	-0.111	-0.303**	-0.391**
No. of leaves per fruit <u>0.302**</u>	Date of full bloom 0.275*		Acid content at the beginning <u>0.831**</u>	

*Significant at 5% level, **Significant at 1% level.

Upper figures indicate the simple correlation coefficients, while the lowers the partial correlation coefficients when the number of leaves per fruit, the date of full bloom and the acid content at the beginning are held constant.

Variables with correlation coefficient underlined were selected as predictors in stepwise multiple regression analysis with P-to-enter=0.15 ($R^2=0.841$).

²S-N contains data from Sept. 1 to Nov. 12.

기상요인 중 9월 이후 과즙의 산함량 감소와의 단순 상관계수가 유의한 것은 8월의 적산온도와 일조시수 그리고 9월부터 성숙기까지의 일조시수 뿐이었

는데 모두 逆相關 관계였다. 엽과비, 만개기, 9월 3일의 산함량은 모두 유의한 정상관을 보였는데 이들을 고정시킨 偏相關係數가 유의한 氣象要因은 일조시수 뿐이었다. 단계적 회귀분석에서 9월 이후 과즙의 산함량 감소 예측에 채택된 독립변수는 9월 3일 산함량, 8월 일조시수, 9월 일조시수, 9월 1일~11월 12일 일조시수, 엽과비, 8월 강수량 등이었다. 구해진 다중회귀식의 R^2 값은 0.841로 매우 큰 편이었으나 이중 0.691이 9월 3일 산함량에서 비롯된 것이고 나머지 5변수들로 설명되는 R^2 값은 0.150에 불과하였다. 9, 10월의 적산 온도나 강수량은 예상과는 달리 산함량의 감소에는 영향이 없는 것으로 보였다.

요컨대 9월 3일 산함량이 높으면 그 이후 감소량도 많으며 8월 이후 일조시수가 많을수록 산함량 감소는 적어졌다. 또한 8월 강수량이 많을수록 그리고 葉果比가 적을수록 酸含量 減少는 많아졌다.

6.3. 收穫期 果汁成分 및 그와 관련된 氣象要因

6.3.1. 糖度

Table 31은 成熟期의 果汁 糖度を 나타낸 것이다. 당도는 全體 平均이 10.2°Bx 였으며 연도별 평균의 비교에서 당도가 가장 높았던 1997년은 11.2°Bx 로 가장 낮았던 1999년의 9.2°Bx 에 비해 무려 2.0°Bx 의 차이를 보였다. 지역간 평균도 연도간 평균과 비슷하여 당도가 가장 높은 강정동은 12.0°Bx 인데 비해 가장 낮은 지역인 난산리는 9.6°Bx 로 2.4°Bx 차이가 있었다.

그러나 수산리는 연도간 차이가 3.0°Bx 나 되었고 1997년의 강정동과 난산리도 3.0°Bx 의 차이를 보여 수확기 당도는 연도간 차와 지역간 차이가 비슷하였다. 온주밀감 糖度は 10°Bx 내외이므로 같은 品種에서 地域 및 年度에 따라 3°Bx 까지 차이가 큰 것은 재배 적지 선정이나 기상에 대한 대응을 적극적으로 해야 할 필요성이 있음을 잘 나타내 주고 있는 것이다.

Table 31. Fruit juice Brix(°Bx) in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.

Year Location	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
N-Doryeon	11.6	10.1	11.9	11.9	9.5	-	-	-	11.0
N-Odeung	10.2	9.5	10.9	10.0	9.6	-	-	-	10.0
S-Bomok	10.8	9.5	10.5	11.0	10.0	-	-	-	10.3
S-Gangjeong	12.2	10.7	12.6	12.8	11.6	-	-	-	12.0
S-Topyeong	10.6	10.1	10.9	11.8	10.7	10.1	10.1	10.8	10.6
S-Wimi	10.7	10.3	10.7	10.9	9.4	-	-	-	10.4
S-Sinye-1	10.4	9.3	10.3	10.5	9.4	-	-	-	10.0
S-Sinye-2	9.9	9.2	9.9	11.0	8.8	-	-	-	9.8
S-Harye	9.8	9.7	11.3	10.6	9.1	-	-	-	10.1
S-Ipseok	11.6	10.5	12.0	11.3	11.2	-	-	-	11.3
E-Susan	10.5	9.2	11.1	11.6	9.5	8.6	9.0	9.4	9.9
E-Nansan	9.6	10.1	9.9	9.8	8.7	-	-	-	9.6
W-Sinsu	11.9	9.5	11.1	11.3	9.5	-	-	-	10.6
W-Wolgwang	11.1	10.3	11.8	12.2	10.3	8.9	10.7	11.7	10.9
Mean	10.8	9.9	11.1	11.2	9.8	9.2	9.9	10.6	10.2

收穫期 果汁 糖度와의 單純相關係數가 유의한 기상요인은 6월 적산온도, 5월부터 수확기까지의 강수량과 일조시수였으며 적산온도와 일조시수는 정상관, 강수량은 逆相關 관계였다(Table 32). 糖度を 獨立變數로 한 단계적 회귀 분석에서는 5월부터 수확기까지의 총 강수량, 10월 일조시수, 6월 강수량, 6월 적산온도, 9월 일조시수, 5월 적산온도 등 6개의 독립변수가 채택되었으며 구해진 다중회귀식의 R^2 은 0.5048이었으며 그 반 이상인 0.2662가 총 강수량으로 설명되는 부분이었다. 여기에 9, 10월 일조시수로 설명되는 부분을 합치면 R^2 의 70%이상 되었다.

Table 32. Correlation coefficients between fruit juice Brix at harvest and monthly weather conditions, the number of leaves per fruit or date of full bloom in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.

Month	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Oct.+N ^z	Total ^y
Cumulative temp.	<u>0.048</u>	<u>0.300**</u>	0.172	-0.047	-0.152	-0.112	0.034	-0.054
Precipitation	-0.236*	<u>-0.041</u>	-0.411**	0.013	-0.435**	-0.121	-0.015	<u>-0.485**</u>
Hours of sunshine	0.317**	0.106	0.264*	0.033	<u>0.417**</u>	<u>0.423**</u>	0.175	0.242*
No. of leaves per fruit :			-0.016		Date of full bloom :			0.205

*Significant at 5% level, **Significant at 1% level.

Variables with correlation coefficient underlined were selected as predictors in stepwise multiple regression analysis with P-to-enter=0.15 ($R^2=0.5048$).

^zOct.+N contains data from Oct. 1 to Nov. 12.

^yTotal contains data from May 1 to Nov. 12.

森永 등(1985)과 富田와 松本(1985)에 의하면 강수량이 전 생육기간 동안 적을 수록 당함량이 증가하며 8~9월 강수량이 당함량에 강한 영향을 미쳤다고 하였고 泉 등(1990a; 1990b), Izumi 등(1992)과 Syvertsen과 Albrigo(1980)는 한 나무에서도 日照條件이 좋은 남쪽 樹冠上部 과실은 당도가 높고 樹冠 內側의 과실은 당도가 낮았다고 하였다. 또한 遮光處理는 당도를 낮게 한다(Izumi 등, 1992; 문, 1998; 鈴木 등, 1988a).

엽과비나 滿開期는 수확기 과즙 당도와의 상관이 인정되지 않았다. 9월 3일의 당도와 그 이후 증가량으로 나누어 분석했을 때는 엽과비나 滿開期도 유의한 관련을 보였지만 이들은 시기에 따라 작용 방향이 달랐기 때문에 그 효과가 상쇄되어 수확기 당도와는 유의한 상관을 보이지 않았다.

당도를 단순히 평균치로 비교하면 지역별로는 강정동이 가장 높고 다음은 입석동, 도련동, 월광동 순이었는데 이들 지역의 특징은 물빠짐이 좋거나 경사지이며 강수량이 적거나 비화산회토인 특성을 갖고 있다. 연도별로도 1996년과 1997년에는 당도가 매우 높았고 1999년이 다른 해에 비해 극히 낮았는데 특징적인 것은 1996년과 1997년은 강수량이 다른 해에 비해 적었고 1999년은 아주 많았었다. 제주지역인 경우 이들 해의 강수량 차이가 평년의 2배나 되었다(Appendix 3 참고). 이것은 강수량이 전 생육기간을 통하여 적을수록 당함량이 증가하였다는 森永 등(1985)의 보고와 일치하였으며 제주도 지방 온주밀감의 과즙 당도는 토양 수분의 영향을 가장 많이 받는 것으로 판단되었다.

6.3.2. 酸含量

Table 33은 성숙기 과즙의 滴定酸含量을 나타낸 것으로 절대 함량이 낮아 차이의 폭이 적어 보이지만 비율로 보면 당도보다 더 큰 차이를 보이고 있다.

平均 滴定酸含量은 1.2%였으나 연도간 변이는 가장 높았던 1995년은 1.4%인데 비해 가장 낮았던 1999년은 1.0%로 0.4% 차이를 나타내었다. 지역별 평균치도 가장 높았던 하례리는 1.4%인데 비해 가장 낮았던 보목동은 1.0%로 0.4% 차이가 있었다. 같은 지역의 연도별 차이는 월광동의 경우 1995년은 1.6%로 1999년의 1.0%에 비해 0.6%가 많았으며 같은 해의 지역간 차이는 1994년의 경우 보목동은 0.9%인데 비해 입석동은 1.6%로 0.7% 차이를 보였다.

酸含量은 개화기가 빠를수록 낮으며(岩垣와 廣瀨, 1980) 같은 나무에서도 빨리 개화한 꽃이 늦게 개화한 꽃보다 산함량이 낮았다(Richardson와 Blank, 1996). 또한 酸의 減少는 높은 온도에서 촉진되어(宇都宮 등, 1982) 제주도와 같이 온도가 낮은 지역은 성숙기에 산함량이 높다고 알려져있다.

산함량이 가장 높았던 1995년의 연평균 기온이 다른 해에 비해 낮았고(Appendix 1참고) 개화시기도 늦었다(Table 8). 하례리가 산함량이 높은 것은 해안에서의 거리와 海拔高(清末 등, 1991; Matsumoto 등, 1972), 開花期 등이 관련 있는 것으로 사료된다.

Table 33. Content of titratable acid as citric(%) in fruit juice of 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.

Year Location	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
N-Doryeon	1.3	1.2	1.0	1.1	1.0	-	-	-	1.1
N-Odeung	1.1	1.3	1.1	1.0	1.0	-	-	-	1.1
S-Bomok	0.9	1.3	0.8	0.9	1.0	-	-	-	1.0
S-Gangjeong	1.2	1.3	1.1	1.5	1.1	-	-	-	1.2
S-Topyeong	1.2	1.5	0.9	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.1
S-Wimi	1.1	1.3	0.9	1.3	1.0	-	-	-	1.1
S-Sinye-1	1.0	1.5	1.1	1.1	0.9	-	-	-	1.1
S-Sinye-2	1.1	1.5	1.0	1.3	1.0	-	-	-	1.2
S-Harye	1.4	1.6	1.5	1.3	1.3	-	-	-	1.4
S-Ipseok	1.6	1.4	1.2	1.2	1.2	-	-	-	1.3
E-Susan	1.0	1.4	1.0	1.2	0.9	1.0	1.1	1.0	1.1
E-Nansan	1.1	1.2	0.9	1.1	1.0	-	-	-	1.1
W-Sinsu	1.3	1.3	1.2	1.2	1.4	-	-	-	1.3
W-Wolgwang	1.2	1.6	1.4	1.4	1.4	1.0	1.2	1.6	1.3
Mean	1.2	1.4	1.1	1.2	1.1	1.0	1.1	1.2	1.2

수확기 과즙의 적정산 함량과의 단순 상관계수는 7, 8월을 제외한 과실 전 생육기간의 積算溫度가 유의한 逆相關을 보였으며 5, 7월의 강수량은 正相關, 6, 9월의 降水量은 逆相關을 그리고 6, 8월과 10월 이후 日照時數는 正相關을 보였다(Table 34). 엽과비와 만개기도 유의한 정상관을 보였는데 이들을 고정시켰을 때의 偏相關係數는 5월 일조시수, 6월 적산온도와 강수량, 10월 이후 강수량 등과는 逆相關이 5, 7월 강수량과 6, 8, 10월의 일조시수와는 정상관이 유의하게 나타났다. 酸含量을 獨立變數로 한 단계적 회귀분석에서는 10월 이후 일조시수, 滿開期, 5, 6월 일조시수, 엽과비 등이 독립변수로 채택되었으며 여

기서 얻어진 다중회귀식의 R²은 0.5561이었다.

적산온도의 경우 고온기인 7, 8월을 제외하고는 거의 전기간 逆相關을 보인 것은 산의 감소는 25℃ 내외의 비교적 고온에서 촉진되며(新居 등, 1970), 적산온도가 많을수록 생육이 진전되어 산함량은 낮아지는 것으로 따뜻한 지역 또는 高溫인 해의 酸含量은 낮아지게 되는 것이다.

Table 34. Correlation coefficients between the content of titratable acid as citric in fruit juice at harvest and monthly weather conditions, the number of leaves per fruit or date of full bloom in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin in Jeju island.

Month	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Oct. +N ^z	Total ^y
Cumulative temp.	-0.359**	-0.382**	-0.111	0.059	-0.283*	-0.117	-0.259*	-0.363**
	-0.199	-0.337**	0.057	0.072	-0.135	0.021	-0.189	-0.167
Precipitation	0.343**	-0.324**	0.295**	-0.095	-0.238*	-0.044	-0.170	-0.040
	0.269**	-0.413**	0.288*	-0.176	-0.039	-0.096	-0.316**	-0.012
Hours of sunshine	<u>0.043</u>	<u>0.425**</u>	-0.028	0.348**	0.024	0.346**	<u>0.447**</u>	0.188
	-0.249*	0.509**	0.018	0.315**	0.098	0.380**	0.540	0.350*
No. of leaves per fruit :			<u>0.235*</u>	Date of full bloom :			<u>0.340**</u>	

*Significant at 5% level, **Significant at 1% level.

Upper figures indicate the simple correlation coefficients, while the lowers the partial correlation coefficients when the number of leaves per fruit and the date of full bloom are held constant.

Variables with correlation coefficient underlined were selected as predictors in stepwise multiple regression analysis with P-to-enter=0.15 (R²=0.5561).

^zOct. +N contains data from Oct. 1 to Nov. 12.

^yTotal contains data from May 1 to Nov. 12.

降水量과 酸含量과의 관계는 훨씬 복잡하다. 그 이유는 강수는 적정 토양수분을 유지하여 산의 감소를 촉진하는 반면(白 등, 1991; 노, 2002; 富田, 1972), 잦은 강수는 질소 등 무기성분 흡수 증가와 저온 유지 및 저일조로 광합성 속도를 저하시키고 酸의 分解를 억제하여(橘, 1996; 泉 등, 1990b; Syvertsen 와 Albrigo, 1980; 小野 등, 1987a) 과즙의 산함량 감소가 늦어지는 것으로 사료된다. 또 9월의 강수량과 산함량이 逆相關을 보이는 것은 수분스트레스에 의한 과실비대 억제에 의한 것으로 사료되며 5월과 7월의 정상관 및 6월의 逆相關은 이 시기가 과실내에서 酸이 왕성하게 합성되는 시기로 강수량이 착과량, 온도, 일조 등에 영향을 미쳐 초기의 산함량을 높이므로서 수확기까지 이어진 것으로 추정되었다. 日照時數와 酸含量이 正相關을 보이는 것은 일조시수가 많아지면 과실 및 잎에서의 수분 증산이 촉진되어 수분스트레스를 유발하고 6월의 경우는 착과량을 늘리므로서 같은 효과를 나타낸 것으로 추정되지만 일조량이 적은 곳에 착과된 열매의 산함량이 높았다는 泉 등(1990a; 1990b), Izumi 등(1992)과 Syversen과 Albrigo(1980)의 보고와는 달랐다.

果汁의 酸含量과 葉果比 및 滿開期는 正相關을 보여 착과가 적어 엽과비가 크고 만개가 늦을수록 산함량은 많았는데 이는 岩垣와 加藤(1982)가 적과율이 높아도 산함량은 차이가 없었다는 보고와는 다르고 개화시기가 빠를수록 산함량은 개화기가 빠른 정도로 감소 속도가 빠르며(岩垣와 廣瀨, 1980), 같은 나무에서도 일찍 개화 한 꽃들이 늦게 개화한 꽃보다 산함량이 낮았다는 Richardson와 Blank (1996)의 보고와는 일치하였다. 무적과 상태에서 葉果比가 클수록 酸含量이 높은 것은 적과 처리와는 달리 처음부터 착화가 적어 개화가 늦어진 것이 주요 원인이 라고 사료되었다.

요컨대 收穫期 果汁의 酸含量은 개화기가 빠르고 果實肥大 초기의 온도가 높아 산의 감소가 빨리 시작될수록 낮아지는데 果實肥大 및 成熟期의 高溫과 충분한 강수는 산의 감소를 促進하고 多日照는 산의 감소를 抑制하였다.

6.3.3. 糖酸比

收穫期 果汁의 糖酸比는 Table 35에 나타난 바와 같다. 평균 당산비는 9.1 이었지만 범위는 6.0~13.3으로 지역간 그리고 연도간 변이가 컸다.

Table 35. Brix-acid ratio of fruit juice in 'Okitsu Wase' satsuma mandarin at the different locations in Jeju island.

Year Location	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
N-Doryeon	8.7	8.4	11.7	11.3	9.6	-	-	-	10.0
N-Odeung	9.0	7.2	9.9	10.2	9.7	-	-	-	9.2
S-Bomok	11.6	7.6	13.3	12.1	10.5	-	-	-	11.0
S-Gangjeong	10.3	8.5	12.0	8.4	10.7	-	-	-	10.0
S-Topyeong	8.8	6.9	12.6	10.1	9.7	10.5	10.7	10.6	9.6
S-Wimi	9.7	8.3	12.1	8.3	9.1	-	-	-	9.9
S-Sinye-1	10.6	6.3	9.8	9.6	10.3	-	-	-	9.3
S-Sinye-2	8.7	6.0	9.9	8.7	8.6	-	-	-	8.4
S-Harye	7.2	6.1	7.6	7.9	7.3	-	-	-	7.2
S-Ipseok	7.5	7.4	10.4	9.3	9.4	-	-	-	8.8
E-Susan	11.1	6.4	11.1	9.5	10.1	8.9	8.1	9.6	9.3
E-Nansan	9.0	8.3	10.7	9.1	9.0	-	-	-	9.2
W-Sinsu	9.4	7.2	9.4	9.3	6.9	-	-	-	8.4
W-Wolgwang	9.8	6.6	8.8	8.9	7.6	8.8	8.8	7.5	8.4
Mean	9.4	7.2	10.7	9.5	9.2	9.4	9.2	9.2	9.1

年度別 平均値로 보면 가장 높았던 해가 1996년으로 10.7인데 비해 가장 낮았던 해는 1995년으로 7.2에 불과하여 그 차는 3.5였다. 지역간에도 차이가 컸는데 地域間 平均으로 볼 때 보목동은 11.0인데 비해 하례리는 7.2로 그 차

는 3.8이었다. 같은 지역의 연도간에는 보목동인 경우 당산비가 1996년은 13.3인데 비해 1995년은 7.6으로 5.7이나 차이가 있었으며 같은 연도의 지역 간에는 1996년의 경우 糖酸比가 보목동은 13.3인데 비해 하례리는 7.6으로 5.7차이를 보였다.

1996년 糖度는 11.1로 1997년 11.2보다 낮았지만(Table 31) 산함량이 낮았기 때문에(Table 33) 糖酸比가 가장 높았던 반면 1995년은 당도가 낮고 산함량이 높아 당산비가 가장 낮았다. 보목동은 糖度가 가장 높은 지역은 아니지만 酸含量이 가장 낮아 당산비가 가장 높았으며 하례리는 당도가 중간 정도였으나 산함량이 특히 높아 당산비가 가장 낮았다. 당도가 가장 높았던 강정은 산함량도 높은 편이어서 당산비는 보목동보다 낮았으며 당도가 가장 낮았던 난산리는 산함량도 낮은 편이어서 당산비는 평균 이상이었다.



V. 摘 要

濟州 地方에 있어서 溫州蜜柑의 發芽期와 開花期, 果實生長, 着色期, 果實品質 등의 地域間, 年差間 變異를 파악하고 氣象要因의 影響을 구명하기 위하여 濟州道 東西南北 4개 圈域에서 각 2~3개 그리고 南部地域의 海拔高度別로 5개 등 15년생 이상의 興津早生(*Citrus unshiu* Marc. cv. Okitsu Wase) 감귤원 14개를 선정하여 自記溫濕度記錄計 또는 簡易氣象裝置를 설치하고 5년 또는 8년 동안 氣象調査와 더불어 生育 및 品質 調査를 수행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 地域別로 觀測된 年平均氣溫의 범위는 12.8~16.8℃였으며 동일 지역에서도 해에 따라 최대 3.2℃나 차이가 났고, 15℃ 이상의 연평균기온은 서귀포시와 남원읍을 포함하는 南部地域의 海拔 100m 이하 지역에서만 관측되었다. 年間 降水量은 1,000~3,000mm, 日照時數는 1,400~2,000시간 범위였다.

2. 發芽期の 平均은 4월 11일이었고 범위는 3월27일~4월28일이었는데 地域間 差異보다 年度間 差異가 더 컸다. 2, 3월의 순별 또는 월별 기온과 월별 강수량, 일조시수 중 發芽期の 早晚과 가장 相關이 높은 것은 2월 하순기온이었으며 1월 기온과는 相關이 없었다. 發芽期(Y: 4월의 일수)와 2월 하순 平均氣溫(X)의 關係式은 $Y=24.0-2.265X$ ($R^2=0.666$)로 계산되었고, 2월 하순기온(X_1)외에 3월의 일조시수(X_2) 및 1월 일조시수(X_3)를 포함한 다중 회귀식은 $Y=32.9-2.055X_1-0.085X_2+0.031X_3$ ($R^2=0.739$)였다. 多重回歸式에 의한 發芽期 豫測値와 實際 觀測値間 5일 이상의 차이는 61개중 9개였다.

3. 滿開期の 平均은 5월 16일이었고 범위는 5월3일~5월27일이었는데 지역간 차이보다 연도간 차이가 더 컸다. 1~4월의 순별 또는 월별 기온중 4월기온이 滿開期와 가장 높은 正相關을 보였는데 이 기간 降水量이 많을수록 그리고 3월 日照時數가 많고 2, 4월 일조시수가 적을수록 滿開期가 빨랐다. 滿開期(Y: 5월의 일수)와 4월의 平均氣溫(X)의 關係式은 $Y= 55.0-3.042X$ ($R^2=0.757$)로 계산되었고, 發芽日(X_1 : 4월의 일자), 4월 平均기온(X_2), 4월 강수량(X_3) 및 3월 일조시수(X_4)를 獨立變量으로 한 多重回歸式은 $Y=23.2+0.477X_1-1.731X_2-0.021X_3+0.087X_4$ ($R^2=0.9234$)였다. 다중회귀식에 의해 계산한 만개 예측일과 실제 관측일간 차이는 최대 4일이었다.

4. 花葉比 平均은 0.9였고 범위는 0.1~2.1이었는데 지역간 차이보다 연도간 차이가 더 컸으며 홀수 해는 적고 짝수 해는 많아 生産量의 해거리 현상과 같았다. 前年度 11월 日照時數가 많고 10, 11월 降水量이 많을수록, 前年度 着果量이 많을수록, 그리고 當년 1~3월 降水量이 많을수록 花葉比가 적어지는 것으로 나타났으나 이들 요인으로 설명되는 決定係數는 0.37미만으로 낮았다.

5. 着果率의 平均은 16.6%, 범위는 3.8~48.6%로 변이가 컸는데 지역간 차이가 연도간 차이보다 컸다. 着果率은 花葉比의 常用對數값 및 5, 6월의 日照時數와는 逆相關이 있었으나 7월중순 氣溫과는 正相關을 나타내었다.

6. 7월 16일 果實橫徑은 만개기가 빠르고, 滿開後 積算溫度가 많을수록, 그리고 日照時數가 많을수록 크고 葉果比가 많을수록 작았다. 7월 16일~8월 6일 사이는 1日 橫徑 肥大量이 0.5mm내외로 컸는데 이 기간 肥大量과는 積算溫度만이 유의한 逆相關을 나타내었다. 8월 6일~9월 17일 사이는 1일 肥大量이 0.3mm 이하로 점차 줄어들었는데 이 기간 肥大量과는 滿開期, 葉果比, 그리고

降水量이 正相關을 보였으나 7월 16일의 橫徑은 고도로 유의한 逆相關이 있었다. 9월 17일이후는 1일 비대량이 일시 증가했다가 점차 감소하여 10월하순 이후 0.1mm 이하로 떨어졌는데 積算溫度가 높을수록, 降水量이 많고 日照時數가 적을수록, 그리고 滿開期가 늦고 葉果比가 많을수록 肥大量이 增加했다.

7. 收穫期 果實 橫徑은 평균 65.2mm였는데 葉果比, 7월 이후 積算溫度, 그리고 6월과 9월 이후 降水量 등과는 正相關이, 그러나 5,6월과 10월 이후 日照時數와는 逆相關이 인정되었다. 縱徑은 평균 51mm였는데 葉果比, 6, 9월의 降水量과는 正相關이, 그러나 6월의 日照時數와는 逆相關이 인정되었다. 橫徑과 縱徑의 비율로 나타낸 果形指數는 평균 127%, 범위 115~135%였다.

8. 收穫期 果重의 평균은 108.3g, 범위는 65.2~152.5g으로 변이가 컸는데 葉果比, 7월 이후 積算溫度, 그리고 6월과 9월 강수량 등과는 正相關이, 그러나 5,6월과 10월 日照時數와는 逆相關이 인정되어 畠경의 경우와 비슷하였다.

9. 收穫期 果皮두께의 평균은 2.4mm, 범위는 1.8~2.9mm였는데 5,7월 積算溫度, 7,9월 日照時數, 그리고 10월 降水量이 많을수록 두꺼워졌으나, 5~7월 降水量과 5,8월 日照時數가 많을수록 얇아졌다.

10. 果皮 着色은 10월 15일 이후 급속히 진행되었는데 日照時數가 많고 기온이 낮은 조건에서 잘 되었다. 9월 平均氣溫(X)과 수확기 果皮色の hunter a값(Y)과의 關係式은 $Y = -275.62 + 21.48X - 0.016X^3$ ($R^2 = 0.5543$)로 계산되었다.

11. 果汁의 糖度는 9월 상순이후 급격히 증가하다가 10월말 이후는 增加速度가 둔화되었다. 9월 3일 이후의 糖度 增加는 가을철 溫度가 낮고 乾燥하며 日照時間이 많을수록 많았다. 總糖含量의 변화는 糖度變化와 유사했지만 10월 1

일까지는 還元糖 및 非還元糖의 증가속도가 비슷하였으며 總糖에 대한 비율은 還元糖이 높았는데, 10월 1일 이후는 還元糖은 증가하지 않고 非還元糖만 급격히 증가하여 收穫期의 당증가를 주도하였고 總糖에 대한 비율에서 非還元糖이 높아졌다.

12. 收穫期 果汁의 糖度는 평균 10.2°Bx, 범위 8.6~12.8°Bx였는데 지역간 차이보다 연도간 차이가 더 컸다. 糖度は 5월~수확기 특히 7,9월의 降水量과 고도로 유의한 逆相關이 있었으나 5,6월 積算溫度, 9,10월 日照時數와는 正相關을 보였다. 糖度에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 土壤含水量이라고 추정되었다.

13. 果汁의 酸含量은 8월 20일 이후 10월 15일까지는 급격히 減少하였으나 그 이후는 減少폭이 鈍化되었으며, 특히 枸橼酸 含量이 급격히 減少하였다.

14. 收穫期 果汁의 酸含量 平均은 1.2%, 범위는 0.8~1.6%였는데 지역간 차이와 연도간 차이가 비슷하였다. 酸含量은 5,7월 降水量, 6,8,10월 日照時數와는 正相關을 보였으나 7,8월을 제외한 5월~수확기 積算溫度, 6월과 9월 이후 降水量과는 逆相關을 보였다. 또한 만개기가 늦을수록 그리고 着果량이 적을수록 酸含量은 높았다.

VI. 引用文獻

- 安在勳, 李政明, 尹進一, 咸泳一, 申觀容. 1996. 氣象情報에 의한 감자 生長 및 收量豫測 模型作成. II. 統計的 模型作成. 農業論文集 38: 345~352.
- 赤嶺民雄, 宮城光則. 1986. 溫州ミカンの生態調査. 日園學要旨. 昭61秋: 58-59.
- 赤尾勝一郎, 塚原貞雄, 久田秀彦, 小野祐幸. 1981. 溫州ミカンの花器および新しょうの發達に及ぼすほう芽期光合成産物の役割. 日園學雜. 50: 1-9.
- 天野勝司, 日野 昭, 大東 宏, 倉岡唯行. 1972. 果樹の光合成作用に關する研究 (第1報) 環境條件が光合成速度に及ぼす影響. 日園學雜. 41: 144-150.
- 白子勳. 1980. 濟州地方氣溫의 統計的 分析에 依한 柑橘開花期 推定에 關한 調査 研究. 제주대학 논문집(자연과학편)12: 79-87.
- 白子勳, 韓海龍, 文斗吉, 玄海男. 1991. 柑橘의 品質向上과 國際競爭力 提高에 關한 研究. 科學技術處 研究報告書 p. 206.
- Bain, J.M. 1958. Morphological, anatomical, and physiological changes in the developing fruit of the valencia orange, *Citrus sinensis*(L.) Osbeck. Australian Journal of Botany 6: 1-28.
- Boswell, S.B., E.M. Nauer and D.R. Atkin. 1982. Effect of tree density on fruit quality, temperature, light penetration, growth, and production of old-line 'Atwood' navel orange trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107: 60-65.
- Bustan, A. and E.E. Goldschmidt. 1998. Estimating the cost of flowering in a grapefruit tree. Plant, Cell and Environment 21: 217-224.
- 鄭舜京, 吳成都, 洪淳範. 1976. 柑橘栽培 限界 海拔高 選定에 關한 研究. 農試報告 18(園藝. 農工篇): 77-83.

- 大東 宏, 富永茂人. 1981a. ウンシュウミカンの異なる樹形における着果部位別の果實品質, 特に糖, 有機酸およびアミノ酸組成について. 日園學雜. 50:143-156.
- 大東 宏, 富永茂人, 小野祐幸, 森永邦久. 1981b. ウンシュウミカンの異なる樹形における収量及び着色部位別の果實品質について. 日園學雜. 50:131-142.
- 大東 宏, 佐藤義彦. 1985a. ウンシュウミカン果實の成熟に伴う糖, 有機酸の變化. 日園學雜. 54:155-162.
- 大東 宏, 佐藤義彦. 1985b. ウンシュウミカン果實の成熟に伴う呼吸及びエチレン發生量の變化. 日園學雜. 53:405-411.
- Davies, F.S. and L.G. Albrigo. 1994. Citrus. CAB International, Wallingford, UK.
- Echeverria, E. and J.K.Burns. 1990. Sucrose breakdown in relation to fruit growth of acid lime(*Citrus aurantifolia*). Journal of Experiment Botany 41:705-708.
- Fishler, M., E.E. Goldschmidt, and S.P.Monselise. 1983. Leaf area and fruit size on girdled grapefruit branches. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108:218-221.
- Garcia-Luis. A., F. Fornes, and J.L.Guardiola. 1995. Leaf carbohydrates and flower formation in citrus. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120:222-227.
- Guardiola, J.L. 1981. Flower initiation and deveopment in citrus. Proc. Int. soc. Citriculture 242-246.
- 韓海龍, 金翰琳, 姜順善. 1970. 濟州産 柑橘의 酸 及 糖含量의 時期別變化에 關한 研究. 韓國園藝學會誌 7:35-40.
- 韓海龍, 文斗吉, 金漢鏞. 1978. 溫州蜜柑 夏枝의 剪定 時期 및 程度가 翌年の 開花 結實에 미치는 影響. 韓國園藝學會誌 15:110-113.

Hirai, M. and I. Ueno. 1977. Development of citrus fruits : Fruit development and enzymatic changes in juice vesicle tissue. *Plant and Cell Physiol.* 18:791-799.

Hisada, S., T. Akihama, T. Endo, T. Moriguchi and M. Omura. 1997. Expressed sequence tags of citrus fruit during rapid cell development phase. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122:808-812.

Huff, A. 1983. Nutritional control of regreening and degreening in citrus peel segments. *Plant Physiol.* 73:243-249.

許仁玉. 1973. 溫州蜜柑의 品質을 支配하는 要因의 寄與度에 關한 研究. 濟州教大論文集 3:119-138.

許仁玉. 1974. 溫州蜜柑의 着果條件이 品質에 미치는 影響. 濟州教大論文集 4:99-107.



許仁玉. 1975. 溫州蜜柑의 品質改善에 關한 研究. 濟州教大論文集 5:35-43.

池田富喜夫. 1990c. ウンシュウミカン果汁の糖集積に關する研究(第 14報) 臺木の違いが果實品質に及ぼす効果. *日園學雜.* 59別1:24-25.

井上 宏. 1989a. ウンシュウミカンの花芽の分化, 發達の溫度條件. *日園學雜.* 58:75-82.

井上 宏. 1989b. ウンシュウミカンの榮養生長と花芽分化に及ぼす日長と溫度の影響. *日園學雜.* 58:563-567.

井上 宏. 1989c. ウンシュウミカンの花芽分化に及ぼす土壤乾燥と溫度條件. *日園學雜.* 58:581-585.

- 井上 宏. 1990a. ウンシュウミカンの芽の休眠と花芽分化の温度条件. 日園學雜. 58: 919-926.
- 井上 宏. 1990b. ウンシュウミカンの花芽の發達と開花に及ぼす冬季ならびに早春の低温の影響. 日園學雜. 59: 215-223.
- 井上 宏, 原田 豊. 1988. ウンシュウミカンの幼樹の生長と養分吸収の温度条件. 日園學雜. 57: 1-7.
- 井上 宏, 片岡郁雄. 1991a. ウンシュウミカンの花芽分化に及ぼす肥料要素と温度の影響. 日園學雜. 60: 771-776.
- 井上 宏, 生駒吉識, 片岡郁雄. 1991b. ウンシュウミカンの花芽分化に及ぼす環状はく皮と温度条件. 日園學雜. 60: 275-284.
- 井上久雄, 藤井榮一, 西山富久. 2002. 着果負擔と葉果比の違いが早生ウンシュウの果實品質, 收量, 炭水化物含量ならびに翌年の着花に及ぼす影響. 日園學雜. 71 別1: 225.
- 石川祐子, 生駒吉識, 金子勝芳. 1993. 極早生ウンシュウの果汁成分 特にリモノイド含量の成熟期における變化. 日園學雜. 61: 941-950.
- 岩垣 功. 1991. 開花時期とその影響. 農文協. 農業技術大系. 果樹編 1- I. 日本 東京. p. 27-31.
- 岩垣 功, 廣瀬和榮. 1980. 温州ミカン果實の發育と品質に関する研究 特に開花時期と酸含有率との関係について. 日園學雜. 48: 418-425.
- 岩垣 功, 泉 嘉郎, 荒木忠治, 廣瀬和葉. 1981. ウンシュウミカンの成熟生理に関する研究, II 果肉, 果皮中の糖, 有機酸及びアミノ酸の變化. 日本果樹試報. B 8: 37-54.

- 岩垣 功, 加藤義昌. 1982. ウンシュウミカン果實の初期生長と品質との關係. 日園學雜. 51:263-269.
- 岩堀修一. 門屋一臣. 1999. カンキツ總論. 養賢堂. 日本 東京. p. 708.
- 岩永秀人, 居石知成. 1991. ウンシュウミカンの高畦栽培に關する試験. 日園學雜. 60別1:677.
- 岩崎直人, 大垣智昭. 1985. カンキツの種・品種における光合成特性と溫度・光條件. 日園學雜. 54:315-322.
- Iwasaki, N., C. Oogaki, M. Iwamasa, J. Matsuhima and K. Ishihata. 1986. Adaptability of citrus species based on the relationships between climatic parameters and fruit quality characteristics. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 55:153-168.
- 泉 秀實, 伊東卓爾, 吉田保治. 1990a. 樹冠内・外層の着果位置別にみたウンシュウミカン果實の發育中における糖とアスコルビン酸含量について. 日園學雜. 58:877-883.
- 泉 秀實, 伊東卓爾, 吉田保治. 1990b. 樹冠内・外層の着果位置別にみたウンシュウミカン果實の貯藏中における品質の變化. 日園學雜. 58:885-893.
- Izumi H., T. Ito and Y. Yoshida. 1992. Effects of light intensity during the growing period on ascorbic acid content and its histochemical distribution in the leaves and peel, and fruit quality of satsuma mandarin. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 61:7-15.
- 제주농협지역본부, 제주감귤협의회. 2002. 2001년산 감귤유통처리실태분석. 제주감귤협의회 p. 134.
- 門屋一臣. 1973. 温州ミカンの光合成産物の轉流および分配に關する研究(第14報) 果實肥大の日周期と關係要因. 日園學雜. 42:215-220.

- 門屋一臣. 1991. 形態・生理・機能. 農文協. 農業技術大系. 日本 東京. p. 基 11-66.
- 鎌田晶吉. 1992. リンゴの開花日に及ぼす氣象要因の影響. 日園學雜. 61:17-24.
- 川野信壽. 1988. 하우스ミカンの生産安定と品質向上(1). 農業および園藝 62(12):53-60.
- 川野信壽. 1989a. 하우스ミカンの生産安定と品質向上(2). 農業および園藝 63(2):66-70.
- 川野信壽. 1989b. 하우스ミカンの生産安定と品質向上(3). 農業および園藝 63(3):64-66.
- 川野信壽, 小原 誠. 1991. 하우스ミカンの生産安定と品質向上に関する研究(第4報) 光が果實品質に及ぼす影響. 日園學雜. 60別1:676.
- Kawase K. and M. Hirai. 1983. Growth, sugar accumulation and puffiness of the mandarin peel during coloring. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 52:231-237.
- 木原武士. 1991. カンキツの地域別生育期. 農文協. 農業技術大系. 果樹編 1-I. 日本 東京. p. 基 89-90.
- 木原武士, 小中原實. 2000. ウンシュウミカンにおける隔年結果の現状と對策. 果樹試報. 34:111-136.
- 김창명. 고상옥, 양이웅, 문두길. 1998. 지역별온도차이가 개화 및 과실품질에 미치는 영향. 원예연구소 시험연구보고서. p. 526-538.
- 김창명. 2000. 온주밀감 가온재배. 농촌진흥청 표준영농교본. p. 49-57.
- 김창명, 문영일. 2001. 조생온주밀감 수상월동재배에 관한 연구. 제주농업시험장 연구보고서.
- 김점국, 홍재성, 김성봉, 송기철. 1992. 낙엽과수의 개화기 예측에 관한 연구. 원예시험장 보고. 215-222.

- 金英輝. 1983. 溫州蜜柑果實의 發育段階에 따른 果實形質變化에 對한 地域間 比較研究. 제주대학교 석사학위논문.
- 岸野 功. 1991. 適正着果. 農文協. 農業技術大系. 果樹編 1- I. 日本 東京. p.65-69
- 清末義信, 峯 浩昭, 柴 茂. 1991. 宮本早生の果實品質におよぼす環境要因について. 日園學雜. 60別1:678.
- 高官達, 文德永, 韓海龍. 1987. 着果量이 溫州蜜柑의 生育, 冬季落葉, 葉內 炭水化物 및 翌年の 開花, 結實에 미치는 影響. 農試論文集 29:111-116.
- 小林 章, 新居直祐, 原田公平. 1967. 溫度が溫州ミカンの開花・結實ならびに 成熟期の果實の品質に及ぼす影響. 農業および園藝 42:97-98.
- Kobayashi, A., N. Nii, K. Harada and K. Kadowaki. 1968. Favorable day and night temperature combination for the fruit growths of Delaware grapes and Satsuma oranges. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 37:199-204.
- 고상옥. 김창명. 김홍림. 문영일. 양이웅. 한해룡. 1996. 조생은주밀감의 완숙과 수확에 관한 연구. 원예연구소 시험연구보고서(과수·저장이용편) p. 1107-1116.
- Koshita, Y., T. Takahara, T. Ogata and A. Goto. 1999. Involvement of endogenous plant hormones(IAA, ABA, GAs) in leaves and flower bud formation of satsuma mandarin(*Citrus unshiu* Marc.). Scientia Horticulturae 79:185-194.
- 倉岡唯行, 菊池卓郎. 1961. 칸킥스果實의發育에關する組織學的研究(第 1報) 溫州ミカンについて. 日園學雜. 30:189-196.
- 栗原昭夫. 1969. 制御環境下における溫州ミカン果實の生長反應. I 9月以後の溫度が果實の發育ならびに着色・品質に及ぼす影響. 日園試報. A 8:15-30.

- 栗原昭夫. 1973. 制御環境下における温州ミカン果實の生長反應 III. 秋季における晝夜溫度日較差が果實の發育ならびに着色・品質に及ぼす影響. 日園學雜. 42:13-21.
- 栗山降明. 1991. 收穫時期と品質. 農文協. 農業技術大系. 果樹編 1- I. 日本東京. p. 98-112.
- Lovatt, C.J. 1999. Timing citrus and avocado foliar nutrient applications to increase fruit set and size. HortTechnology 9:607-612.
- 牧田好高. 1990. 高附加價值豫措・貯藏技術(ウンシュウミカン). 静岡柑試 果樹試験成績書 174:198-203.
- 間苧谷徹, 町田 裕. 1980. 夏季におけるウンシュウミカン樹の水管理の指標としての葉の水ポテンシャル. 日園學雜. 49:41-48.
- Marsh, K.B., A.C. Richardson and E.A. Macrae. 1999. Early and mid season temperature effects on the growth and composition of satsuma mandarins. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 74:443-451.
- 松本明芳, 白石眞一. 1980. 温州ミカン果肉中の有機酸に及ぼす土壤の種類の影響. 日園學雜. 48:413-417.
- Matsumoto, A. and S. Shiraishi. 1981a. Seasonal changes in the titratable acids of satsuma mandarin fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 49:512-518.
- Matsumoto, A. and S. Shiraishi. 1981b. Seasonal changes in organic acid levels in satsuma mandarin fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 49:519-522.
- Matsumoto, K., S. Chikaizumi, I.O. Hoe and J. Watanabe. 1972. Studies on the contribution of environmental and internal factors affecting the edible quality and exterior appearance of satsuma mandarin fruits. I. Estimation

of the contribution of some factors influencing the total soluble solids and free acid content of juice. J. Japan. soc. Hort. Sci. 41:171-178.

宮本久美, 中屋英治. 1990. 하우스미칸夏枝の影響と着花量の關係. 日園學雜. 59別 1:20-21.

문두길, 한해룡, 김창명, 김영효, 고상욱, 강종훈, 양창식. 1997. 조생온주의 화학적 적과와 품질향상. 제주대학교 아열대 농업연구소 연구보고서.

문영일. 1998. 3,5,6-TPA 엽면살포가 시설감귤의 낙과 및 과실품질에 미치는 영향. 제주대 석사학위논문.

문영일, 김창명. 2001. 열과의 발생원인 구명 및 방지법에 관한 연구. 제주농업시험장 시험연구보고서.

森永邦久, 池田富喜夫. 1991. 施設栽培ウンシュウミカンの光合成特性と果實生産力. 日園學雜. 60:61-69.

森永邦久, 池田富喜夫, 木原武士. 1985. 칸킥의 光合成作用과 果實生産에 關する 研究. 第2報. ウンシュウミカンの 光合成作用에 及ぼす 水分의 影響. 日本四國農試報. 45:157-166.

森岡節夫. 1988. ウンシュウミカン成木の着果程度及び摘果が果實の大きさ及び形質, 翌年の着果などに及ぼす影響. 日園學雜. 57:351-359.

森岡節夫, 八幡茂木. 1989. ウンシュウミカンの摘果直前の着果程度が果實の大きさ, 收量及び翌年の着花などに及ぼす影響. 日園學雜. 58:97-103.

向井啓雄, 高木敏彦, 手島洋二, 鈴木鐵男. 1996. 秋期に水ストレスを與えたウンシュウミカン樹の果實各部位における糖含量. 日園學雜. 65:479-485.

向井啓雄, 高木敏彦, 梶田信明, 西川咲百合, 原田久, 村井泰廣. 2000. 數品種のウンシュウミカン果實における糖集積. 日園學雜. 69:624-628.

- 永田賢嗣, 池田富喜夫. 1991. ハウスミカンの時期別乾燥処理が果實特性に及ぼす影響. 日園學雜. 60別1:12-13.
- Nakajima, Y., S. Susanto and K. Hasegawa. 1993. Influence of water stress in autumn on flower induction and fruiting young pomelo trees (*Citrus grandis*(L.) Osbeck). J. Japan. Soc. Hort. Sci. 62:15-20
- 中川行夫. 1969. 果樹の氣象的適地條件に関する研究. (6) 世界のカンキツ産地の氣象解析. 日園試報. A 8:73-94.
- 中川行夫, 眞子正史, 原 節生. 1984. ウンシュウミカンの着花, 生理落果, 果實肥大に及ぼす氣象の影響. 農業氣象 40:59-62.
- 新居直祐, 原田公平, 門脇邦泰. 1970. 溫度が温州ミカンの果實の肥大ならびに品質に及ぼす影響. 日園學雜. 39:19-27.
- 新居直祐. 1978. 温州ミカン果實の初期生長に及ぼす葉齡と摘葉處理の影響. 日園學雜. 47:172-180.
- 新居直祐. 1980. ウンシュウミカンとハッサク果實の肥大生長と葉及び果柄の組織系の分化・發達との關係. 日園學雜. 49:23-35.
- 新居直祐. 1998. 果實の成長と發育. 朝倉書店. 日本 東京. p. 132.
- Nii, N. and B.G. Coombe. 1988. Anatomical aspects of juice sacs of satsuma mandarin in relation to translocation. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 56:375-381.
- Nii, N. and B.G. Coombe. 1990. Ultrastructural changes in the primordia of juice sacs of satsuma mandarin fruits. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 59:35-41.
- 野田勝二, 奥田 均, 木原武士, 岩垣 功, 河瀬憲次. 2001. 各種の對木がウンシュウみかんの極早生系統 '山川早生' の生育および果實品質に及ぼす影響. 日園學雜. 70:78-82.

- 尾形凡生, 蓮川博之, 鹽崎修志, 堀内昭作, 河瀬憲次, 岩垣功, 奥田均. 1996. ウンシュウミカンの栄養器官における内生ジベレリン含量の时期的消長とパクロブトラゾール処理がジベレリン生合成に及ぼす影響. 日園學雜. 65:245-253.
- 尾形凡生, 植田榮仁, 鹽崎修志, 堀内昭作, 河瀬憲次. 1995. ウンシュウミカンの着花に及ぼすジベレリン生合成阻害物質の効果. 日園學雜. 64:251-259.
- 吳成都, 鄭舜京, 洪淳範. 1981. 冬期間 低溫氣象에 溫州蜜柑(*Citrus unshiu* Marc.) 의 花芽分化에 미치는 影響. 韓國園藝學會誌 22:194-198.
- Okada, N. 1985. The effect of temperature conditions during bud stage on the nitrogen uptake for navel orange(*C. Sinensis* Osbeck). Bull. Shizuoka Citrus Exp. Sta. 21:49-51.
- 奥田 均, 木原武士, 岩垣 功. 1995. ウンシュウミカンの着果が發育枝の光合成速度, 暗呼吸速度, 葉中遊離 ABA 濃度ならびに翌年の着花に及ぼす影響. 日園學雜. 64:9-16.
- Okuda, H. T. Kihara and I. Iwagaki. 1996. Effects of fruit removal on photosynthesis, stomatal conductance and ABA level in the leaves of vegetative shoots in relation to flowering of satsuma mandarin. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 65:15-20.
- 小野祐幸. 1990. 速度論的手法による果樹の 萌芽・開花豫測法. 松崎昭二 果樹・野菜栽培における豫測と診断. 化學工業日報社. 日本 東京. p. 49-55.
- 小野祐幸, 大東 宏. 1982. 溫州ミカンの光合成作用および生産構造に関する研究 (第4報)樹冠内光合成作用の部位別相違と果實の發達. 日本 四國農試報. 40:59-77.
- 小野祐幸, 岩垣 功, 高原利雄. 1987a. カンキツの光合成に及ぼす光條件および栽培に関連した諸要因の影響. 日本果樹試報. D 9:25-49.

- 小野祐幸, 金野降光, 田村良文. 1987b. 永年作物の感温特性に関する研究. (第1報). 果樹の開花における感温特性. 日園學要旨 秋季:30-31.
- 小野祐幸, 金野降光, 田村良文. 1988. 永年作物の感温特性に関する研究. (第3報). カンキツの開花期豫測. 日園學要旨 春季:72-73.
- 小野祐幸, 竹澤邦夫, 林田誠剛, 藥師寺博. 1992. アンサンブル法を用いた氣象要素による果樹の果實品質豫測. 日園學雜. 61別1:152-153.
- 小野祐幸, 工藤和典, 大東 宏. 1980. ウンシュウミカンの光合成作用および生産構造に関する研究. 第3報 樹形の違いが光合成速度に及ぼす影響. 四國農試報. 35:41-54.
- 大垣智昭, 伊東秀夫. 1972. 温州ミカンの花芽分化誘起條件としての冬の低温. 農業および園藝 47:95-97.
- Poerwanto R. and H. Inoue. 1990. Effects of air and soil temperatures in Autumn on flower induction and some physiological responses of satsuma mandarin. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 59:207-214.
- Powell, A.A. and A. H. Krezdorn. 1977. Influence of fruit-setting treatment on translocation of ¹⁴C-metabolites in citrus during flowering and fruiting. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102:709-714.
- 노일래. 2002. 온주밀감의 수분스트레스시기 및 방법이 과실품질에 미치는 영향. 경상대학교 석사학위논문. 38 pp.
- Richardson, A.C. and R.H. Blank. 1996. Shoot development in spring affects satsuma mandarin fruit quality. Proc. Int. Soc. Citriculture 989-993.
- Richardson, A.C., K.B.Marsh and E.A.Macrae. 1997. Temperature effects on

- satsuma mandarin fruit development. *Journal of Horticultural Science* 72:919-929.
- Sadka, A., B. Artzi, L. Cohen, E. Dahan, D. Hasdai, E. Tagari and E. 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(3):288-293.
- 坂本辰馬, 奥地 進. 1968. 温州ミカン果實の可溶性固形物, 酸に及ぼす降水量の影響. *日園學雜.* 37:212-220.
- 坂本辰馬, 奥地 進. 1970. 温州ミカン果實の酸の消長(集積, 稀しゃく, 減少)に及ぼす夏秋季の土壤乾濕の影響. *日園學雜.* 39:107-114.
- 佐藤二郎, 宮城俊次. 1986. 沖縄の早生温州ミカンの特性. *日園學要旨* 昭61秋:60-61.
- 송창훈. 1995. 시설재배온주밀감의 생육특성과 토양수분조절이 과실품질에 미치는 영향. 제주대학교 박사학위논문.
- 송은영. 1997. 제주산 감귤류의 성숙단계별 품질특성. 제주대학교 석사학위논문.
- 송관정, 고광출. 1997. 오렌지 과실의 당함량과 Sucrose Synthase 활성과의 관계. *韓國誌.* 38:242-245.
- Stover, E. 2000. Relationship of flowering intensity and cropping in fruit species. *HortTechnology* 10:729-732.
- Susanto, S. and Y. Nakajima. 1990. Effects of winter heating on flowering time, fruiting and fruit development in pummelo grown under plastic house. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 59:245-253.

鈴木鐵男, 高木敏彦, 増田 勇, 岡本 茂. 1988a. ウンシュウミカン樹の生長, 光合成および果實品質に及ぼす相対照度の影響. 第1報 通年照度處理と樹体生長, 果實品質との關係. 農業および園藝 63:1103-1104.

鈴木鐵男, 高木敏彦, 増田 勇, 岡本 茂. 1988b. ウンシュウミカン樹の生長, 光合成および果實品質に及ぼす相対照度の影響. 第2報 夏秋季の時期別および萌芽期からの照度處理が樹体の形態, 生長, 光合成, 果實品質に及ぼす影響. 農業および園藝 63:1208-1210.

Syvertsen, J.P. and L.G. Albrigo. 1980. Some effects of grapefruit tree canopy position on microclimate, water relation, fruit yield, and juice quality. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105:454-459.

橘 温. 1996. ワセウンシュウの栽植密度と栽培條件が果實品質に及ぼす影響. 日園學雜. 65:463-470.

Tachibana, S. and S. Yahata. 1998. effects of organic matter and nitrogen fertilizer applications on fruit quality of satsuma mandarin in a high density planting. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 67:671-676.

Tadeo, J. L., J. M. Ortiz and A. Estelles. 1987. sugar changes in clementine and orange fruit during ripening. Journal of Horticultural Science 62:531-537.

高木敏彦, 澤野郁夫, 鈴木鐵男, 岡本茂. 1982. ウンシュウミカンの花器及び幼果の發達に及ぼす開花期前後の温度の影響. 日園學雜. 51:257-262.

高木信雄, 清水眞壽美, 荻野尚裕, 前田幸男, 赤松 聰, 大和田厚 1987a. ‘宮内イヨカン’の着花が開花期の窒素と光合成産物の轉流に及ぼす影響. 日園學雜. 55:434-444.

高木敏彦, 増田幸直, 鈴木鐵男. 1987b. 温度要因がカンキツ果實の着色及び果

- 皮内糖含量に及ぼす影響. 日園學要旨 春季:46-47.
- 高木敏彦, 増田幸直, 大西智子, 鈴木鐵男. 1989. ウンシュウミカンの果皮中の糖, N レベルが着色に及ぼす影響. 日園學雜. 58:575-580.
- 高木敏彦, 向井啓雄, 市川珠世, 鈴木鐵男. 1994. ウンシュウミカンの着色に及ぼす温度と果實の糖集積の影響. 日園學雜. 62:725-731.
- 高木伸右. 1990. チルユニットによる果樹の萌芽豫測法. 松崎昭二. 果樹・野菜栽培における豫測と診断. 化學工業日報社. 日本 東京. p. 56-59.
- 竹林晃男, 片岡丈彦, 行永壽二郎. 1992. ウンシュウミカンの樹上完熟栽培と普通栽培ならびに銘柄産地の果實品質の比較. 日園學雜. 61:39-47.
- 竹林晃男, 片岡丈彦, 行永壽二郎. 1993. カンキツ類の樹上完熟栽培果實の障害発生と品質の經時的變化. 日園學雜. 62:305-316.
- 竹林晃男, 片岡丈彦, 行永壽二郎. 1994. 樹上完熟栽培におけるウンシュウミカン果實のじょうのう膜の變化. 日園學雜. 63:267-275.
- 富田榮一. 1972. 温州ミカンの果實の品質および翌年の開花におよぼす夏季の土壤水分と秋季の窒素施肥時期の影響. 日園學雜. 41:151-156.
- 富田榮一, 松本圭司. 1985. 夏季の干ばつ年における温州ミカンの果實の品質. 農業および園藝 60:96-98.
- 宇都宮直樹, 山田壽, 片岡郁雄, 苫名孝. 1982. ウンシュウミカン果實の成熟に及ぼす果實温度の影響. 日園學雜. 51:135-141.
- 失羽田第二郎, 大庭義材, 桑原實. 1995a. 施設栽培の早生ウンシュウミカンの夏枝の花芽分化に伴う炭水化物, α -アミラーゼ活性, インドール醋酸およびジベレリン様物質の變化. 日園學雜. 64:527-533.

失羽田第二郎, 大庭義材, 桑原實, 松本和紀. 1995b. 施設栽培で根域制限を行ったワセウンシュウの着果量が樹體の水分ストレス, 果實の品質, 収量ならびに花芽分化に及ぼす影響. 日園學雜. 63:745-752.

失羽田第二郎, 大庭義材, 松本和紀, 津田勝男. 1991. 温州ミカンの早期加温栽培に関する研究(第1報) 休眠・花芽分化に及ぼす低温の影響. 日園學雜. 60卷1: 675.

Yakushiji, H., K. Morinaga and H. Nonami. 1998. Sugar accumulation and partitioning in satsuma tree tissues and fruit in response to drought stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123:719-726.

山田彬雄, 小野祐幸, 金野降光, 上野勇. 1988. カンキツ類の開花における感温特性の品種間差異について. 日園學要旨. 秋季:60-61.

八卷良和. 1990a. ヒ酸鉛がウンシュウミカン果肉中のクエン酸縮合酵素活性に及ぼす影響. 日園學雜. 58:899-905.

八卷良和. 1990b. ヒ酸鉛がウンシュウミカン果肉中のコエンザイム A に及ぼす影響. 日園學雜. 58:907-911.

Yamanishi O., K. Y. Nakajuma and K. Hasegawa. 1995. Effect of trunk strangulation degrees in late season on return bloom fruit quality and yield of pummelo trees grown in a plastic house. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 64:31-40.

Yamashita, K., K. Kitazono and S. Iwasaki. 1997. Flower bud differentiation of satsuma mandarin as promoted by soil-drenching treatment with IAA, BA or Paclobutrazol solution. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 66:67-76.

劉 永山, 金有煥. 1979. 開花前 氣溫이 葡萄 나무의 發芽 및 開花에 미치는 影響. 農試報告. 21(園藝・農工):17-21.

Zhu, X.R. and K. Matsumoto. 1987. Absorption and translocation of 6-benzylamino purine in satsuma [*Citrus unshiu* Marc.] trees. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 56:159-165.

朱 向榮, 松本和夫, 白石雅也. 1989. 6-Benzylamino purine(BA) の散布がウンシュウミカン(*Citrus unshiu* Marc.)のえき芽に及ぼす發芽促進効果. 日園學雜. 57:578-584.



Appendix 1. Monthly mean air temperature(°C) at the locations of observation.

Loc.	N-Doryeon					N-Odeung				
	'94	'95	'96	'97	'98	'94	'95	'96	'97	'98
Jan.	-	4.3	2.1	2.4	4.7	-	3.9	3.4	2.3	4.0
Feb.	-	4.0	1.9	4.2	7.3	-	3.6	2.5	4.4	6.5
Mar.	-	6.9	6.3	8.2	8.2	-	7.5	6.9	7.6	7.2
April	14.0	10.0	10.3	13.5	15.3	14.6	11.0	10.7	12.5	14.6
May	18.1	14.4	16.6	19.3	18.1	18.8	15.9	17.4	18.0	17.7
June	20.4	18.4	21.7	22.7	20.7	21.3	19.7	23.1	21.4	20.3
July	28.2	24.3	24.8	26.0	26.4	29.0	25.3	24.8	25.4	25.9
Aug.	27.1	26.0	26.9	25.4	27.5	27.0	27.5	26.3	24.6	26.7
Sept.	21.5	19.6	21.9	21.4	23.0	20.7	21.3	21.5	20.3	22.2
Oct.	16.8	15.3	16.5	16.4	18.1	16.3	16.4	15.5	15.4	16.9
Nov.	12.7	8.6	11.4	12.4	10.9	12.0	9.0	11.3	11.7	10.1
Dec.	7.2	3.6	6.1	7.2	6.6	7.1	4.7	5.9	6.4	5.6
Mean	18.4	12.9	13.9	14.9	15.6	18.5	13.8	14.1	14.2	14.8



Appendix 1. Continued

Loc.	S-Gangjeong					S-Topyeong							
	'94	'95	'96	'97	'98	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01
Jan.	-	5.5	5.8	4.9	5.7	-	4.6	5.5	3.3	5.1	5.9	6.4	5.3
Feb.	-	6.6	4.7	7.0	8.9	-	4.9	4.7	6.0	8.1	6.4	4.5	6.9
Mar.	-	9.2	8.4	10.6	9.4	-	8.6	8.3	9.2	9.2	10.7	9.2	9.6
April	15.1	13.0	11.3	13.4	16.1	15.3	12.6	11.9	13.1	15.9	14.4	13.6	14.1
May	18.4	16.8	17.3	17.9	18.7	19.1	16.6	18.1	17.7	19.0	17.4	18.6	18.3
June	20.6	20.3	20.9	22.2	20.6	20.9	20.4	22.5	22.2	20.6	21.1	21.8	21.3
July	27.7	24.8	24.9	24.8	26.1	28.3	23.9	24.3	24.8	25.9	23.1	26.1	27.0
Aug.	27.1	27.5	27.0	25.8	27.4	28.1	28.4	27.0	25.4	27.3	24.7	27.4	27.1
Sept.	22.6	22.4	22.9	21.9	23.7	23.4	22.7	22.6	22.0	24.0	24.3	22.5	23.6
Oct.	18.3	18.2	18.6	17.7	19.2	18.9	18.8	17.8	16.4	19.3	18.5	18.8	20.1
Nov.	14.8	11.6	13.5	14.1	13.4	14.9	12.0	13.3	12.2	12.9	12.4	14.7	13.4
Dec.	9.7	6.4	8.1	7.6	9.1	9.2	5.9	6.8	8.3	7.9	7.0	9.3	8.4
Mean	19.4	15.2	15.3	15.7	16.5	19.8	15.0	15.2	15.0	16.3	15.5	16.1	16.3

Appendix 1. Continued

Loc.	S-Bomok					S-Wimi					S-Sinye-1				
	'94	'95	'96	'97	'98	'94	'95	'96	'97	'98	'94	'95	'96	'97	'98
Jan.	-	6.2	5.9	6.0	5.9	-	3.8	4.6	3.3	5.1	-	4.4	5.0	4.2	5.3
Feb.	-	6.9	4.9	8.2	8.9	-	4.6	4.4	5.5	8.4	-	5.0	4.4	5.9	8.3
Mar.	-	10.3	8.1	11.5	9.9	-	7.6	8.1	8.7	9.2	-	7.9	8.0	8.8	9.2
April	14.6	13.8	11.7	14.9	16.5	13.7	11.2	11.2	12.6	15.9	13.5	11.6	11.2	13.0	15.6
May	18.3	17.2	17.4	19.1	19.0	17.4	15.2	17.2	17.2	18.3	17.2	15.6	17.3	17.3	18.5
June	20.8	20.3	20.9	23.7	20.7	19.8	19.6	21.6	21.0	20.6	19.3	19.2	21.1	21.3	20.6
July	29.0	25.1	24.7	25.4	26.3	27.4	25.0	24.4	24.9	24.9	26.7	24.2	23.9	24.1	25.3
Aug.	28.0	28.6	27.9	26.0	28.1	26.7	27.8	27.0	25.5	26.8	25.7	27.2	25.7	24.6	26.6
Sept.	23.5	22.7	23.8	22.8	23.5	21.8	22.5	22.0	21.9	23.8	21.5	21.7	21.4	21.7	23.2
Oct.	19.0	18.8	19.2	18.1	19.5	17.5	18.1	17.7	16.9	19.1	17.1	17.7	17.6	17.3	18.8
Nov.	15.1	12.1	14.2	14.5	13.7	13.4	11.0	12.9	13.0	12.7	13.4	11.3	12.7	13.8	13.0
Dec.	9.9	6.5	8.8	9.0	9.1	8.5	5.7	6.2	8.3	8.0	8.5	5.8	6.9	8.4	8.4
Mean	19.8	15.7	15.6	16.6	16.8	18.5	14.3	14.8	14.9	16.1	18.1	14.3	14.6	15.0	16.0



Appendix 1. Continued

Loc.	S-Sinye-2					S-Harye					S-Ipseok				
	'94	'95	'96	'97	'98	'94	'95	'96	'97	'98	'94	'95	'96	'97	'98
Jan.	-	3.0	2.9	1.5	4.9	-	4.8	5.2	3.3	4.6	-	2.9	3.4	1.2	3.8
Feb.	-	3.9	2.2	4.3	7.8	-	5.9	4.1	4.8	7.7	-	4.4	2.8	3.8	7.1
Mar.	-	7.2	5.7	7.5	8.6	-	8.5	8.2	8.8	8.7	-	7.4	6.3	7.4	8.0
April	13.3	11.2	9.3	11.7	15.5	13.7	12.0	11.3	13.1	15.3	13.1	11.2	9.6	11.7	15.0
May	17.4	15.4	16.6	17.2	18.4	17.6	15.9	17.6	17.7	18.3	16.9	15.2	16.4	17.1	17.9
June	19.6	19.2	21.0	20.8	20.2	19.6	18.7	21.5	21.3	20.0	19.2	18.8	20.6	21.1	19.8
July	27.3	24.1	23.1	23.8	25.4	27.0	22.7	24.4	24.2	25.0	26.6	23.2	23.4	24.0	24.9
Aug.	25.8	26.5	25.2	24.7	26.8	26.6	25.8	26.3	24.6	26.6	25.1	25.7	24.5	24.3	26.4
Sept.	20.9	20.8	20.4	21.1	23.2	22.4	22.1	21.7	21.3	23.2	20.6	20.2	20.5	20.2	22.4
Oct.	16.3	16.3	15.7	16.2	18.0	17.4	18.3	17.3	16.8	18.5	15.8	16.4	15.7	15.6	17.7
Nov.	12.2	10.6	10.5	13.2	12.3	13.8	11.3	12.4	13.3	12.6	11.7	8.7	10.3	12.3	11.5
Dec.	7.1	3.8	5.2	7.9	7.3	8.5	6.1	6.9	7.4	8.0	6.7	3.6	4.7	6.8	6.5
Mean	17.8	13.5	13.2	14.2	15.7	18.5	14.4	14.7	14.7	15.7	17.3	13.1	13.2	13.8	15.1

Appendix 1. Continued

Loc.	E-Nansan					E-Susan							
	'94	'95	'96	'97	'98	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01
Jan.	-	2.1	3.0	1.5	3.8	-	2.7	4.1	2.7	5.0	5.6	5.4	4.9
Feb.	-	3.1	1.5	3.8	7.5	-	4.2	3.2	4.3	8.1	5.9	4.0	5.4
Mar.	-	6.7	5.8	6.9	8.5	-	7.5	6.7	7.8	9.0	10.0	8.9	9.2
April	13.8	10.4	9.2	11.3	15.5	13.9	10.9	10.2	11.7	15.6	13.9	13.2	14.9
May	16.6	14.3	16.1	15.6	18.3	17.6	14.8	16.1	16.4	18.3	17.2	17.5	18.9
June	18.7	17.9	20.3	19.6	20.4	19.7	18.4	20.4	20.2	20.7	21.2	21.0	21.3
July	26.7	22.8	22.6	24.7	25.4	27.5	23.8	22.8	25.3	26.2	23.1	26.1	26.1
Aug.	25.4	25.5	25.0	25.0	26.9	26.6	26.8	25.4	25.4	27.5	24.7	27.2	26.5
Sept.	20.3	19.6	20.3	21.1	23.4	21.5	20.5	21.1	22.1	23.8	24.5	22.2	23.2
Oct.	15.5	15.1	15.3	15.8	18.7	16.2	17.0	16.3	16.8	18.9	18.0	18.2	18.8
Nov.	11.4	8.6	10.1	11.8	11.7	12.1	10.6	11.2	13.0	11.6	12.0	12.2	10.8
Dec.	6.0	4.5	4.6	6.6	6.8	6.9	4.5	5.5	7.6	7.0	6.5	7.7	5.9
Mean	17.2	12.5	12.8	13.6	15.6	18.0	13.5	13.6	14.4	16.0	15.2	15.3	15.5



Appendix 1. Continued

Loc.	W-Sinsu					W-Wolgwang							
	'94	'95	'96	'97	'98	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01
Jan.	-	3.4	1.6	3.9	5.5	-	4.1	4.0	3.4	4.7	5.2	4.8	4.6
Feb.	-	4.4	-0.2	5.8	7.7	-	4.6	3.1	5.4	7.6	5.3	3.4	5.3
Mar.	-	7.4	3.8	9.3	8.7	-	8.0	6.9	8.8	8.0	9.3	7.9	8.0
April	13.9	10.7	7.1	12.5	15.3	13.9	12.4	10.5	12.4	15.0	13.1	11.9	13.2
May	17.1	15.2	13.4	16.9	18.5	17.0	15.9	17.3	17.1	18.0	16.7	16.6	17.7
June	20.6	18.7	18.1	21.7	20.9	19.6	20.0	21.3	21.6	20.6	20.8	21.0	20.6
July	28.2	23.2	24.8	25.1	26.3	28.1	24.4	24.7	24.8	25.9	23.2	25.9	25.7
Aug.	27.3	26.1	26.9	26.3	27.3	27.1	27.3	26.4	25.7	26.7	24.5	26.5	25.6
Sept.	21.6	20.0	23.0	22.2	23.6	21.5	21.1	21.7	21.5	23.1	23.7	21.5	22.2
Oct.	16.9	15.3	17.7	17.3	18.9	17.1	16.7	16.8	16.2	18.0	17.0	17.0	19.2
Nov.	12.7	9.3	12.1	12.2	13.0	12.8	9.8	11.6	12.8	11.5	11.4	11.0	12.6
Dec.	7.0	2.9	7.5	7.9	7.9	7.4	5.3	6.2	7.1	6.6	6.0	8.6	6.3
Mean	18.4	13.1	13.0	15.1	16.1	18.3	14.1	14.2	14.7	15.5	14.7	14.7	15.1

Appendix 2-1. Monthly mean air temp. (°C) in the northern part(Jeju) of Jeju island.

Year	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
Jan.	6.0	6.1	5.9	5.3	6.7	6.8	6.0	5.6	6.1
Feb.	6.7	6.8	4.5	6.8	8.8	7.0	4.6	6.6	6.5
Mar.	7.9	9.9	8.8	10.2	9.8	10.5	9.4	9.5	9.5
April	15.1	13.0	12.0	14.3	16.1	14.3	13.5	14.1	14.1
May	18.8	17.0	17.9	19.0	18.8	18.4	17.2	18.5	18.2
June	21.0	20.3	22.6	22.9	21.5	21.8	21.6	22.3	21.8
July	28.4	25.9	25.1	26.7	27.4	24.0	26.4	26.7	26.3
Aug.	27.9	28.3	27.3	26.7	28.2	25.6	28.0	26.8	27.4
Sept.	23.0	22.3	23.1	23.0	24.3	24.6	22.2	23.1	23.2
Oct.	18.6	18.5	18.1	18.2	19.7	18.5	18.2	19.5	18.7
Nov.	14.9	12.2	13.3	14.3	13.4	13.0	12.4	12.5	13.3
Dec.	9.4	7.1	9.2	9.3	8.9	7.9	8.4	7.4	8.5
Mean	16.5	15.6	15.7	16.4	17.0	16.0	15.7	16.1	16.1

Data from Korea Meteorological Administration.



Appendix 2-2. Monthly mean air temp. (°C) in the southern part(Seogwipo) of Jeju island.

Year	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
Jan.	7.2	6.6	7.2	6.1	6.9	7.7	8.1	7.1	7.1
Feb.	7.8	7.6	6.1	8.0	9.7	7.8	6.4	8.6	7.8
Mar.	9.0	10.2	9.5	11.4	10.9	11.6	11.0	11.2	10.6
April	15.3	13.7	12.8	14.7	16.7	15.4	14.8	15.7	14.9
May	19.0	17.4	18.4	18.8	19.7	18.3	18.6	19.8	18.8
June	21.4	20.5	21.8	22.8	21.2	21.6	22.4	22.2	21.7
July	28.6	24.9	25.1	25.4	26.2	23.6	27.2	27.4	26.1
Aug.	27.6	27.9	27.5	26.3	27.5	25.3	28.3	27.9	27.3
Sept.	23.6	23.1	23.8	23.3	25.0	25.0	23.8	24.4	24.0
Oct.	19.3	19.5	19.4	18.8	20.3	19.9	20.3	20.9	19.8
Nov.	15.7	13.0	14.6	15.4	14.9	14.1	14.7	14.2	14.6
Dec.	10.7	7.8	9.5	10.1	10.7	8.8	10.6	9.2	9.7
Mean	17.1	16.0	16.3	16.8	17.5	16.6	17.2	17.4	16.9

Data from Korea Meteorological Administration.

Appendix 2-3. Monthly mean air temp. (°C) in the eastern part(Seongsan) of Jeju island.

Year	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
Jan.	5.2	4.7	4.6	4.2	5.7	6.0	5.8	4.9	5.1
Feb.	6.0	5.8	3.5	6.1	8.4	6.2	4.2	5.4	5.7
Mar.	7.5	9.0	8.0	9.9	9.8	10.1	9.0	8.6	9.0
April	14.4	12.3	11.0	13.8	15.9	13.9	12.8	13.4	13.4
May	17.6	15.9	17.2	17.9	18.4	17.2	16.9	17.9	17.4
June	19.9	19.3	21.1	21.7	20.4	21.2	21.0	20.6	20.7
July	27.2	24.3	24.1	25.2	26.2	23.1	26.1	25.7	25.2
Aug.	26.7	27.2	26.9	25.7	27.3	24.7	27.2	26.1	26.5
Sept.	21.9	21.5	22.8	22.3	24.4	24.5	22.2	22.8	22.8
Oct.	17.7	17.8	18.0	17.2	19.7	18.3	18.2	18.1	18.1
Nov.	14.0	11.0	12.8	13.8	12.9	12.4	12.2	9.5	12.3
Dec.	8.5	5.5	8.0	8.4	8.2	7.1	7.7	4.6	7.3
Mean	15.6	14.5	14.8	15.5	16.4	15.4	15.3	14.8	15.3

Data from Korea Meteorological Administration..



Appendix 2-4. Monthly mean air temp. (°C) in the western part(Gosan) of Jeju island.

Year	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
Jan.	6.5	6.2	6.0	5.4	6.4	6.6	5.9	5.7	6.1
Feb.	6.6	6.7	4.4	6.5	8.7	6.6	4.3	6.4	6.3
Mar.	7.6	9.6	8.3	10.1	9.4	9.9	9.0	9.0	9.1
April	14.6	12.4	11.3	13.7	15.5	13.3	12.3	13.9	13.4
May	17.2	15.9	16.9	17.5	18.0	17.0	16.0	17.4	17.0
June	20.1	20.0	21.1	21.7	20.6	20.4	20.5	20.5	20.6
July	27.2	24.5	24.5	24.7	25.6	23.0	25.4	25.8	25.1
Aug.	27.1	27.6	26.9	26.0	26.3	24.3	26.8	26.4	26.4
Sept.	22.8	22.3	22.8	22.5	23.7	24.0	21.9	23.0	22.9
Oct.	18.8	18.5	18.3	18.1	19.2	18.1	18.1	19.1	18.5
Nov.	15.1	12.6	13.3	14.4	13.6	13.0	12.5	12.6	13.4
Dec.	9.7	7.2	9.7	9.4	9.1	8.0	8.6	7.3	8.6
Mean	16.1	15.3	15.3	15.8	16.3	15.4	15.1	15.6	15.6

Data from Korea Meteorological Administration..

Appendix 3-1. Monthly precipitation(mm) in the northern part(Jeju) of Jeju island.

Year	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
Jan.	37.5	52.2	29.9	23.8	170.2	84.0	60.0	117.0	71.8
Feb.	46.0	55.1	21.2	26.6	59.7	62.4	16.3	81.9	46.2
Mar.	43.5	61.3	114.1	72.1	110.4	110.4	43.5	21.9	72.2
April	106.5	72.9	35.5	170.8	196.2	37.5	32.8	62.6	89.4
May	24.8	136.0	57.2	74.6	116.5	79.0	46.2	105.4	80.0
June	342.3	100.9	223.7	79.2	228.2	204.0	97.6	259.7	192.0
July	72.3	413.2	48.7	108.3	111.5	706.0	166.2	123.1	218.7
Aug.	365.3	336.9	111.7	161.3	75.0	642.8	169.6	233.9	262.1
Sept.	94.0	121.2	7.8	44.8	413.0	508.0	331.2	109.7	203.7
Oct.	271.1	66.8	100.7	4.5	70.1	41.2	113.0	123.8	98.9
Nov.	17.1	33.8	78.8	157.5	19.6	24.9	93.2	42.0	58.4
Dec.	28.5	22.6	51.8	76.0	10.7	25.8	19.8	107.6	42.9
Total	1448.9	1472.9	881.1	999.5	1581.1	2526.0	1189.4	1388.6	1435.9

Data from Korea Meteorological Administration.

Appendix 3-2. Monthly precipitation(mm) in the southern part(Seogwipo) of Jeju island.

Year	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
Jan.	55.3	44.8	59.2	19.0	145.1	111.4 (123.4)	76.1 (83.0)	150.7 (155.2)	82.7
Feb.	37.5	55.9	31.2	18.4	157.9	33.2 (36.3)	15.1 (9.9)	90.2 (86.6)	54.9
Mar.	60.9	178.5	186.5	96.0	147.8	141.5 (149.9)	71.9 (82.0)	12.1 (14.2)	111.9
April	235.9	141.9	166.4	251.6	271.2	87.6 (97.3)	60.7 (64.0)	203.0 (197.6)	177.3
May	212.9	370.7	120.1	124.7	92.6	292.0 (278.4)	162.0 (162.3)	162.5 (164.6)	192.2
June	188.1	203.1	401.9	136.1	316.5	295.8 (295.4)	167.1 (158.5)	271.8 (243.6)	247.6
July	61.9	790.3	81.0	235.1	282.6	918.2 (977.9)	135.4 (116.5)	273.2 (266.7)	347.2
Aug.	445.0	296.9	333.2	250.1	111.0	666.3 (635.5)	244.3 (282.6)	240.8 (240.8)	323.5
Sept.	132.6	71.2	22.4	33.1	477.5	316.9 (351.5)	188.2 (192.5)	74.4 (74.4)	164.5
Oct.	122.1	103.1	60.9	3.6	65.2	57.1 (59.2)	146.6 (150.5)	167.8 (167.8)	90.8
Nov.	32.7	22.2	85.0	281.8	19.8	39.4 (47.8)	93.9 (93.9)	54.1 (54.1)	78.6
Dec.	41.1	1.8	108.2	126.3	4.7	11.1 (10.2)	7.2 (6.9)	81.5 (83.0)	47.7
Total	1626.0	2280.4	1656.0	1575.8	2091.9	2970.5 (3062.7)	1368.5 (1402.7)	1782.1 (1748.6)	1918.9

Data from Korea Meteorological Administration except figures in parenthesis recorded at the grove of observation in this survey.

Appendix 3-3. Monthly precipitation(mm) in the eastern part(Seongsan) of Jeju island.

Year	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
Jan.	69.8	45.0	50.2	20.0	252.5	112.8 (97.5)	85.5 (84.1)	165.0 (165.0)	100.1
Feb.	68.0	56.7	38.6	22.5	88.5	44.8 (49.5)	12.0 (13.2)	88.0 (88.0)	52.4
Mar.	72.5	174.0	264.0	147.5	151.5	178.5 (162.2)	83.0 (77.2)	14.5 (19.5)	135.7
April	230.5	129.5	83.5	277.0	237.0	73.0 (115.5)	53.0 (49.5)	101.5 (61.7)	148.1
May	138.0	256.0	139.0	105.0	96.5	131.0 (131.0)	123.0 (84.8)	74.5 (76.6)	132.9
June	252.0	204.5	326.0	218.5	327.5	247.0 (247.0)	162.5 (162.5)	272.0 (280.2)	251.3
July	35.0	779.0	107.5	201.5	369.5	628.0 (628.0)	56.5 (56.5)	270.0 (210.6)	305.9
Aug.	362.5	243.0	285.0	270.0	257.4	538.4 (538.4)	150.5 (150.5)	252.5 (213.4)	294.9
Sept.	117.5	132.0	29.5	46.0	378.5	240.5 (240.5)	310.5 (310.5)	209.5 (168.4)	183.0
Oct.	108.5	60.5	194.5	14.0	54.0	80.0 (72.6)	213.5 (213.5)	176.0 (156.7)	112.6
Nov.	31.5	58.0	119.8	305.5	16.5	32.5 (37.6)	112.0 (112.0)	67.0 (50.5)	92.9
Dec.	23.5	31.6	120.3	175.5	6.5	21.5 (25.1)	8.0 (8.0)	166.0 (100.7)	69.1
Total	1509.3	2169.8	1757.9	1803.0	2235.9	2328.0 (2345.1)	1370.0 (1322.3)	1856.5 (1591.3)	1878.8

Data from Korea Meteorological Administration except figures in parenthesis recorded at the grove of observation in this survey.

Appendix 3-4. Monthly precipitation(mm) in the western part(Gosan) of Jeju island.

Year	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
Jan.	37.5	36.3	26.1	13.5	81.6	96.6 (106.4)	57.7 (58.2)	82.2 (95.8)	53.9
Feb.	20.1	61.2	16.4	14.9	38.0	34.5 (35.3)	7.4 (9.4)	59.7 (75.4)	31.5
Mar.	53.2	40.8	91.6	55.2	96.6	110.8 (113.0)	37.2 (33.5)	9.8 (10.4)	61.9
April	152.6	82.7	48.2	138.8	164.8	65.3 (80.0)	28.5 (33.0)	47.3 (59.7)	91.0
May	85.1	136.2	63.3	60.0	85.2	117.1 (141.5)	67.7 (82.0)	44.7 (43.4)	82.4
June	123.2	79.7	216.9	41.5	210.9	120.3 (141.5)	121.5 (130.3)	237.1 (280.7)	143.9
July	20.2	341.4	56.5	119.7	54.6	575.5 (642.9)	94.4 (122.2)	163.3 (192.3)	178.2
Aug.	208.2	86.0	175.5	161.8	42.4	501.3 (443.8)	229.2 (210.1)	196.7 (219.5)	200.1
Sept.	50.2	49.3	14.6	12.6	218.0	171.7 (148.3)	198.2 (171.4)	18.7 (18.0)	91.7
Oct.	48.7	60.0	36.3	5.0	37.4	36.6 (38.1)	71.3 (102.4)	97.8 (101.1)	49.1
Nov.	11.8	20.6	44.5	197.0	12.7	21.8 (26.7)	90.0 (85.7)	57.4 (57.4)	57.0
Dec.	23.5	8.8	47.5	55.1	8.2	23.0 (41.4)	10.5 (10.5)	99.0 (94.4)	34.5
Total	834.3	1003.0	837.4	875.1	1050.4	1874.5 (1959.0)	1013.6 (1048.7)	1113.7 (1248.1)	1075.3

Data from Korea Meteorological Administration except figures in parenthesis recorded at the grove of observation in this survey.

Appendix 4-1. Monthly sunshine(hr) in the northern part(Jeju) of Jeju island.

Year	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
Jan.	80.9	61.1	87.2	69.9	49.2	94.7	51.7	62.6	69.7
Feb.	110.3	114.9	95.6	114.5	107.2	129.0	130.9	108.1	113.8
Mar.	176.0	163.3	133.1	179.1	163.9	92.3	197.9	192.5	162.3
April	169.2	193.6	228.3	199.4	140.9	192.6	226.5	231.9	197.8
May	208.2	201.4	232.4	229.0	171.1	228.5	229.9	191.9	211.6
June	184.5	164.4	137.5	213.3	122.5	146.0	165.9	145.9	160.0
July	323.7	224.9	215.2	203.8	216.2	112.5	227.3	261.1	223.1
Aug.	259.3	255.1	220.4	166.2	232.2	102.5	241.7	171.7	206.1
Sept.	256.3	142.1	194.0	182.0	161.0	130.5	155.0	176.1	174.6
Oct.	175.6	197.6	163.9	198.4	136.7	184.5	147.6	168.7	171.6
Nov.	153.0	171.9	83.5	90.3	169.9	113.7	140.9	144.9	133.5
Dec.	62.7	55.5	123.9	62.3	136.6	129.5	130.9	54.7	94.5
Total	2159.7	1945.8	1915.0	1908.2	1807.4	1656.3	2046.2	1910.1	1918.6

Data from Korea Meteorological Administration.

Appendix 4-2. Monthly sunshine(hr) in the southern part(Seogwipo) of Jeju island.

Year	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
Jan.	166.3	160.3	145.2	159.2	128.8	178.7 (178.7)	120.2 (82.4)	137.9 (105.1)	149.6
Feb.	151.2	177.1	157.5	148.1	131.9	167.4 (167.4)	190.5 (154.1)	126.9 (110.0)	156.3
Mar.	208.7	192.7	140.5	169.6	158.2	100.2 (100.2)	219.9 (187.5)	207.3 (188.0)	174.6
April	159.1	209.5	219.7	188.3	138.7	190.0 (190.0)	197.5 (192.9)	202.3 (200.0)	188.1
May	224.0	209.9	235.1	195.2	164.9	250.8 (218.6)	169.3 (173.0)	128.1 (161.5)	197.2
June	145.7	183.8	94.1	179.7	112.9	145.8 (132.8)	93.5 (101.3)	69.3 (119.5)	128.1
July	298.8	108.8	155.3	140.5	149.2	103.5 (96.1)	150.7 (171.6)	158.2 (165.5)	158.1
Aug.	233.3	224.1	179.7	143.7	178.8	95.8 (94.2)	176.0 (172.8)	206.9 (206.9)	179.8
Sept.	256.4	158.8	181.1	186.7	198.4	133.6 (121.9)	174.0 (155.1)	204.0 (204.0)	186.6
Oct.	216.0	212.1	196.6	231.4	158.1	194.2 (164.2)	161.7 (141.0)	207.0 (207.0)	197.1
Nov.	176.3	206.9	118.1	130.1	192.7	178.7 (132.1)	172.6 (172.6)	205.7 (205.7)	172.6
Dec.	132.5	170.3	182.5	129.6	211.0	192.8 (124.0)	173.2 (142.3)	117.8 (117.8)	163.7
Total	2368.3	2214.3	2005.4	2002.1	1923.6	1931.5 (1720.2)	1999.1 (1846.7)	1971.4 (1991.0)	2052.0

Data from Korea Meteorological Administration except figures in parenthesis recorded at the grove of observation in this survey.

Appendix 4-3. Monthly sunshine(hr) in the eastern part(Seongsan) of Jeju island.

Year	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
Jan.	111.3	115.4	131.5	142.1	89.6	135.3 (135.3)	99.6 (46.2)	105.7 (105.7)	116.3
Feb.	123.1	153.1	151.8	142.2	117.2	142.3 (142.3)	166.5 (145.4)	124.5 (124.5)	140.1
Mar.	170.4	163.6	140.3	176.0	164.7	98.9 (98.9)	208.0 (176.5)	221.0 (215.7)	167.9
April	145.2	192.3	214.9	196.1	133.1	174.5 (174.5)	221.9 (193.8)	228.0 (239.8)	188.3
May	194.7	199.0	230.9	215.5	163.0	235.8 (235.8)	241.8 (215.6)	201.9 (186.9)	210.3
June	115.8	136.8	90.7	192.0	97.7	122.1 (122.4)	133.9 (133.9)	133.6 (127.7)	127.8
July	292.5	128.9	165.6	155.1	147.6	47.1 (47.1)	198.6 (198.6)	233.2 (235.1)	171.1
Aug.	227.6	234.2	180.1	135.7	240.2	84.1 (68.0)	(223.0)	208.4 (192.6)	187.2
Sept.	235.7	143.9	195.8	190.0	187.7	123.4 (123.4)	(167.9)	183.2 (157.5)	180.0
Oct.	191.5	186.0	177.5	204.8	142.6	199.1 (167.4)	37.2 (123.7)	194.5 (147.1)	166.7
Nov.	150.1	199.9	108.7	116.1	168.6	154.1 (114.9)	159.4 (159.4)	200.9 (128.9)	157.2
Dec.	99.3	114.3	167.1	95.8	173.1	159.7 (120.4)	169.4 (169.4)	96.6 (75.3)	134.4
Total	2057.2	1967.4	1954.9	1961.4	1825.1	1676.4 (1550.5)	1636.3 (1953.4)	2131.5 (1936.8)	1901.3

Data from Korea Meteorological Administration except figures in parenthesis recorded at the grove of observation in this survey.

Appendix 4-4. Monthly sunshine(hr) in the western part(Gosan) of Jeju island.

Year	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	Mean
Jan.	107.1	84.7	101.3	108.6	73.4	128.7 (128.7)	62.6 (64.7)	88.6 (84.5)	94.4
Feb.	126.1	149.0	104.0	132.4	137.0	158.3 (158.3)	149.0 (141.6)	115.4 (107.2)	133.9
Mar.	189.5	175.8	131.3	178.2	168.2	119.9 (119.9)	205.8 (205.8)	194.8 (164.6)	170.4
April	168.7	206.1	216.3	190.6	136.8	212.9 (212.9)	217.0 (217.0)	226.0 (193.9)	196.8
May	207.6	223.0	228.6	215.8	177.3	257.5 (179.3)	216.0 (216.0)	175.3 (160.2)	212.6
June	159.8	194.1	121.7	213.7	140.1	178.2 (132.1)	146.7 (146.7)	128.3 (103.3)	160.3
July	309.6	155.7	190.7	184.2	212.7	142.1 (101.1)	211.6 (211.6)	231.8 (231.8)	204.8
Aug.	277.5	267.3	230.8	227.7	218.3	126.2 (107.3)	244.8 (244.8)	211.9 (211.9)	225.6
Sept.	270.3	158.5	227.2	221.3	214.9	154.1 (115.9)	168.8 (168.8)	220.6 (220.6)	204.5
Oct.	212.6	190.9	198.0	233.5	174.4	206.1 (165.7)	164.4 (164.4)	183.6 (183.6)	195.4
Nov.	170.8	187.0	117.3	100.9	198.9	153.3 (124.0)	156.7 (156.7)	177.5 (177.5)	157.8
Dec.	96.6	90.5	128.7	100.8	183.9	143.6 (117.2)	140.3 (140.3)	69.3 (69.2)	119.2
Total	2296.2	2082.6	1995.9	2107.7	2035.9	1980.9 (1662.5)	2083.7 (2078.4)	2023.1 (1908.2)	2075.8

Data from Korea Meteorological Administration except figures in parenthesis recorded at the grove of observation in this survey.

감사의 글

감귤나무가 싹이 트고, 꽃이 피고, 열매를 맺고 성장하여 성숙하듯이 사람도 인생여정에서 여러 과정을 거쳐 한 인간으로 완성되어 간다고 생각합니다. 머리가 희고, 눈이 어두워 가는 오십 중반, 그것도 손녀를 둔 할아버지가 되어서야 또 하나의 과정을 마치게 되어 부끄러움이 앞서지만 저에게는 힘에 벅찬 또 하나의 과정을 무사히 넘기게 해주신 분들이 있기에 감사의 마음이라도 남기고자 합니다.

먼저 나이 들고 부족한 저에게 학위과정을 시작 할 수 있도록 이끌어 주시고 8년 동안 많은 인력과 시간을 들여 연구했지만 한낱 단순한 보고서정도로 끝날 수 있었던 연구결과를 학문적 가치가 있고 살아있는 글로 탈바꿈되도록 여러날 늦은 밤까지 논문을 같이 작성해주시고 고쳐주신 문두길 교수님께 진심으로 감사 드립니다. 또 대학시절부터 대학원 과정동안 많은 것을 가르쳐 주시고 지도해주셨으며 이논문의 심사까지 맡아주신 한해룡 교수님과 장전익 교수님, 여러 가지로 바쁘신 와중에도 논문심사를 맡아 잘못된 부분을 바로 잡아주신 건국대학교 임열재 교수님과 원예연구소 신용억 과수재배과장님, 그리고 대학원 과정동안 늘 저에게 용기를 주시고 가르침을 주신 제주대학교 원예학과 교수님들께도 깊은 감사를 드립니다.

이 논문이 빛을 볼 수 있도록 격려와 배려를 해주신 제주농업시험장 강상헌 장장님과 김한용 과장님을 비롯하여 시험수행을 같이하고 논문작성을 도와준 감귤과 직원 모든 분들에게 감사를 드립니다. 특히 시험수행에서부터 시료분석까지 자신의 일처럼 정성껏 도와주고 논문작성을 같이해준 문영일 연구사와 김미라씨에게 진심으로 감사 드립니다.

아들 자식 하나 잘되는 것만 바라고 평생을 고생하신 어머님, 교사로서 아이들을 가르치는 것도 벅찬데 가정주부에도 며느리와 시어머니의 역할까지도 한마디 불평 없이 도맡아 해주고 이 논문의 완성을 늘 곁에서 성원해준 아내 김인자, 아버지를 늘 배려해주는 아들 홍근, 며느리 윤선인, 큰딸 홍주, 작은딸 홍선, 천진난만한 웃음으로 할아버지의 마음을 밝게 해주는 손녀 다현이와 또 하나의 과정을 무사히 마치게 된 이 작은 기쁨을 함께 하고자 합니다.

많은 분들의 도움으로 제가 오늘 여기까지 올 수 있었습니다. 저 역시 부족한 것이 많지만 남에게 도움이 되는 삶을 계속 하겠습니다. 나이가 들어 직장을 떠나더라도 감귤발전을 위해 연구자로서의 길을 최선을 다해 걸어 갈 것을 다짐해 봅니다.