ウンシュウミカンの陽葉と陰葉のアスコルビン酸、糖及びクロロフィル含量の季節変動とその成分相互間の関係

泉 秀実・伊東卓爾・吉田保治

近畿大学附属農場 643 和歌山県有田郡湯浅町

Seasonal Changes in Ascorbic Acid, Sugar and Chlorophyll Contents in Sun and Shade Leaves of Satsuma Mandarin and Their Interrelationships

Hidemi IZUMI, Takuji ITO and Yasuji YOSHIDA

Experimental Farm, Kinki University, Yuasa, Wakayama 643

Summary

The effect of differing light intensity on the diurnal and seasonal changes in ascorbic acid (AsA), sugar and chlorophyll contents in sun and shade leaves of 18-yr-old satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc. cv. Hayashi) was investigated.

1. AsA content in developing leaves in the exterior part of the foliar canopy increased during early May and decreased in June, 1989. The seasonal patterns of AsA content in sun and shade leaves were similar but their concentrations were different; that of shade leaves being consistently lower than that of sun leaves.

2. 2-yr-old sun leaves contained higher AsA than shade leaves in July. AsA content of sun and shade leaves on clear day attained a maximum level during the day and decreased at night to the early morning level, but that on cloudy day was relatively higher at night than in the day. Patterns of fluctuations of sucrose in sun and shade leaves were similar to those of AsA content. High contents of AsA and sucrose of spring leaves were observed in sun leaves compared with shade leaves throughout the season. Levels of AsA and sucrose were low in mid-summer but they gradually increased until mid-winter, and then decreased abruptly as spring approached.

3. In contrast to AsA and sugar contents, chlorophyll levels were higher in shade leaves than in sun leaves. Except for an initial rise in chlorophyll content of sun leaves on cloudy days in July, the trends generally tended to decrease from sunrise to midnight. Over the season, the maximum chlorophyll contents of sun and shade leaves were observed in January but there was no significant change.

4. There were positive correlations between soluble sugars and AsA content, both diurnally and over the season. The coefficient of correlation between chlorophyll and AsA was significant but negative.

緒 言

カンキツ類は、緑黄色野菜と並んでアスコルビン酸(AsA)の重要な供給源であり(1, 18), AsA 含量の豊富な果実を生産することは、栄養的に望ましいことである。既に、野菜類の栽培中における AsA 含量の増加については、遺伝的な要因や環境要因が影響することが知られている(1, 6, 28)。また、AsA が緑色の濃淡と関

係があること(6, 28)や光合成産物であるヘキソースが AsA の前駆物質とされていること(6, 14, 15)から、光合成器官である葉を食用とする葉菜類(2, 25, 26)や芽もの野菜(8, 17)では、光環境と関連して、クロロフィル含量あるいは糖含量と AsA 含量との関係が報告されている。

一方、カンキツ類でも、栽培中の光、施肥条件や台木の選択が果実の AsA 含量に及ぼす影響について調査されてきた(18, 27)。光環境については、筆者らも前報

1990年2月19日 受理

青果物のビタミンCに関する研究。第7報。

(9,10)で、ウンシュウミカンの果皮と果汁中の AsA 含量は受光量の多い樹冠外側の果実の方が内側より高く、またショ糖含量と AsA 含量との間に高い正の相関関係があることを報告した。しかし、野菜類で調査されている光合成産物と AsA 含量との直接的な関連性については、十分検討されていない。

本報では、ウンシュウミカンにおいて、AsA 含量の高い果実を生産するための基礎的な知見を得る目的で、光合成産物の供給器官である葉の AsA 含量の変化を調べ、受光量や糖、クロロフィル含量と AsA 含量との関係について検討した。

材料及び方法

近畿大学附属湯浅農場で栽培されている普通ウンシュウ‘林温州’(1984 年で 18 年生)10 樹を用いて、1984 年と 1987 年から 1989 年にかけて以下の実験を行った。

1. 春葉の生長中における遮光処理

1989 年 5 月 4 日から 6 月 8 日まで、樹冠南側上部外側の新梢に遮光処理を行った。この期間に新葉の葉身長は約 2 cm から 12 cm まで生長した。生長中の葉を処理開始日には 200 枚、その後 1 週間ごとに 1 区につき 10~30 枚ずつ採取し、葉肉部の AsA 含量を既報(8)に従ってヒドラジン比色法で 2 反復測定した。本実験の結果は、すべて還元型の AsA で示した。

遮光処理は、合繊維物製の園芸用の黒色ネット(商品名:太陽ネット)を針金の枠を使用して直径約 30 cm、長さ約 45 cm の筒状の袋にし、伸長中の新梢数本が着生している結果母枝の基部から覆った。遮光区は、ネッ

トを 1 重にした区と 2 重にした区を設け、それぞれ 5 袋ずつ行った。遮光区の相対照度は、10 反復の実測値から平均を求めると、無処理の対照区(以後 100%区とする)に比べ、ネット 1 重の区では 29.8%(以後 30%区)、2 重の区では 9.6%(以後 10%区)であった。なお、処理期間中の袋内の温度は、いずれも 100%区に比べ 1℃以内の差であった。

2. 陽葉と陰葉における AsA、糖及びクロロフィル含量の日変化

1984 年 6 月 25 日から 7 月 27 日までの期間中に、1983 年生旧葉を樹冠の南側上部外側の陽葉と下部内側の陰葉とに分けて、それぞれ 1 区 20 枚として葉肉部の AsA、糖(9)及びクロロフィル(8)含量の日変化を既報の方法で測定した。ただし、高速液体クロマトグラフで行った糖含量の測定には、糖用分析カラムに SCR-101 C を用いた。測定は 1 日 1 反復行い、同農場内の日照計の実測値から日照時間が 10 時間前後の日を晴天日、3 時間前後の日を曇天日として選定し、それぞれ 3 反復ずつの平均とした。サンプリング時の樹冠内外の照度は第 1 表に示したように、測定時間によって樹冠内外の比は異なるが、1 日を通じて平均すると晴天日は外側が内側の 27.5 倍、曇天日は 16.6 倍であった。

3. 陽葉と陰葉における AsA、糖及びクロロフィル含量の季節的变化

1987 年 6 月から 1988 年 5 月にかけて、1987 年生春葉を日変化の場合と同様に陽葉と陰葉とに分け、毎月 20 日前後の晴天日の午前 10 時に 1 区 15 枚ずつ採葉し、

Table 1. Light intensity in the exterior and interior parts of the foliar canopy of satsuma mandarin trees (July, 1984)².

Time (h : min)	Light intensity (1x)		A/B
	Exterior canopy (A)	Interior canopy (B)	
Clear day			
05:00	1589	155	10.3
10:00	96750	2883	33.6
14:00	86333	2033	42.5
19:00	730	31	23.5
24:00	0	0	—
Cloudy day			
05:00	1163	60	19.4
10:00	37700	1715	22.0
14:00	25017	3038	8.2
19:00	305	18	16.9
24:00	0	0	—

² Means of 3 days.

葉肉部の AsA、糖及びクロロフィル含量を3反復ずつ測定した。サンプリング時の樹冠内外の照度は第2表に示したとおりで、年間を通じて平均すると外側が内側の29.9倍であった。

結果及び考察

1. 遮光処理が生長中の春葉のAsA含量に及ぼす影響

展葉期以後に遮光処理を施した春葉の生長における AsA 含量の変化を第1図に示した。処理期間中の AsA 含量を新鮮重当りの値と比較すると、常に100%区が高く、ついで30%区、10%区の順となった。3区の含量差は、生長に伴って次第に大きくなる傾向がみられた。AsAの実質の生成量を比較するために乾物重当りの値で表すと、100%区と30%区は、処理開始後3週間目までにそれぞれ2.3倍量と1.4倍量に増加し、10%区は2週間目までに1.2倍量に増加した後、いずれも減少した。

植物の生長の盛んな部位において、AsA含量が増加した後に減少する例は、大豆もやし(12)や黒緑豆もやし(16)の発芽過程において報告されている。これらは、AsAの合成に使われる子葉中に貯蔵された炭水化物量や解糖系、ペントースサイクルの糖代謝酵素活性の変動によると考えられている。ウンシュウミカンの新葉では、光合成産物として炭水化物は常に供給されている点で、もやしとは違いがあり、このAsA含量の減少の原因については明らかではないが、本実験結果から、

Fig. 1. Changes in ascorbic acid concentration in developing leaves of satsuma mandarin exposed to different light intensities (May 4 to June 8, 1989).

Table 2. Light intensity in the exterior and interior parts of the foliar canopy of satsuma mandarin trees at 10:00 h on different monthly sampling days (1987-88)².

Month	Light intensity (lx)		A/B
	Exterior canopy (A)	Interior canopy (B)	
Jun.	75083	2689	27.9
Jul.	88740	2465	36.0
Aug.	74033	2691	27.5
Sep.	65100	2163	30.1
Oct.	50200	1418	35.4
Nov.	30563	1316	23.2
Dec.	21657	883	24.5
Jan.	20341	550	36.9
Feb.	31644	836	37.9
Mar.	57000	2305	24.7
Apr.	51360	2250	22.8
May	64960	2046	31.7

² Means of 10 replications.

葉の AsA 含量は生長中に受光量の影響を強く受けることが認められた。

光量は、葉の糖とクロロフィル含量にも大きな影響を与え、両含量と AsA 含量との関連性も野菜類(2, 8, 17, 25, 26)で指摘されているので、次にこれらの関係を陽葉と陰葉を用いて各成分の日変化と季節的变化から比較検討した。

2. 陽葉と陰葉(旧葉)における AsA, 糖及びクロロフィル含量の日変化

7 月中の晴天日と曇天日における陽葉と陰葉(旧葉)の AsA 含量の日変化を第 2 図に示した。陽葉と陰葉の AsA 含量を比較すると、常に陽葉の方が高く、晴天日で 31~47 mg/100/g fresh weight, 曇天日で 34~51 mg/100 g fresh weight の差が認められ、受光量の影響が示唆された。陽葉、陰葉ともに晴天日と曇天日の間で AsA 含量に大きな差はみられなかったが、含量の日変化は異なる傾向を示した。晴天日の陽葉は、10 時に最も高い含量を示した後に減少し、24 時に最も低い値となった。陰葉は陽葉に比べてゆるやかな変化を示し、日中は含量がやや高く夜間に低くなる傾向がみられた。曇天日では、陽葉は 14 時に、陰葉は 10 時に最も低い値となり、晴天日とは逆にむしろ夜間の方が含量が高くなる傾向にあった。

糖含量の日変化を第 3 図に示した。葉中の糖組成として、ブドウ糖、果糖及びショ糖が検出された。ブド

ウ糖と果糖含量は大きな変化はみられなかったが、晴天日、曇天日ともに陽葉の方がやや高い傾向にあった。ショ糖含量は、還元糖の場合よりも明らかに陽葉の含量が陰葉に比べて高く、晴天日では 2.3~4.3 mg/g fresh weight, 曇天日では 2.7~4.2 mg/g fresh weight の差となり、AsA 含量の場合と同傾向を示した。ショ糖含量の変化については、晴天日では陽葉が 10 時に、陰葉が 14 時にピークを示し、日中の方が高い含量となり AsA 含量の変化とはほぼ一致した。曇天日では、陽葉が 19 時に、陰葉が 14 時と 19 時に高い値を示し、AsA 含量の変化とはパターンが異なったが、晴天日に比べるとむしろ夜間の方が高くなる傾向はほぼ同様であった。また、AsA の場合と同様に、晴天日と曇天日のショ糖含量に大きな差はみられなかった。

クロロフィル含量の日変化を第 4 図に示した。陽葉と陰葉を比べると、晴天日、曇天日ともに常に陰葉の方が含量が高く、AsA や糖含量とは逆の結果となった。クロロフィル含量の変化については、1 日の変化量は

Fig. 2. Diurnal changes in ascorbic acid content in 2-yr-old satsuma mandarin leaves on clear and cloudy days (July, 1984).

Fig. 3. Diurnal changes in sugar content in 2-yr-old satsuma mandarin leaves on clear and cloudy days (July, 1984).

小さいが、晴天日の陽葉、陰葉ともに5時が高く24時が低い値となり、曇天日では陽葉が10時、陰葉が5時に高く、どちらも24時に最も低くなった。このように、クロロフィル含量の日変化は、AsAやショ糖含量の日変化とは異なる傾向を示した。

葉菜類では、受光量が増すにつれてAsA含量の高くなるが、既にカブ菜(4)、レタス(25)、ミツバ(26)で認められている。このうち、ShinoharaとSuzuki(25)はレタスを用いて、AsA含量の晴天日と曇天日の日変化を調べ、曇天日より晴天日において顕著に日中のAsA含量が高くなり、糖含量の日変化と同様のパターンを示すことを報告している。本実験のウンシュウミカン葉のAsA含量は、陰葉より陽葉の方が高いこと及び晴天日では日中高く、曇天日では夜間に高い傾向にあることが認められた。これは、主要糖で転流形態(7)でもあるショ糖含量の場合と類似しており、AsA含量の変化には受光量とともにショ糖含量が関与していることが示唆された。また、一般にウンシュウミカン葉の光合成作用は、照度により影響を受けることが知られ(19)、小野・大東(20)は、樹冠の部位別光合成速度について、受光量の多い樹冠上部では光飽和点に達する時の照度、光合成速度ともに高く、光合成速度の日変化は、照度の日変化曲線とほぼ類似した変化をたどることを報告している。これらの点から、ショ糖含量の増減については転流量との関わりも考慮しなければ

ならないが、夏期の晴天日では主に光合成速度がショ糖含量に直接影響し、さらにAsA含量とも関係しているものと考察した。一方、クロロフィル含量が陽葉に比べて陰葉で多いことは、これまでも報告されている(24, 29)。光量が一定のもとではクロロフィル含量の多少が光合成速度に影響する報告(21)もみられるが、本実験結果からは、クロロフィル含量の少ない葉の方がショ糖、AsA含量ともに高く、クロロフィル含量の多いことが、AsA含量の増大につながるということは認められなかった。

3. 陽葉と陰葉(春葉)におけるAsA、糖及びクロロフィル含量の季節的变化

陽葉と陰葉(春葉)のAsA含量の季節的变化を第5図に示した。受光量の多い陽葉は、陰葉よりも年間を通して51~114 mg/100 g fresh weight 高い含量を示した。AsA含量は、陽葉、陰葉ともに、6月から7月にかけて大きく減少した後、徐々に2月まで増加し続け、その後、再び5月まで減少した。

糖含量の変化は第6図に示した。ブドウ糖、果糖及びショ糖の他に、11月から4月にかけてラフィノースが検出され、陽葉、陰葉ともに12月に約4 mg/g fresh weight でピークを示した。ラフィノースやスタキオースといった糖は、一般にどの植物でも生理的活性の低下している時にのみ現れるとされ、カンキツ類でもウンシュウミカン(13, 22)やネーブルオレンジ(22)では、ラフィノースが11月下旬から4月まで、また微量のスタキオースが1月に存在することが報告されている。本実験ではスタキオースは検出されなかったが、ラフィノースに関してはこれらの報告とほぼ一致した。ただ、これらの糖は含量も少なく、冬期における増加の機構については十分究明されていないようである。主要組成糖について陽葉と陰葉を比較すると、ショ糖含量は常に陽葉の方が陰葉より高い値であったのに対し、ブドウ糖と果糖では12月から3月にかけては逆に陰葉の方が高い含量となった。これらの糖の変化をみると、ブドウ糖、果糖、ショ糖ともに、6月から7月にかけて減少した後、ショ糖は7月から2月まで増加し続けたのに対し、ブドウ糖と果糖は7月から10月まではほぼ一定で、10月以降に増加し始めた。その後、2月からはいずれの組成糖も再び減少を示した。カンキツ類の全糖含量の季節的变化は、ウンシュウミカン(13, 22)、ネーブルオレンジ(22)、バレンシアオレンジ及びレモン(11)で報告されているが、本実験結果からショ糖と還元糖での季節的な変動は、若干異なることが明らか

Fig. 4. Diurnal changes in chlorophyll content in 2-yr-old satsuma mandarin leaves on clear and cloudy days (July, 1984).

Fig. 5. Seasonal changes in ascorbic acid content in satsuma mandarin leaves (1987-88).

Fig. 6. Seasonal changes in sugar content in satsuma mandarin leaves (1987-88).

となった。陽葉と陰葉における糖含量と AsA 含量の季節的变化を比較すると、還元糖よりもショ糖含量が AsA 含量に類似した変化を示し、日変化の場合と同様にショ糖と AsA との関係が示唆された。しかし、ウンシュウミカン葉における光合成速度の季節的变化は、夏季に高く 11 月頃から減少することが報告され(5, 20), カンキツ葉の冬季の糖含量の増大はでん粉の糖化(13, 23)や転流量の変化(11), あるいは低温による呼吸量の大幅な減少(30)などが原因であると考えられている。このため季節的变化からみると、夏季における旧葉の

日変化の場合のように光合成速度が直接的にショ糖, さらに AsA 含量に影響したわけではないようである。

クロロフィル含量の季節的变化を第 7 図に示した。年間を通して、陰葉は陽葉に比べて常に含量が高かった。クロロフィル含量は、陽葉、陰葉ともに一時的に 7 月頃の値が高くなっているものの、全体的にみると 6 月から 1 月にかけてはゆるやかな増加傾向を示し、その後は減少傾向を示した。このようなクロロフィル含量の変化は、清水・鳥潟の報告(24)とはほぼ一致している。AsA 含量の変化と比較すると、季節的な変動は

両者に特に一致した傾向はみられず、陽葉と陰葉の含量の高低についても互いに逆の結果を示した。このため、季節変化中におけるクロロフィル含量の増加は、AsA 含量の増加には結びついていないようである。

4. 糖、クロロフィル含量と AsA 含量との関係

AsA、糖及びクロロフィル含量の日変化(第2～4図)と季節的变化(第5～7図)の結果から、それぞれの主要組成糖含量、クロロフィル含量と AsA 含量との相関を求めて第3表に示した。

日変化、季節的变化いずれの場合も、各組成糖含量と AsA 含量との間には、正の相関関係が認められた。このうち、ショ糖と AsA 含量との相関係数は、日変化においては 0.91^{**} 、季節的变化においては 0.74^{**} でどちらも最も高い数値となり、組成糖の中でもショ糖と AsA が最も密接な関係にあることが確認された。筆者らは、前報(9, 10)でウンシュウミカンの果皮と果汁についても糖と AsA の間に正の相関があり、ショ糖と AsA が特に強い相関関係にあることを報告した。これ

らと本実験結果とを合せると、ウンシュウミカン樹においては年間を通してショ糖と AsA 含量との関係が密接であり、これらの関係は光合成産物の供給器官においても、また需要器官においても認められることが明らかとなった。したがって、受光量の多い樹冠外側に位置する果実では、果実自体の光合成量に加えて、陽葉からのショ糖の転流量の多いこと(7)が AsA 含量を高めているものと考えられる。果実自体の光合成量は葉からの供給量よりも極めて少ないこと(20)から、主に葉における光合成能力を高め、さらに果実への転流量を増大させることが、AsA 含量の多い果実の生産につながるものと推察した。

クロロフィル含量と AsA 含量の間には、日変化と季節的变化のどちらにおいても負の相関関係が認められた。相関係数は日変化では -0.87^{**} と高く、季節的变化では -0.51^{*} と比較的低かったが、クロロフィル含量が多いほど AsA 含量が少なくなる傾向がうかがえた。このことは、野菜類(2, 6, 8, 25, 28)でみられたように、クロロフィル含量の増加が光合成速度を増し、糖及び

Fig. 7. Seasonal changes in chlorophyll content in satsuma mandarin leaves (1987-88).

Table 3. Coefficient of correlation, r , between the mean diurnal and seasonal concentrations of soluble sugars and chlorophyll and ascorbic acid contents.

	Ascorbic acid	
	Diurnal changes	Seasonal changes
	$n=20$	$n=24$
Glucose	0.82^{**}	0.56^{**}
Fructose	0.78^{**}	0.44^{*}
Sucrose	0.91^{**}	0.74^{**}
Chlorophyll	-0.87^{**}	-0.51^{*}

* Significant at 5% level.

** Significant at 1% level.

AsA 含量の増加につながるという関係とは異なるようである。ウンシュウミカンでは、陰葉は低照度において光を効率的に利用するために、陽葉よりもクロロフィルを多く含んでいる(24, 29)が、光合成量は逆に少ないこと(20)が両含量の関係に影響しているのかもしれない。一方、ナスの葉においては、AsA がクロロフィルの分解を抑えて葉の老化を遅らせる働きのあることが報告されており(3), AsA がクロロフィル含量に影響を及ぼす場合を含めて、両者の関係をさらに検討する必要があるように思われる。

以上から、ウンシュウミカン葉の AsA 含量は光強度の影響を強く受け、クロロフィル含量の多少にかかわらず、光合成産物であるショ糖含量との関係が強いことが明らかとなった。このため、光合成産物の供給器官である葉においても、受光量を多くしてショ糖を多く集積することが、AsA 含量を高めるものと推察した。

摘 要

光強度がウンシュウミカン葉の AsA 含量に及ぼす影響を検討し、陽葉と陰葉の AsA、糖及びクロロフィル含量の日変化と季節的变化を調べた。

1. 春葉の生長中の AsA 含量は、5 月初期に増加した後、6 月から減少を示した。展葉期以後に枝の基部から遮光処理を施すと、AsA 含量の変化は、自然光下の場合とほぼ同じパターンを示したが、受光量が少なくなるに従って含量は低くなった。

2. 旧葉(2 年生葉)の 7 月中の AsA 含量は、陽葉の方が陰葉より高く、日変化は、晴天日では日中高いが曇天日では夜間に高い傾向を示した。組成糖(ブドウ糖、果糖及びショ糖)のうち、ショ糖含量の日変化は陽葉、陰葉ともに AsA 含量の日変化と同様の傾向を示した。春葉の AsA とショ糖含量は、年間を通して常に陰葉に比べて陽葉の方が含量が高かった。AsA とショ糖含量の季節的变化もほぼ一致した傾向を示し、7 月から 8 月にかけては低い値を示したが、2 月まで徐々に増加し、その後、再び減少を示した。

3. AsA とショ糖含量に比較して、クロロフィルは陽葉より陰葉の方が高い含量を示した。日変化は、陽葉、陰葉ともに早朝に高く、夜間に向けて減少する傾向を示した。季節的变化は、1 月が最も高い含量を示したが、全体的に変化量は小さかった。

4. 葉の日変化と季節的变化の結果をもとに、それぞれの各組成糖、クロロフィル含量と AsA 含量との相関を求めた。日変化、季節的变化のどちらの場合も、各組成糖含量と AsA 含量との間には、正の相関関係が

認められ、クロロフィル含量と AsA 含量との間には、負の相関関係が認められた。

引用文献

1. ERDMAN, J. W. Jr., and B. KLEIN. 1982. Harvesting, processing, and cooking influences on vitamin C in foods. p. 499-532. In: P. A. SEIB and B. M. TOLBERT (eds.). *Advances in chemistry. Series 200.* American Chemical Society.
2. FOYER, C., J. ROWELL and D. WALKER. 1983. Measurement of the ascorbate content of spinach leaf protoplasts and chloroplasts during illumination. *Planta* 157: 239-244.
3. GARG, O. P. and V. KAPOOR. 1972. Retardation of leaf senescence by ascorbic acid. *J. Exp. Bot.* 23: 699-703.
4. HAMNER, K. C. and R. Q. PARKS. 1944. Effect of light intensity on ascorbic acid content of turnip greens. *J. Amer. Soc. Agron.* 36: 269-273.
5. 日野 昭・天野勝司・沢村泰則・佐々木専治・倉岡唯行. 1974. 果樹の光合成作用に関する研究. (第 2 報). 光合成速度の季節的变化. *園学雑*. 42: 209-214.
6. ISHERWOOD, F. A. and L. W. MAPSON. 1962. Ascorbic acid metabolism in plants: Part II. Biosynthesis. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 13: 329-350.
7. 岩政正男・門屋一臣・木原武士. 1981. 果樹編 1. カンキツ. 基礎編. p. 25-29. 農業技術大系. 農文協. 東京.
8. 泉 秀実・辰巳保夫・邇田卓夫. 1984. カイワレ大根の品質及び成分に及ぼす製造中の光照射の影響. *日食工誌*. 31: 704-709.
9. 泉 秀実・伊東卓爾・吉田保治. 1988. 生育時におけるカンキツ果皮中のアスコルビン酸含量と糖含量との関係. *園学雑*. 57: 304-311.
10. 泉 秀実・伊東卓爾・吉田保治. 1990. 樹冠内・外層の着果位置別にみたウンシュウミカン果実の発育中における糖とアスコルビン酸含量について. *園学雑*. 58: 877-883.
11. JONES, W. W. and M. L. STEINACKER. 1951. Seasonal changes in concentrations of sugar and starch in leaves and twigs of citrus trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 58: 1-4.
12. 木村敬子・松野裕子・上畑智子・岸田キクエ・梶田武俊. 1980. 大豆もやし発芽中のビタミン C の変動. *家政誌*. 31: 55-58.
13. 小中原 実・酒井 昭. 1967. カンキツの寒害防除に関する研究. (第 1 報). 温州ミカンの耐凍性、浸透濃度および糖含量の季節的変動. *園学雑*. 36: 170-178.
14. LOEWUS, F. A., R. JANG and C. G. SEEGLER. 1956. The conversion of C¹⁴-labeled sugars to

- L-ascorbic acid in ripening strawberries. J. Biol. Chem. 222: 649-664.
15. LOEWUS, F. 1971. Carbohydrate interconversions. Ann. Rev. Plant Physiol. 22: 337-364.
16. 森永泰子. 1987. 発芽中の黒緑豆の子葉における L-アスコルビン酸の生成と糖代謝の変動. 家政誌, 38: 369-373.
17. 村上哲男・山崎浩二・東万里子・豊田史子・重岡 成・飯塚義富. 1986. カイワレ大根の AsA 量および Toc 量に及ぼす環境条件の影響. 日本食品工業学会第 33 回大会講演要旨: 54.
18. NAGY, S. 1980. Vitamin C contents of citrus fruit and their products. Review J. Agr. Food Chem. 28: 8-18.
19. 小野祐幸・工藤和典・大東 宏. 1978. 温州ミカンの光合成作用および生産構造に関する研究. (第 1 報). 環境要因が光合成速度に及ぼす影響について. 四国農試報, 31: 147-158.
20. 小野祐幸・大東 宏. 1982. 温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実の発達. 四国農試報, 40: 59-77.
21. 小野祐幸・工藤和典. 1984. 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 8 報). 光合成速度に及ぼす二, 三の生態的要因と光合成産物の転流. 四国農試報, 43: 75-84.
22. SAKAI, A. 1966. Seasonal variations in the amounts of polyhydric alcohol and sugar in fruit trees. J. Hort. Sci. 41: 207-213.
23. SHARPLES, G. C. and L. BURKHART. 1954. Seasonal changes in carbohydrates in the Marsh grapefruit tree in Arizona. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 63: 74-80.
24. 清水達夫・鳥潟博高. 1972. 温州ミカン葉のクロロフィル含量に関する研究. 園学雑, 41: 29-36.
25. SHINOHARA, Y. and Y. SUZUKI. 1981. Effects of light and nutritional conditions on the ascorbic acid content of lettuce. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 50: 239-246.
26. 篠原 温. 1987. 野菜の栽培条件と品質—特に光および施肥条件とアスコルビン酸含量との関係—. 筑波大農林学研, 3: 61-156.
27. SINCLAIR, W. B. 1984. The biochemistry and physiology of the lemon and other citrus fruits. p. 161-176. Div. Agr. Nat. Res., Univ. of California.
28. 菅原友太. 1957. 農・園芸作物のビタミン C に関する研究. p. 5-37. 養賢堂. 東京.
29. 鈴木鉄男・岡本 茂・関 徹夫. 1973. 温州ミカンの樹冠内における微気象要因の分布と着生部位の相違が枝葉・果実の発育に及ぼす影響. 園学雑, 42: 201-209.
30. YELENOSKY, G. and C. L. GUY. 1977. Carbohydrate accumulation in leaves and stems of 'Valencia' orange at progressively colder temperatures. Bot. Gaz. 138: 13-17.