

極早生ウンシュウミカンの光合成特性ならびに樹勢における品種間差異

誌名	園藝學會雜誌
ISSN	00137626
著者名	山本,未之 岩崎,直人 田中,実
発行元	園藝學會
巻/号	60巻4号
巻号補足	
掲載ページ	p. 805-810
発行年月	1992年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



極早生ウンシュウミカンの光合成特性ならびに 樹勢における品種間差異

山本末之・岩崎直人・田中 実

宮崎大学農学部 889-21 宮崎市学園木花台

Differences in the Photosynthetic Characteristics and Tree Vigor among
Some Cultivars of Very Early-ripening Satsuma Mandarins

Sueyuki Yamamoto, Naoto Iwasaki and Minoru Tanaka

Faculty of Agriculture, Miyazaki University, Gakuenkibanadai, Miyazaki 889-21

Summary

Photosynthetic rate and shoot characteristics were investigated in relation to the tree vigor on 6 cultivars of 5 or 7-year-old very early-ripening Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.), to discuss the differences of the ecological characteristics among the cultivars.

1. There were no distinctive differences in thickness of the leaf and the palisade tissue among the cultivars. However, in 'Hashimoto wase', both the leaf and the palisade tissue were somewhat thinner than those of the other cultivars. Stomatal density of the leaf varied among the cultivars. Density of stomata was the highest in 'Tanaka wase' and lowest in 'Hashimoto wase' of all the cultivars studied.

2. Photosynthetic rates determined from June to July were higher and maintained so in 'Ichifumi wase' and 'Kusumoto wase'.

In 'Tanaka wase' and 'Douwaki wase', photosynthetic rates decreased markedly during this period. It seemed that 'Tanaka wase' and 'Douwaki wase' are not adapted to high temperatures.

3. Differences in the seasonal changes of photosynthetic rates among the cultivars were not clear. In all the cultivars, photosynthetic rates reached maximum at September, then decreased gradually. However, in 'Tanaka wase', 'Yamakawa wase' and 'Kusumoto wase' the rate of decrease of photosynthetic rate after September seemed slower than that of the other cultivars. The maximum photosynthetic rates was high in 'Tanaka wase', 'Kusumoto wase', 'Ichifumi wase' and 'Yamakawa wase', whereas in 'Hashimoto wase', the maximum photosynthetic rate was always the lowest.

4. Shoot growth after summer pruning was greater in 'Ichifumi wase' and 'Kusumoto wase' than in that of other cultivars. Furthermore, in 'Ichifumi wase', the average final shoot length was the longest which resulted in the greatest total shoot growth. 'Douwaki wase' and 'Hashimoto wase' produced fewer shoots, so that their total shoot growth was minimal.

The correlation between photosynthetic rate and total shoot growth indicates that tree vigor is related to photosynthetic rate as measured under field conditions.

緒 言

極早生ウンシュウミカンは1970年に発見されて以後、多くの産地で発見されている。それらの果実の収穫期は9月上旬から10月下旬まで系統により差がみられる。岩政ら(2)は極早生ウンシュウミカンにおいて系統

間にみられる果実の成熟特性の違いを調査し、それらを六つのグループに分類している。しかしながら、それは果実の形質および成熟特性によって分類されており、樹体の生育特性の差異については考慮されていない。極早生ウンシュウミカンの樹勢は一般に弱く、また系統間においても樹勢の強弱の差がある。そこで樹体の栽培管理を適切に行い、高品質果実を連年安定

生産するためには、系統毎に樹体の生育特性を把握することが必要であると考え。

本研究では、極早生ウンシュウミカンにおいて適した栽培管理法を、樹体の生育特性により系統ごとに確立する際の基礎資料とすることを目的として、圃場条件下における単葉の光合成特性ならびに樹勢の強弱を調査し、それらの関係について検討した。

材料および方法

宮崎大学農学部附属農場に植栽の5年生‘田中早生’および‘山川早生’ならびに7年生‘市文早生’、‘堂脇早生’、‘楠本早生’および‘橋本早生’の6系統を供試した。また、極早生系統ではないが、9年生‘興津早生’についても一部同様に調査し、極早生系統との比較を行った。

1. 光合成速度の測定

1987年6月13日、同27日、7月9日または11日に各系統3樹を供試し、当年枝における光合成速度を圃場条件下で測定した。

1988年には3月から12月にかけて同様に測定した。なお、1988年5月までは前年の春枝について、6月以後は当年の春枝について測定した。

光合成速度の測定にはLI-COR社製の携帯用光合成蒸散測定装置(LI-6200)を用い、光強度が光合成有効放射で $1,000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ 以上の晴天日の午前中に行った。本装置は閉鎖系で、系路の容積は同化箱も含め1,140 ml、最大流量が $1,250 \text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$ のポンプで空気を循環させた。なお、循環空気の相対湿度が一定となるように、循環空気の一部を除湿剤の入ったチューブを通し、その流量から蒸散量を算出した。光合成速度は系路内を循環する空気の CO_2 濃度の変化を測定し算出した。1回の測定は約30秒で終了するようにした。

また、樹体の乾物生産の基礎となる単葉の乾物生産量について以下の式を用いて、1987年の当年葉において算出した。

$$\text{乾物生産量}(\text{mg} \cdot \text{hr}^{-1}) = \text{Pn} \times 1.584 \times (\text{La}/100) \times 0.68$$

Pn：光合成速度($\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$)

La：平均葉面積(cm^2)

なお、式中の1.584は光合成速度の単位を $\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ から $\text{mgCO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$ に換算するために、0.68は固定された CO_2 から生産される乾物量に換算するために用いられた。

2. 葉の形態的特性調査

1987年7月上旬に、各系統の当年生枝を5～6本採取し、葉位別葉面積、スンプ法による気孔密度を測定し、さらに葉の横断切片を作り内部形態の検鏡を行い、葉およびさく状組織の厚さを測定した。

3. 夏期せん定後の新梢発生における系統間差異

樹勢の強弱を知る目的で、夏期せん定後の新梢発生状況について調査した。1987年7月30日に極早生ウンシュウミカン各系統3樹を供試し、全摘果を行った後切り返しせん定ならびに間引きせん定を1：1の割合で葉数が約50%になるように行った。その後8月28日に新梢本数、伸長量および新葉数について調査した。

4. クロロフィル含量

1988年4月から5月までは前年の春枝、6月から12月までは当年の春枝から葉を採取し洗浄後 -20°C で凍結保存した後、Arnon法によって定量した。定量に際し直径1.2 cmの葉片を1葉当たり2～4枚打ち抜き、20枚の葉片を用いてアセトンで抽出し、エーテルに移した後663および645 nmで吸光度を測定してクロロフィル含量を求めた。

Table 1. Changes in photosynthetic rate ($\mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$) during early summer season.

Varieties	13 June	27 June	9~11 July	Ave.
Okitsu wase	9.83 ± 0.426^z	8.29 ± 0.417	8.53 ± 0.927	8.88 ± 0.481
Tanaka wase	11.35 ± 0.596	7.90 ± 0.354	5.06 ± 0.737	8.10 ± 1.819
Yamakawa wase	9.65 ± 0.175	8.16 ± 0.376	7.72 ± 2.048	8.51 ± 0.586
Ichifumi wase	11.77 ± 0.297	9.44 ± 0.407	9.65 ± 1.513	10.29 ± 0.743
Kusumoto wase	12.88 ± 1.058	10.11 ± 0.067	8.12 ± 0.196	10.37 ± 1.378
Douwaki wase	11.40 ± 0.813	8.02 ± 1.305	5.46 ± 0.597	8.29 ± 1.720
Hashimoto wase	9.26 ± 0.399	5.83 ± 0.451	4.42 ± 0.535	6.50 ± 1.439
Air temp. ($^\circ\text{C}$)	25~28	31~33	35~38	
R.H. (%)	50~60	45~55	50~60	

^z Mean $\pm$ SE.

結 果

1. 光合成特性の差異

第1表に、1987年6月中旬から7月上旬にかけて測定した光合成速度の変化について示した。測定時の同化箱内気温および相対湿度は成行きであったが、6月13日では各々25~28℃および50~60%、6月27日では同じく31~33℃、45~55%、7月9、11日では35

Table 2. Differences in dry matter production per leaf among very early-ripening Satsuma mandarin cultivars.

Varieties	Average leaf area (cm ²)	Dry matter production per leaf ^y (mg·hr ⁻¹)
Okitsu wase	12.5 ± 1.01 ^z	1.15
Tanaka wase	11.2 ± 2.19	0.98
Yamakawa wase	12.4 ± 2.19	1.22
Ichifumi wase	14.0 ± 2.35	1.55
Kusumoto wase	12.0 ± 2.13	1.34
Douwaki wase	10.2 ± 2.75	0.91
Hashimoto wase	13.7 ± 2.82	0.98

^z Mean ± SE.

^y Photosynthetic rate ($\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$) $\times 1.584 \times$ (average leaf area/100) $\times 0.68$.

~38℃、50~60%であった。同化箱内の光強度については測定していないが、同化箱外の光合成有効放射は $1,000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$ 以上で、データには示していないが光合成速度は飽和状態にあった。

‘田中早生’、‘堂脇早生’、‘橋本早生’では、6月中旬から7月上旬にかけて光合成速度が大きく減少した。しかしながら、‘山川早生’および‘市文早生’では減少率は小さく、7月上旬では6月中旬の約80%の値であった。また、‘楠本早生’では同じく63%であった。

‘市文早生’および‘楠本早生’ではこの間の平均光合成速度が最も高く、次いで‘山川早生’、‘堂脇早生’、‘田中早生’、そして‘橋本早生’では最も低く $6.50 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$ であった。

この間の平均光合成速度から算出した単葉における乾物生産量について第2表に示した。光合成速度の高い‘市文早生’および‘楠本早生’で高く、それぞれ $1.55 \text{ mg}\cdot\text{hr}^{-1}$ 、 $1.34 \text{ mg}\cdot\text{hr}^{-1}$ であった。しかしながら、光合成速度が最も低かった‘橋本早生’では葉面積が比較的大きかったことから、乾物生産量は‘田中早生’と同じ値となった。葉面積が最も小さい‘堂脇早生’では乾物生産量が最

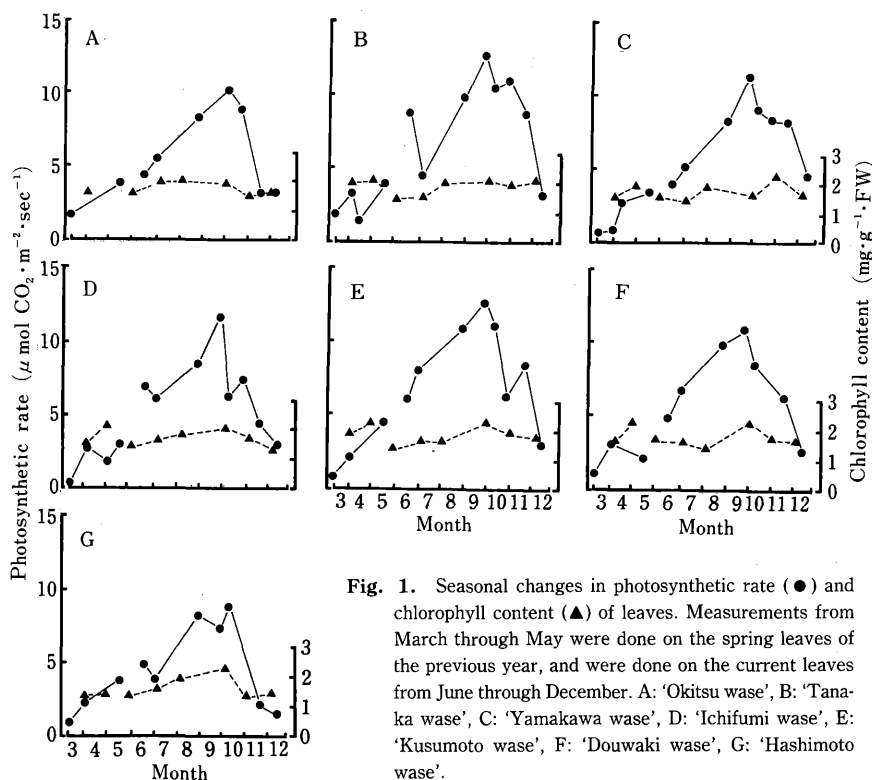


Fig. 1. Seasonal changes in photosynthetic rate (●) and chlorophyll content (▲) of leaves. Measurements from March through May were done on the spring leaves of the previous year, and were done on the current leaves from June through December. A: 'Okitsu wase', B: 'Tanaka wase', C: 'Yamakawa wase', D: 'Ichifumi wase', E: 'Kusumoto wase', F: 'Douwaki wase', G: 'Hashimoto wase'.

Table 3. Air temperature (°C) and relative humidity (%) in the assimilation chamber at each measurement.

		3/10 ^y	3/31	4/30	5/17	6/14	7/1	8/27	9/26	10/8	10/27	11/20	12/14
A ^z	Air temp.	18.0	—	—	29.3	33.2	36.3	35.7	—	31.0	29.3	22.2	20.0
	R.H.	16.1	—	—	52.7	45.4	44.7	51.3	—	47.1	49.8	39.2	33.8
B	Air temp.	17.6	21.8	32.6	29.2	35.9	33.9	33.6	28.0	30.3	30.3	22.4	21.1
	R.H.	17.6	26.3	22.7	51.9	36.6	42.7	54.9	36.8	43.9	41.4	35.1	30.7
C	Air temp.	17.0	23.1	31.1	28.3	34.2	34.4	33.3	27.9	29.3	28.4	21.6	20.0
	R.H.	18.6	21.4	25.0	51.3	42.9	37.4	54.0	35.1	45.9	45.0	37.1	30.8
D	kAir temp.	17.3	25.1	30.1	27.1	32.3	33.0	32.5	26.5	29.2	26.7	19.8	19.0
	R.H.	19.1	21.8	21.9	53.6	45.5	35.0	54.6	36.5	46.4	47.5	40.7	30.7
E	Air temp.	18.3	22.1	—	28.6	35.0	34.0	33.9	26.1	29.9	—	20.9	21.3
	R.H.	16.3	29.0	—	53.2	41.3	46.0	55.2	37.9	45.4	—	38.4	30.8
F	Air temp.	17.5	21.9	—	29.0	35.7	34.3	33.9	27.6	30.0	31.1	21.8	21.4
	R.H.	18.0	26.1	—	53.7	38.9	45.3	55.6	36.2	46.6	40.5	36.7	29.9
G	Air temp.	17.4	21.2	—	29.3	33.4	36.1	34.2	24.6	30.4	—	20.7	21.0
	R.H.	17.0	27.9	—	52.7	42.6	39.8	53.7	38.6	45.5	—	38.2	28.4

^z The descriptions of A–G are given in Fig. 1.^y Date of measurement.**Table 4.** Differences in morphological characteristics of leaves among very early-ripening Satsuma mandarin cultivars.

Varieties	Stomatal density ^z	Leaf thickness (mm)	Thickness of palisade tissue (mm)
Okitsu wase	512.5 ± 11.12 ^y	0.245 ± 0.0176	0.119 ± 0.0052
Tanaka wase	611.2 ± 26.61	0.333 ± 0.0010	0.127 ± 0.0025
Yamakawa wase	501.6 ± 25.15	0.334 ± 0.0190	0.132 ± 0.0091
Ichifumi wase	528.8 ± 21.76	0.338 ± 0.0180	0.138 ± 0.0072
Kusumoto wase	548.8 ± 19.21	0.332 ± 0.0185	0.124 ± 0.0069
Douwaki wase	531.5 ± 22.21	0.340 ± 0.0171	0.122 ± 0.0040
Hashimoto wase	497.2 ± 17.62	0.280 ± 0.0068	0.113 ± 0.0033

^z Number of stomata per square millimeter.^y Mean ± SE.

も小さく、0.91 mg · hr⁻¹であった。

第1図に1988年3月から12月にかけて測定した光合成速度およびクロロフィル含量の変化について示した。また、測定時の同化箱内の気温および相対湿度について第3表に示した。同化箱内の気温は7月1日の測定時に最も高く、33~36℃であった。その後は徐々に低下して行った。各系統における光合成速度の季節的变化には大きな差異はみられず、9月に最大値に達した後低下して行った。しかしながら、9月以後の減少傾向は‘田中早生’、‘山川早生’および‘楠本早生’では比較的緩やかであった。光合成速度の最大値は‘田中早生’、‘楠本早生’、‘市文早生’および‘山川早生’で高く、11.5~12.7 μmol CO₂ · m⁻² · sec⁻¹の範囲にあった。‘楠本早生’は最も低く推移し、最大値も8.7 μmol CO₂ · m⁻² ·

sec⁻¹であった。

クロロフィル含量は、調査期間中を通してみるとすべての系統で2 mg · g⁻¹FW前後であった。

2. 葉の形態的な差異

第4表に各系統の葉の厚さおよび気孔密度について示した。気孔密度は、‘田中早生’は611.2個 · mm⁻²で最も多かったが、‘楠本早生’では497.2個 · mm⁻²で最も少なかった。また、葉の厚さおよびさく状組織の厚さは、光合成速度の最も低かった‘楠本早生’において最も薄く各々0.280 mm、0.113 mmであった。

3. 夏期せん定後の新梢伸長量の差異

夏期せん定後の新梢発生状況について第5表に示した。総伸長量は‘市文早生’および‘楠本早生’が極めて旺盛で各々1,576.0 cm、1,224.0 cmであり、‘堂脇早生’

Table 5. Differences in shoot elongation and shoot characteristics after summer pruning among very early-ripening Satsuma mandarin cultivars.

Varieties	Total elongation (cm)	Number of shoot	Average shoot length (cm)	Average leaf number per shoot
Tanaka wase	547.3±48.82 ^z	49.7±3.47	11.0±0.36	8.0±0.39
Yamakawa wase	873.5 ^y	69.5	12.6	8.3
Ichifumi wase	1576.0±80.21	121.7±3.95	13.0±0.78	8.5±0.51
Kusumoto wase	1224.0±59.20	115.0±1.41	10.6±0.45	7.5±0.43
Douwaki wase	827.0±54.00	76.3±2.37	10.8±0.42	7.8±0.45
Hashimoto wase	719.3±40.95	80.3±4.58	9.0±0.30	6.4±0.19

Pruning was done on 29 July, and the measurement was done in late August.

^z Mean ± SE.

^y Mean of two replications.

および‘橋本早生’で小さく各々 827.0 cm, 719.3 cm であった。‘田中早生’では最も小さく 547.3 cm であった。新梢発生本数においても同様の傾向であった。また、新梢 1 本当たりの長さは‘山川早生’および‘市文早生’で最も長く、各々 12.6 cm, 13.0 cm であった。しかしながら、‘田中早生’、‘堂脇早生’では比較的短く各々 11.0 cm, 10.8 cm であり、‘橋本早生’では最も短く 9.0 cm であった。新梢 1 本当たりの平均葉数は、新梢長の長い‘市文早生’および‘山川早生’で多く、各々 8.5 枚, 8.3 枚であり、新梢長の最も短い‘橋本早生’では 6.4 枚であった。

考 察

本実験に供試した 6 系統の極早生品種は、比較的古い系統である。岩政ら (2) の分類によると、‘市文早生’、‘山川早生’、‘堂脇早生’および‘田中早生’は II A に含まれ、‘橋本早生’は I、‘楠本早生’は III B に含まれる。また、彼ら (2) は枝葉の変異について調査した結果、早生ウンシュウミカンに比べ葉が小型化し、かつ節間が短縮していることを報告している。

本実験では供試した極早生系統の葉の大きさは‘興津早生’に比べ特に小さくなっているようには思われず、‘市文早生’ではかえって大きくなっていた。また、葉の厚さおよびさく状組織の厚さは‘興津早生’に比べると厚くなっていたが、極早生系統の形態的な特性として明らかではない。本実験に供試した極早生系統は‘橋本早生’を除いてすべて‘宮川早生’から発したものであり‘興津早生’との形質の比較ではその特長が顕著には表れないことも考えられる。

光合成特性における系統間の差異は顕著に表れていないが、6 月中旬から 7 月上旬にかけて見られた光合成速度の減少率は‘田中早生’、‘堂脇早生’および‘橋本早生’で大きかった。Syvertsen・Smith (8, 9) は、グ

レープフルーツとスイートオレンジにおいて光環境の変化に対する順応は完全に展開した葉においても可能であり、光合成速度も変化することを報告している。また、光合成速度に影響を及ぼす環境要因として温度がよく知られている (5, 6) が、この時期の気温は上昇傾向にある。岩崎・大垣 (3) はカンキツ類のいくつかの種・品種において光合成特性を調査し、わが国で広い範囲で栽培が行われているウンシュウミカンでは、20°~35℃における温度の変化に対する光合成速度の変化は他の種・品種に比べ小さかったことを報告している。したがって、この時期に光合成速度が大きく減少する系統は、高温条件下には適していない系統であると考えられる。特に‘田中早生’では他の系統に比べて気孔数が多く、夏期の高温、乾燥条件下では葉内水分の減少が多く、光合作用を低下させることも考えられる。

本実験で用いた携帯用光合成蒸散測定装置では同化箱内の温度は調節できないため、圃場条件下で成行きに任せて測定を行った。光合成速度の季節変化ではすべての系統で 9 月にピークに達しているが、これは同化箱内の温度が 25℃前後になり、光合成に最適な温度条件になっていたためであると考えられる。

枝の伸長は樹勢との関係が強い。新堂ら (7) は極早生ウンシュウミカンの樹勢弱化に関する研究において、樹勢の弱い樹は新梢の発生本数が減少し、長さ 10 cm 以上の新梢本数が少なくなる傾向にあることを報告している。本実験に供試した‘田中早生’および‘山川早生’は他の系統より 2 年ほど若い。したがって夏期せん定後の新梢数については他の系統に比べて少ないが、新梢 1 本当たりの長さを見ると‘山川早生’および‘市文早生’で長く樹勢が旺盛であると思われる。

発芽や新梢の伸長には樹体内養分の蓄積が必要であ

る。村松・岩垣（4）は、ウンシュウミカンにおいてせん定を受けた枝の長さとしせん定後の新梢の伸長量について調査し、総伸長量は長い枝において優っていたことを報告して、これは長い枝は相対的に太く体内栄養の含有量が多いためであろうと考察している。さらに、Borrasら（1）はスイートオレンジにおいて枝条内の貯蔵デンプン含量の変化について調査し、5月31日に最高値に達したことを報告し、これが葉の光合成に最も適している時期と一致していると考察している。‘田中早生’および‘堂脇早生’における光合成速度は6月上旬から7月上旬にかけ大きく減少し、これらは高温には適さない系統であると思われる。また、光合成速度の低下により枝条内の炭水化物が減少し、夏期せん定後の新梢の発生数や伸長量が少なくなったとも考えられる。6～7月に測定した光合成速度の平均値から単葉当たりの乾物生産量を算出した結果、‘堂脇早生’が最も少なく、次いで‘田中早生’、‘橋本早生’で少なかった。この傾向は夏期せん定後の新梢の発生数や総伸長量から見た場合の樹勢の強弱の傾向と一致しており、圃場条件下における光合成速度の高低が樹勢の強弱と関係しているものと考えられた。

摘 要

6系統の5～7年生の極早生ウンシュウミカンを試して、樹勢の強弱と光合成特性ならびに葉の形態との関係について調査し、系統間における差異について検討した。

1. 葉の厚さおよびさく状組織の厚さは系統間で特に差はなかったが、‘橋本早生’で若干薄かった。気孔密度は‘田中早生’で多く、‘橋本早生’で最も少なかった。

2. 6～7月における光合成速度は‘市文早生’および‘楠本早生’で高く、またこの間の減少率が小さかった。‘田中早生’および‘堂脇早生’では減少率が大きく、これらは高温条件下には適していない系統であると考えられた。

3. 光合成速度の季節変化における系統間差は明確ではなく、すべての系統間において9月に最大値を示した後徐々に減少した。しかしながら、9月以後の減少傾向は‘田中早生’、‘山川早生’および‘楠本早生’で比較的緩やかであった。光合成速度の最大値は‘田中早生’、‘楠

本早生’、‘市文早生’および‘山川早生’で高く、‘橋本早生’では最も低く推移した。

4. 夏期せん定後の新梢の伸長は‘市文早生’および‘楠本早生’で旺盛であった。また、‘市文早生’では新梢長も長く、総伸長量も優れていた。‘堂脇早生’および‘橋本早生’では、新梢の発生数が少なく総伸長量も小さかった。この傾向は、6～7月上旬における光合成速度から算出した葉1枚当たりの乾物生産量における差異と同様の傾向を示し、圃場条件下における光合成速度の高低が樹勢の強弱と関係しているものと考えられた。

引用文献

1. Borras R., J.L. Tadeo and E. P. Millo. 1984. Seasonal carbohydrate changes in two sweet orange varieties of the navel group. *Scientia Hort.* 24: 143-149.
2. 岩政正男・山口清二・栗山隆明・中牟田拓史・江原忠彰・仁藤伸昌・片山幸良. 1984. 極早生温州の発生とその形質. 佐賀大農集. 56: 99-107.
3. 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温度・光条件. 園学雑. 54: 351-322.
4. 村松久雄・岩垣 功. 1970. 温州ミカンのせん定に関する研究. 第1報. 若木の1年生枝におけるせん定の影響. 四国農試報. 21: 21-34.
5. 小野祐幸・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2報. 圃場における環境要因が成木の光合成速度に及ぼす影響について. 四国農試報. 32: 1-12.
6. 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.
7. 新堂高広・岩切 徹・松瀬政司. 1990. 極早生温州の樹勢弱化に関する研究. 第1報. 樹勢弱化の実態解析(花, 新梢, 葉の形状). 園学雑. 59(別2): 16-17.
8. Syvertsen, J. P. 1984. Light acclimation in Citrus leaves. II. CO₂ assimilation and light, water and nitrogen use efficiency. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109: 812-817.
9. Syvertsen, J. P. and M. L. Smith, Jr. 1984. Light acclimation in Citrus leaves. I. Changes in physical characteristics, chlorophyll and nitrogen content. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109: 807-812.