施設栽培ウンシュウミカンの光合成特性と果実生産力

森永邦久・池田富喜夫

四国農業試験場 765 香川県善通寺市生野町

Photosynthetic Characteristics and Fruit Productivity of Satsuma Mandarin (*Citrus unshiu* Marc.)
Trees under Plastic Greenhouse Culture

Kunihisa Morinaga and Fukio Ikeda

Shikoku National Agricultural Experiment Station, MAFF. Zentsuji, Kagawa 765

Summary

Trees of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) grown under plastic greenhouse (PGH) culture are characterized by their annual high yield of fine quality fruit. In this experiment, morphological characteristics and seasonal changes in net photosynthesis (Pn) of leaves of trees grown under PGH culture were compared with those of trees grown in the open (control).

1. In the PGH, air and soil temperature conditions were kept within a range favorable for Pn throughout the year except during October. Leaf chlorophyll content was maintained over 2 mg/g FW all year; moderate leaf water potential (ψ_L) was also maintained for Pn, that is, over -20 bars from Aug. to Mar. Although specific leaf weight and stomatal density of leaves on trees grown under PGH culture were less than that of control leaves, the mean leaf area of PGH leaves was 150% greater.

2. With regards to characteristics of photosynthesis, the photosynthetic photon flux density (PPFD) transmitted through the plastic film was reduced by 50 to 60% of that which impinged on leaves out in the open. Maximum Pn per unit leaf area of trees under PGH was similar to that of control trees. In control trees, spring leaves exhibited high Pn activity from July to Oct., whereas, in PGH trees, summer leaves exhibited high Pn rate between Sept. to Mar., and spring leaves, which sprouted in Dec., had high Pn rates from Jan. to Mar. Older leaves under PGH culture maintained higher Pn activity than did comparable leaves on control trees throughout the year.

3. Fruit yield of trees under PGH culture was about twice that of control trees whether the comparison was based on per 10 ares, per tree, or per canopy volume. Thus, trees under PGH culture produced high yields annually.

We postulate that the primary cause for the difference in yield between the two cultures is the result of greater Pn efficiency of trees under PGH. This is because environmental conditions under PGH were nearly optimum which allowed newly formed spring and summer leaves to maintain a higher Pn rate over a longer period than similar leaves on control trees. These PGH conditions, likewise, favored older leaves to outperform comparable leaves on control trees so that the yields were greater on PGH trees.

緒 言

早生ウンシュウミカンを用いての施設栽培は実用化以来約 20 年が過ぎ、栽培管理技術もほぼ確立されてきた。ウンシュウミカンの価格低迷やオレンジ輸入自由

化に際し、今後のウンシュウミカンの高収益性栽培の一つの方向として、施設栽培がますます増加する傾向にある(2, 10)。

施設栽培には露地栽培と比較して、いくつかの特徴がみられる。すなわち、連年収量が高く、しかも品質的にもすぐれた果実が生産されることである。しかし、

一方では主として後期加温園で樹勢の低下や収量の低減がみられ(2, 17), 施設栽培においては樹勢維持技術が重要となってきた。施設栽培での連年の高収量, 高品質を維持していくためには, 樹体の果実生産力を担っている光合成作用の施設条件下での特性を明らかにする必要があり, 光合成を維持する要点を検討することで樹勢維持技術を確立することが可能になると考えられる。

従来, ウンシュウミカンにおける施設栽培樹の光合成の研究は少なく, 山本(18), 白石ら(14)の報告がみられる程度であり, 施設栽培樹の光合成の特性と光合成に影響する諸要因とを総合的に検討した例はみられない。これまで施設栽培での高収量の原因の一つとして, 施設内の散乱光成分の増加が光合成の向上に寄与しているとの説明がなされてきた(13, 14)。しかし本調査では1年間の施設樹の光合成の推移を調べることで, 施設条件下での光合成の特性を解明することができ, 散乱光成分の増加以外の諸要因も重要であるという, 従来と異なる見解を見出し, 樹勢維持技術確立のための基礎的知見を得ることができたのでその結果を報告する。

材料および方法

光合成の測定などに供試した施設栽培園は, 第1表に示したような香川県高松市鬼無地区の‘宮川早生’早期加温型の現地圃場を用い, 1988年から1989年にかけて調査した。また比較のための露地栽培園は当該における高接後14年を経た‘宮川早生’を供試した。

1. 施設栽培樹の環境, 葉の形質および体内成分

施設内および露地園の環境要因として, 気温, 地温, 日射量の推移を調査した。気温は自記温度計(園内中央部, 高さ50 cm)により, 地温は埋込地温計(深さ10 cm)

により, また日射量は光合成有効放射として光量子密度をセレンのフォトセルによって測定した。

葉の形質として気孔密度, 葉面積および比葉重を測定した。気孔密度はスンプ法により, 葉面積は面積計(林電工社)により, 比葉重は常法によってそれぞれ計測した。また生理的特性との関連で樹体内成分などの推移を調査した。葉中クロロフィル含量はArnon(1)の方法により, 葉の水ポテンシャル(ψ_w)はプレッシャーチャンバー法(6)により測定した。また, 1986年には細根の活性を α -ナフチルアミン酸化法(19)によって計測し, 同時に土壤中水分を水分率測定法で, さらに葉の水ポテンシャルを測定した。

2. 光合成の測定

施設および露地樹の光合成の測定は携帯型光合成蒸散測定装置(ADC社)を用いた。そのシステムは第1図に示したとおりである。測定条件は空気流量: 400 ml/min(60 ml/cm²), 水蒸気補正係数: 5.0, 導入空気圧力: 1000 mbとした。気温, 葉温, 光量子密度は測定時環境のままであった。相対湿度は30~40%であった。光合成の測定は各月中旬のいずれも晴天日に行った。測定所要時間は1点につき約20秒で計測できた。供試樹は施設, 露地とも2樹を用い, 樹冠表面の東, 西, 南の目通りおよび樹冠上部の各部位において10葉ずつ, 1988年7月から1989年5月まで測定した。なお本装置での光合成の測定値は見かけの光合成である。

また1985年に鉢植樹を用いて, 散乱光成分の光合成に対する効果を調査した。すなわち5年生の‘興津早生’を用いて, 2年間散乱光成分の多い梨地フィルム下で生育させた樹体を, 同一照度の直達光および散乱光の光条件下において光合成を測定し, 1樹当たりの光合成の変化を検討した。測定は個体用光合成測定装置に鉢全体をいれて行った。この場合, 鉢土壌からのCO₂

Table 1. Parameters of trees grown under plastic greenhouse (PGH) culture (1988~1989).

Place	Takamatsu-shi	Kinashi-cho
Variety, age of tree	Miyagawa-wase (7-year-old after beginning of PGH culture)	18-year-old
Area	14 ares	
Planting distance	3.5×4 m (staggered row planting)	
Fertilizer	Nitrogen	23~25 kg/10 are-year
	Compost	6t/14 ares (1984)
	Soil dressing	22t/14 ares (1984)
	Liquid fertilizer	3 or 4 times in hardening time of leaf
Harvest time	Late May~Middle June	
Heating time	Middle November~Early May

Fig. 1. A portable system for measuring CO₂ assimilation and transpiration of single leaf in the field.

Fig. 2. Seasonal changes of air and soil temperature in satsuma mandarin orchards under plastic greenhouse (PGH) and open culture. ○ : Air temperature in PGH, ● : Air temperature in open, △ : Soil temperature in PGH, ▲ : Soil temperature in open.

放出の影響を除くために、鉢部をビニル袋で被覆し、袋の中の空気をポンプで外に排出した。供給空気流量は 60 liter/min, 温度 25℃, 湿度 70~80% の条件で測定した。

3. 果実収量の推移

施設および露地樹の 5 年間の収量を 10 a 当たり、1 樹当たりおよび樹容積当たりで算出した。施設樹の収量は農家の収量記録によった。施設樹は 10 a 当たり 86 本植え、露地樹は 80 本植えであり、1989 年の平均樹容積は施設樹 21.1 m³, 露地樹 12.6 m³であった。また平均樹冠占有面積は施設樹は 11.6 m², 露地樹では 6.0 m²であった。

結 果

1. 施設栽培樹の環境

平均気温ならびに地温については、施設では 10 月に最も低下した(第 2 図)。これは 7 月中旬から 10 月まで

のビニルの除去によるためである。11 月のビニル被覆および加温開始後は気温、地温とも 20℃ 以上を保持していた。一方、露地樹での冬季の温度は 10℃ 以下であった。

晴天日の光環境については第 3 図に示した。7~10 月のビニルの除去時以外は施設園での光量子密度は露地の約 2 分の 1 であった。

2. 施設樹の葉の形質、体内成分、根の活性

施設樹の気孔密度など葉の形質についてみると、第 4 図に示したように、施設新葉では気孔密度の低下、葉面積の増加、比葉重の低下などがみられた。

また葉中クロロフィル含量は、露地葉では冬季に低下するのに対し、施設葉では新葉、旧葉とも 2~3 mg/gFW に保持されていた(第 5 図)。

葉の水ポテンシャル(ψ_w)は 4~6 月の施設の果実収穫期近くで、いわゆる「水切り」により水分制御され

ている時期に最も低下した(第6図)。しかし、他の時期では-15~-20 パールの値が保持されていた。露地では12~2月の冬季に急激に低下し、約-30 パールとなった。

施設栽培樹の根の活性の推移をみると、葉および土壌の水分含量が低下している時期に活性も低下した(第

Fig. 3. Seasonal changes of photosynthetic photon flux density (PPFD) in satsuma mandarin orchards under plastic greenhouse (PGH) and open culture. --○--: Orchard under PGH culture, —●—: Orchard under open culture.

7図)。また新根発生後の夏秋季には高く推移した。

3. 施設樹の光合成の特徴と年間推移

施設および露地樹の1年間の光合成速度の推移を、生育ステージを合わせて第8図に示した。施設栽培樹では7月出葉の夏葉がしだいに硬化するにつれ光合成は増大し、10月にはビニル除去による低温のため、一時的に低下するが、11月中旬のビニル被覆、加温によって再び増大し、4月の水分制御が行われるまで高い光合成が行われていた。また12月に新葉の光合成は急速に増加し、夏葉と同様に4月以降の水分制御期まで高い光合成を行っていた。旧葉(前年7月葉)は新葉の約60%程度の光合成速度を保持しながら11月から3月までの間、比較的高く推移した。一方、露地栽培樹では春葉の硬化により夏季に最も高い光合成を示したが、10月以降の温度の低下とともに光合成は低下していき、1~2月が最も低い値であった。旧葉の光合成は低く、7~10月は新葉の約40%ほどであり、光合成速度は年間を通じて5 μmol/m²·sec以下で、施設樹より低かった。

施設内の光条件と光合成の関係を第9図に示した。

Fig. 4. Morphological characteristics of the leaves under plastic greenhouse (PGH) and open culture. Vertical bars indicate standard deviations.

Fig. 5. Seasonal changes in chlorophyll content of leaves. ○: Summer leaves in PGH, ●: New (spring) leaves in open, △: Old leaves in PGH, ▲: Old leaves in open, □: Spring leaves in PGH, ■: New leaves in open (next year).

Fig. 6. Seasonal changes in leaf water potential. ○ : Leaf water potential in PGH, ● : Leaf water potential in open.

Fig. 7. Seasonal changes of root activity under plastic greenhouse (PGH) culture. Vertical bars indicate standard deviations, ○ : Root activity, △ : Leaf water potential, ▲ : Water content in soil.

葉齢を同じにした施設および露地樹の葉の光合成を $5 \times 10^2 \mu\text{E}/\text{m}^2 \cdot \text{sec}$ 前後の低光量子密度で比較すると、施設樹での光合成は高く、施設内の低照度条件に対する適応がみられた。しかし、 $10 \times 10^2 \mu\text{E}/\text{m}^2 \cdot \text{sec}$ 以上の高い光量子密度になると光合成速度には大きな差異はみられなくなり、ほぼ同じ値であった。

また、散乱光下で生育した樹体の光合成が直達光および散乱光条件下で、どのように変化するかを検討した結果を第2表に示した。いずれの樹体も直達光下よりも散乱光下において樹体全体の光合成は増大したが、散乱光下で生育した樹体での光合成の増加程度が大きく、10~20%増加した。

4. 施設および露地樹の果実生産力の比較

施設と露地樹の果実生産力(収量)の比較は第3表に示したとおりである。10a当たり、1樹当たりおよび樹容積当たりの収量はいずれも施設樹において露地の1.5~2.5倍と高く、また5年間の果積収量も露地の約

2倍程度あり、施設樹は高い生産力を有していた。

考 察

カンキツの施設栽培樹の特徴として、連年多収と高品質があげられる。本報告は特に連年多収に対して年間を通じた光合成がどのように寄与しているかを明らかにし、近年問題化しつつある施設栽培樹の生産力低下に関して技術的指針を得るために、施設栽培樹の光合成を中心に解析を試みたものである。

果実品質については、従来の露地を含めての研究により、主に水分制御で高品質化を実現できることが示されている(5, 11)。したがって、果実品質に関しては、光合成量の高低よりも、水分制御、あるいは転流構造など他の要因に影響される部分が大きく、ここでは果実の生産力と光合成との関連について主に考察する。

施設栽培樹の年間の光合成は露地栽培樹よりも明らかに高く推移した。この大きな原因は両者間の光合成能力そのものの差異によるよりも、むしろ早期加温型

Fig. 8. Seasonal changes of net photosynthetic rates of trees under plastic greenhouse (PGH) culture and open culture. Arrow denotes harvest time. Vertical bars indicate standard deviations. Two trees were used. Forty leaves were measured at the east, west, south and top positions of tree canopy, and measured monthly on a clear day. ○: Summer leaves (sprouted in July) in PGH, □: Spring leaves (sprouted in Dec.) in PGH, △: Old leaves in PGH, ●: Spring leaves (sprouted in May) open, ▲: Old leaves in open.

施設樹では7月展開葉により長期間にわたり光合成が行われていたこと、また12月に新しく出た葉と旧葉の比較的高い光合成によるものと思われた。すなわち、露地樹では新葉の硬化が終了した7月初めから秋季に温度の低下し始める10月までが主に光合成を行う時期であり、物質生産は、この4か月の期間に負っていた。また露地では新葉が物質生産上の主体であり、旧葉の光合成は低い。これに対し、施設樹はビニルを全面除去して、冷気に当てた10月に一時的に光合成は低下するが、その後ビニル被覆と加温を行った11月から、水分制御が行われる翌年3月まで光合成は低下していない。また12月以降は新たに展開する新葉による光合成が行われ、さらに旧葉の光合成も露地より高く維持されている。このように、施設樹では光合成期間が長いことと、葉齢の異なるそれぞれの葉での光合成が高く保持され、特に1～3月は二重の新葉による高い光合成が行われたことで年間の総光合成量が露地より高くなったと結論された。

このように施設樹での高い光合成を維持した要因として、まず施設内の環境を見ると、平均気温、地温とも10月に最も低く20℃以下になるが、他の期間は地温

Fig. 9. Relationship between net photosynthesis of 100-day-old leaves and photosynthetic photon flux density (PPFD). ○: Spring leaves (sprouted in Dec.) under PGH culture were measured in Mar., ●: Spring leaves (sprouted in May) under open culture were measured in Aug.

が25°～30℃程度であり、温度的に光合成の適温状態が長く続いたことがあげられる。また葉中成分としてクロロフィル含量をみると施設樹では露地樹より高く推移しており、特に冬季での両者の差異が大きいたことが一つの要因であろう。露地では冬季の低温、寒風、日射などによるストレスでクロロフィルは破壊されるが、施設内では温度が適温に保持されておりクロロフィルの破壊などは少なかったと考えられる。また葉の水ポテンシャルは1988～1989年の調査では施設樹で収穫期近くの「水切り」による4～5月の低下以外は-15～-20バールと光合成には好適な水分を保持していたこともあげられる。一方、1986年の葉の水ポテンシャルは6月に最も低下し、根の活性は樹体内の水分条件と大きな関連を持つことが示された。また、1988～1989年と1986年の葉の水ポテンシャルの低下期の相違は、1988～1989年は1986年に比し、着色、収穫を早めるための水分制御を早くから行ったことによるものである。

施設樹の光合成に関して、白石ら(14)は、光合成速度は露地との差異は小さいが、低照度の時の施設樹の光合成がやや高まることを示し、これが施設樹の多収、高品質につながるとしている。また施設樹の葉の特性として、葉面積が広くなり、気孔密度が低下すること、葉組織の構造が異なること(15)などを示した。本試験での施設栽培樹の葉についても葉面積の拡大、比葉重の低下などがみられ、気孔密度もやや低下した。しかしこの葉面積の拡大は単位葉面積当たりの光合成速度

Table 2. Comparison between scattered and direct light on photosynthesis of satsuma mandarin trees.

Light conditions of growth for 2 years	Light conditions at photosynthesis measuring	Photosynthetic rate (g CO ₂ /hr·plant)	
Scattered light I ²	Scattered light	48.5	(113) ³
	Direct light	43.0	(100)
Scattered light II ²	Scattered light	56.6	(119)
	Direct light	47.5	(100)
Direct light	Scattered light	63.4	(106)
	Direct light	59.6	(100)

Photosynthetic photon flux density was $15 \times 10^2 \mu \text{E/m}^2\text{-sec}$. Intensity of illumination was 90 klx.

² Tree number. Light was scattered through plastic film.

³ Ratio of photosynthesis under scattered light to that under direct light.

Table 3. Yield of satsuma mandarin fruit from trees grown under plastic greenhouse (PGH) and in the open.

		Year					Cumulative yield for 5 years	Average yield per year
		1985	1986	1987	1988	1989		
PGH culture	t/10 are	5.2	5.4	5.8	6.0	5.5	27.9	5.6
	kg/tree	52.0	54.0	58.0	60.0	55.0	279.0	55.8
	kg/m ³ tree volume	(2.5) ²	(2.6) ²	2.8	2.9	2.6	13.4	2.8
Open culture	t/10 are	2.9	2.0	2.3	1.7	2.2	11.1	2.2
	kg/tree	35.9	25.1	29.1	20.8	27.1	138.0	27.6
	kg/m ³ tree volume	2.3	1.6	1.9	1.3	1.3	8.4	1.7

² Estimated value from average tree volume after 1987.

には影響を及ぼさず、したがって、葉1枚当たりの光合成は葉面積の小さい露地樹より施設樹の方が高いことが明らかであった。比葉重の低下は光量の不足により柵状組織の層の薄化によるものであり、気孔密度の低下も光を原因とした葉面積の拡大が原因であると考えられる。本試験での施設内の光量子密度はビニルをかけているときは、外の50~60%であり、最も低かった11月には $8 \times 10^2 \mu \text{E/m}^2 \cdot \text{sec}$ の光量子密度を示し、このときの照度は約40 klxであり、これはちょうどカンキツの光合成の光飽和点(8)と同じくらいであった。出葉、展開が行われた7月と12月の光条件はこの程度には保たれているために、比葉重、気孔密度などは極端には低下せず、また光合成速度の低下もこの条件ではみられなかったと思われる。したがって、少なくとも施設内の光条件は、光合成の光飽和点は確保される必要があり、これ以下になると葉の陰葉化をもたらし、光合成能力は低下するものと考えられる。

施設樹の光合成の増加の原因については小野ら(12)、白石・柳沢(15)は施設内の光環境を測定し、いずれも散乱光成分が多いことを見出しており、施設葉の光合成が散乱光によって向上することを示唆している。しかし、散乱光による効果は第2表でも示したように、約10~20%程度の向上でしかなく、白石(14)の測定でも低照度下で約20%の増加しかみられていない。本試験では前述したように1年間の光合成の推移を見た結果、散乱光が増加する効果よりも、光合成に好適な温度条件などにより光合成期間が長くなったこと、7月葉と12月葉のいわば二重の新葉により高い光合成を示すこと、また旧葉の光合成も高いことが年間の総光合成量を向上させた主な原因であると考えられる。年間の総光合成量を比較してみると施設樹は露地の約2倍の値を示した。このことは単純にみると施設園での収量が露地の約2~2.5倍になっていることとよく対応していると考えられた。

さらに、光合成の向上については Sink 力が活発になって、Source の能力がそれに応じて高まることを Monselise・Lenz (7) はリングで、また Wood (20) はペカンで明らかにしている。さらに平野・森岡 (4) はカンキツにおいて多着果による果実生産能力の向上を示し、小野 (13) もカンキツの着果樹が無着果樹よりも光合成が高いことを認めている。施設樹は一般に露地樹よりも着果量が多いため、このような Sink-Source の関連から樹全体の光合成が高まる可能性も考えられるが、本試験の結果からは、単位葉面積当たりの光合成速度には大きな差異はみられず、やはり着果要因よりも光合成期間の長さや光合成活性の保持程度などが施設栽培樹の果実生産にとって重要な要因であると考えられる。むしろこうした多着果要因は、施設樹では枝部の生長が小さい (3) ことから、果実に光合成産物が集中するための転流構造にとって有利な働きをしているものと思われる。さらに、ハウス内では低温、風などの自然ストレスが比較的少なく、光合成の低下要因が露地よりも少ないことも生産力に有利に作用している一因であろう。

このように施設栽培樹においては、長期の光合成期間などの果実生産に有利な条件が連年の多収量をもたらしているものと結論された。

近年、施設栽培樹での収量や樹勢の低下が、主に後期加温園で問題化しており (2)、生産力を維持するための条件の解明が求められている。本研究において調査した光合成などの特徴からみた生産力維持の要点としては次のようなことが考えられる。すなわち、好適な樹体条件と環境条件を整えることで、光合成を向上させることが重要である。この場合の「光合成の向上」とは遺伝的に定められた能力をできるだけ長く保持、発揮させ、年間の総体としての光合成量を増加させることである。

後期加温栽培での最も大きな問題は、夏葉を利用しないために栽培が長期間にわたると着葉数が減少し、それが樹勢や収量の低下として現れている点である。したがって、その克服の第一条件としては、まず葉量の確保があげられる。本報告で供試した園は早期加温型であるが、夏枝を利用するため、春葉と夏葉による多くの葉量が確保されており、特に 1～3 月には二重の新葉による高い光合成が行われ、このことが高い光合成を確保する大きなポイントであろう。したがって、後期加温園の着葉数を確保し、樹勢維持を図るには夏芽母枝の利用を考えることが重要であろう。またこう

した場合、休眠期間の十分な確保が欠かせない問題であり、少なくとも 8 月上旬までに収穫を完了させることが必要である。

さらに、葉における光合成能力を高く維持させるためには十分な根量と根の活性化や葉内成分の確保が必要である。特に根の生長や活動には土壌条件が大きく関係している。

一方、こうした樹体要因を支える環境要因として、光要因の確保が第一に重要であり、少なくとも照度 30～40 klx、光量子密度 $5 \sim 6 \times 10^2 \mu\text{E}/\text{m}^2 \cdot \text{sec}$ 以上の条件が必要で、それには枝つりや高い光透過性資材の利用、また密植をさけることが考えられる。

今後のカンキツの施設栽培での課題の一つとして、光合成を向上させるために、施設野菜などで行われている CO_2 施肥 (9, 16) の技術がある。カンキツの施設栽培ではまだ実用化されていないが、光合成の向上策として検討されるべき大きな問題であろう。

また光合成の向上によりそれを果実に効率よく転流させる構造の解明も今後の大きな課題である。施設栽培樹は材部が少なく (3)、それだけ光合成産物の材部への配分が少なくてすみ、果実生産力の確保は施設栽培樹独特の転流構造も抜きにしては考えられないと思われる。

摘 要

連年高収量、高品質を実現している施設栽培ウンシュウミカンの環境と葉の光合成関連形質および光合成の年間の推移などを測定し、高収量要因を露地栽培樹との比較において検討した。得られた結果は次のとおりである。

1. 施設樹の環境は気温、地温とも年間を通して光合成の適温を保っており、葉内クロロフィル含量および葉の水ポテンシャルも施設樹では光合成に適した状態が保持されていた。また葉の形質では、比葉重や気孔密度は施設樹で低下し、葉面積は拡大した。光環境はビニル被覆時には、外の 50～60% の光量子密度であった。

2. 両栽培樹の光合成の推移を見ると、単位葉面積当たりの光合成速度は大きな差異はなかったが、露地樹では 7 月から 10 月までの 4 か月間のみ新葉を主体に光合成が行われていたのに対し、施設樹では、11 月から 3 月までの 5 か月間新葉 (7 月葉) による高い光合成が行われ、さらに 12 月にはあらたに新葉が出葉し、1～3 月には二重の新葉による高い光合成が行われていた。また旧葉の光合成も比較的高く推移し、光合成活

性が長期間保持されていた。低照度では施設樹の方が高い光合成を示し、光環境への適応性が認められた。散乱光による光合成の増加程度は約10~20%であった。

3. 施設樹の収量は10a当たり、1樹当たりおよび樹冠容積当たりのいずれも露地樹の1.5~2.5倍程度であった。

4. このように施設樹では葉の光合成速度そのものが向上するのではなく、施設条件下での好適環境などにより光合成期間が長くなること、二重の新葉で光合成が行われること、および旧葉の光合成の低下程度が少ないことが特徴であり、そのために年間の総光合成産物が大きく増加することが高収量の大きな要因であると結論された。

謝 辞 本研究を行うに際し、現地圃場の提供をしていただき、多大な御協力をいただいた高松市の植野隆氏、調査の便宜を図っていただいた高松市西部農協の唐渡康裕指導課主任に感謝の意を表します。

引用文献

- Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24: 1-15.
- 中央果実生産出荷安定基金協会編. 1989. うんしゅうみかん施設果樹園生産・経営実態調査報告. p. 8-9.
- 原田 豊. 1984. ハウス栽培ウンシュウミカンの栄養管理に関する研究. 京都大学学位論文.
- 平野 暁・森岡節夫. 1975. カンキツの着花程度と樹の生長および収量との関係. (第1報). 宮川早生幼木における果実収量と葉の物質生産力. 園学雑. 44: 99-106.
- 川野信寿. 1984. 早生温州の加温ハウス栽培における土壌水分管理に関する研究. 大分柑試研報. 2: 11-37.
- 町田 裕・間亭谷 徹. 1974. 果樹の葉内水分不足に関する研究. (第1報). Pressure chamberによる温州ミカン葉の Water potential の測定法について. 園学雑. 43: 7-14.
- Monselise, S. P. and F. Lenz. 1980. Effect of fruit load on photosynthetic rates of budded apple trees. Gartenbauwissenschaft 45: 220-224.
- 森永邦久・池田富喜夫・木原武士. 1985. カンキツの光合作用と果実生産に関する研究. (第1報). ウンシュウミカンの光合作用の個葉間の差異について. 四国農試報. 45: 147-156.
- Mortensen, L. M. 1987. Review: CO₂ enrichment in greenhouses. Crop responses. Scientia Hort. 33: 1-25.
- 日本園芸農業協同組合連合会編. 1990. 果樹統計. 平成元年版.
- 新居直祐・岡川弘臣・尾崎功浩. 1984. 加温ハウスと露地栽培温州ミカンの枝葉と果実の形質比較. 農および園. 59: 55-60.
- 小野祐幸・広瀬和栄・高原利夫. 1983. 中晩生カンキツの施設栽培に関する研究. ビニル施設内の光環境について. 果樹試口之津年報(昭58): 72-73.
- 小野祐幸. 1985. ウンシュウミカンの光合成および生産構造からみた収量構成要因に関する研究. 京都大学学位論文.
- 白石雅也・竹前誠人・伊藤代次郎. 1982. ビニールハウス内で加温栽培した温州ミカンの葉の特性. 園芸学会中四国支部発表要旨: 20.
- 白石雅也・柳沢友幸. 1982. ビニールハウス内で加温栽培したミカン葉の解剖学的観察. 園学要旨. 昭57秋: 122-123.
- 高倉 直・後藤美明・板木利隆・丸山恵三. 1975. 施設園芸における環境制御技術. p. 70-88. ソフトサイエンス社. 東京.
- 徳島県桑野農協山口共選場編. 1987. 昭和62年産ハウスミカン販売反省会議資料.
- 山本末之. 1982. 温州ミカンのハウス栽培に関する研究. (第3報). ハウスならびに露地栽培の同化能力について. 園学要旨. 昭57春: 485.
- 吉田武彦. 1966. 根の活力測定法. 土肥誌. 37: 63-68.
- Wood, B. W. 1988. Fruiting effects photosynthesis and senescence of pecan leaves. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113: 432-436.