

カンキツの種・品種における光合成特性と温度・光条件

誌名	園藝學會雜誌
ISSN	00137626
著者名	岩崎,直人 大垣,智昭
発行元	園藝學會
巻/号	54巻3号
巻号補足	
掲載ページ	p. 315-322
発行年月	1985年12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



カンキツの種・品種における光合成特性と温度・光条件

岩崎 直人・大垣 智昭

筑波大学農林学系 305 茨城県新治郡桜村

Photosynthetic Characteristics of Some Citrus Species under Various Temperatures and Light Conditions

Naoto IWASAKI and Chiaki OOGAKI

*Institute of Agriculture and Forestry, University of Tsukuba,
Sakura, Niihari, Ibaraki 305*

Summary

Characteristics of photosynthesis and transpiration of a single leaf or seedlings of Citrus species were compared to clarify the responses to climatic conditions of Citrus species.

The light compensation point of a single leaf was 1.5 to 3.5 klx, which was similar in all species tested. There were remarkable difference, on the other hand, in the light saturation point among the species tested. That is, it was 10 to 20 klx in 'Morita' Navel orange, 30 to 40 klx in other several species and seemed to be 50 klx or more in 'Iyo'.

The optimum temperature for photosynthesis of a single leaf was about 25°C, though there was little difference depending on temperature at 20 to 35°C, in Wase and Common Satsuma mandarin. It was, however, a little higher, i. e. about 30°C, in 'Ohta' Ponkan and 'Kawano' Natsudaidai.

The photosynthetic characteristics of the seedlings were similar to those of a single leaf, except that the light compensation point was slightly lower and light saturation point was higher than those of a single leaf.

The transpiration rate increased as temperature rose up to 30°C, decreasing at 35°C to a certain extent depending on the species. The transpiration rate of a single leaf of 'Morita' Navel orange was hardly dependent on the temperature. It was suggested, therefore, 'Morita' Navel orange had a typical characteristic as to the temperature response of transpiration rate.

緒 言

我が国ではウンシュウミカンを始め、中晩生カンキツの多くの種、品数が次々と導入され、同じ産地内で栽培されている。すなわち、近年ウンシュウミカンの生産過剰に伴い、熟期の異なるより高品質な果実を生産する新品種の育成、内外からの導入が随所に行われ、それぞれの気象的適地条件が明らかにされた上で栽培されているとは必ずしもいえないのが実状である。よって、主要な種、品種の気象的栽培適地条件をあらかじめ明らかにしておく必要があると考えるが、それは各種カンキツの生態的特性の種間差があることから、まず生態的特性を明らかにしておかなければならないと考えた。その基礎と

なる物質生産、すなわち温度に対応した光合成能の種、品種間差異を明らかにしておこうとするのが、本研究の内容である。葉の光合成速度の種、品種間差並びに特性について、温度、及び光条件と関連させて測定したが、得られた資料が気象的適地条件を考察する場合の基礎となれば幸である。

材料及び方法

1. 個葉の光合成及び蒸散速度の測定

(1) 供試材料

青島系普通温州、興津系早生温州（以上、*Citrus unshiu* MARC.）、ハッサク（*C. hassaku* Hort. ex. TANAKA）、'川野' ナツダイダイ（*C. natsudaidai* HAYATA）、'太田系' ボンカン（*C. reticulata* BLANCO）、'宮内' イヨ（*C. iyo* Hort. ex. TANAKA）、'森田' ネーブルオレンジ

¹ 1985年6月3日 受理

(*C. sinensis* Osbeck), のカラタチ台2年生幼樹を, 1982年6月に神奈川県園芸試験場根府川分場より入手し, 1/2000ワグネルポットに栽植して, 筑波大学農林技術センターの無加温ビニールハウス内で生育させた. 冬期は最低温度5°C維持のガラス室, または地中熱交換ハウスに移した. 1983年3月上旬, 1984年3月上旬に発芽がみられた. 個葉の光合成測定に供試した幼樹は比較的中庸なものをを用いた.

(2) 光合成測定

小糸工業製の光合成測定装置を用い, アクリル樹脂製の同化箱 (17.0×30.0×9.0, 13.5×37.0×6.0 cm) に, 葉齢4~5か月の着生葉を大きさにより1~5枚入れ, 流量 2.5~4.0 l·min⁻¹ の空気を流し, 入口と出口でCO₂濃度を赤外線ガス分析計により測定し, その差から光合成速度を算出した. 測定中は同化箱内取り付けの電動ファンの出力を常に70%に設定した. ちなみに, ファンの出力が100%の時は同化箱内の風速はおよそ2.0 m·sec⁻¹となる. 同化箱内に導入した空気のCO₂濃度は, およそ300~380 ppmであった. また, 相対湿度は導入空気の露点温度を調節することにより常に60%とした. すなわち, 導入空気は加湿器により, 相対湿度を飽和状態にした後除湿器により, 設定露点温度に除湿して相対湿度を調節した.

(3) 蒸散速度の測定

同化箱の入口及び出口の露点温度が一致するように, 除湿器と同化箱内の間を常に循環する空気 (4~8 l·min⁻¹) の露点温度を調節し, その差より蒸散量を算出した.

(4) 設定条件

1982年10月上旬~11月下旬にかけて, 照度 0, 10, 30, 50 klx と気温 20, 25, 30°C の各組合せを設定し, 2時間この設定条件に供試葉を順化させたのち (以下の実験も同じ) 測定を行った.

1983年9~10月には気温 35°C, 照度を0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 klx で測定した. なお, ポンカンのみは1984年5~6月に測定した.

各々の測定は2回行い, 測定終了後, 供試葉を取り均質のコピー用紙にコピーした後, 紙の重さを測定して面積に換算した.

葉温は銅-コンスタンタン熱電対を葉の裏面に粘着テープで付けて測定した.

2. 幼齡実生の光合成測定

大津系及び尾張系普通温州, 松本早生温州, イヨ, 宮内'イヨ, '川野' 夏ダイダイ, '福原' オレンジ, '吉田' ネーブルオレンジ, のいずれも多胚種子の珠心胚由来の

2年生実生を供試した. すなわち, 1983年4月に播種し, ビニールハウス内で生育させ, 発生生育した新梢を12月に切り返した. 1984年3月上旬~4月上旬に切り返した枝の先端から発芽した新梢を, 測定に供試するまでビニールハウス内の同一環境状態で生育させた. 1984年6月の第1回測定終了後, 7月上旬に再び切り返し, その後すぐに先端から発芽伸長した新梢1本の状態のものを供試して, 9月の第2回測定を行った. 実生の高さはおおむね10~15 cm であり, その葉数は5~10枚であった. 各1個体を供試して第1回は, 温度 20, 25, 30°C と照度 0, 10, 20, 30, 40 klx の各々の組合せについて, 第2回は温度を35°Cに一定とし, 照度を0, 10, 20, 30, 40 klx について測定した. 相対湿度は60%一定とした.

光合成速度, 蒸散速度の測定は1.と同様の装置, 方法を用いた. なお, 同化箱内に導入した空気は3~4.5 l·min⁻¹で, そのCO₂濃度は280~360 ppmであった.

本実験では実生の地上部全体の光合成速度を測定するため, 同化箱は縦20 cm×横30 cm×高さ32 cmのものをを用い, 実生を径10 cmのポットごと同化箱内に入れた. なお, 測定時における土壌由来のCO₂, O₂の影響を除くため, 根際までポット全体を厚さ0.05 mmのビニール袋内に入れ, 袋内の空気はポンプで吸引して負圧状態とした.

葉温は銅-コンスタンタン熱電対を, 実生の中位にある葉の裏面に付けて測定した. 照度は実生の頂部において測定した. 光合成測定終了後に地上部を切り取り, 葉面積は自動面積計 (林電機工業) で測定し, 乾物重は3昼夜, 通風乾燥した後測定した.

結 果

1. 個葉における光合成及び蒸散

各種の光合成-光曲線を第1~7図に示した. 光補償点は1.5~3.5 klx にあり, 品種による大きな差はなかった. また, 光飽和点はイヨ及び'森田' ネーブルオレンジを除く5種では30~40 klx の間にあった. イヨでは光飽和点は明らかでなく, 50 klx よりもさらに高い点にあると思われた. '森田' ネーブルオレンジでは他種よりも低い10~20 klx にあると思われた.

光飽和状態での光合成速度は種間で差がみられ, 青島, ハッサク, '川野' ナツダイダイで高く12 mg·CO₂/dm²/h 前後を示し, '森田' ネーブルオレンジでは最も低く6 mg·CO₂/dm²/h 前後であった.

ウンシュウミカンの青島及び興津早生では, 光合成速度は25°Cで最も高く (第1図B, 第2図B), '川野' ナツダイダイや'太田' ポンカンでは30°C (第7図B, 第4図B) 前後で最も高いことがわかり, 光合成速度の最

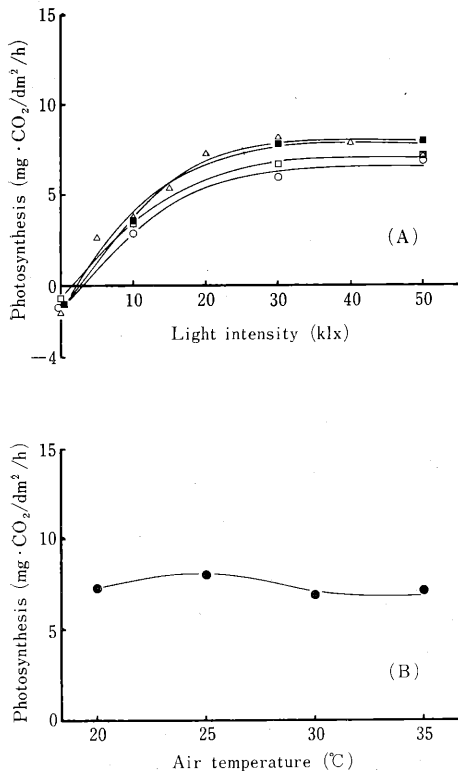


Fig. 1. Effect of light intensity on photosynthesis at 20, 25, 30, 35°C (A), and effect of temperature on photosynthesis under light saturation point (B), for the leaf of 'Okitsu' wase Satsuma mandarin. Each point is the mean of 2 applications. □—□; 20°C, ■—■; 25°C, ○—○; 30°C, △—△; 35°C.

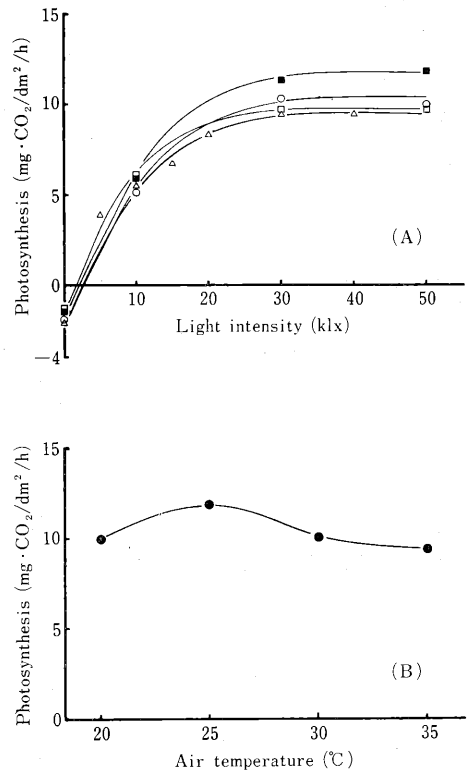


Fig. 2. Effect of light intensity on photosynthesis at 20, 25, 30, 35°C (A), and effect of temperature on photosynthesis under light saturation point (B), for the leaf of 'Aoshima' Satsuma mandarin. Each point is the mean of 2 applications. □—□; 20°C, ■—■; 25°C, ○—○; 30°C, △—△; 35°C.

も盛んな温度域が種間により差のあることがわかる。また、興津早生では、光合成—温度曲線の上昇・下降が他種に比べて鈍く、最も光合成速度の高い 25°C と、それ以外の 3 温度でもほぼ同じ光合成速度を示し、25°C の光合成速度を 100 とした場合、20, 30, 35°C ではそれぞれ 92.0, 87.0, 91.6 である。青島温州も興津早生に近い傾向にある。一方、'太田' ポンカン、'川野' ナツダイダイの場合、30°C を 100 とすると 20, 25, 35°C では、前者で 68.6, 82.6, 70.4、後者で 76.5, 82.0, 69.0 となり、適温の前後では光合成速度の減少が大きいことがわかる。

第 1 表には、各種の蒸散速度と温度の関係について示した。一般に温度が高くなるにつれて蒸散速度も高まるが、35°C においては低下する傾向がみられた。また、'森田' ネーブルオレンジのみは、各温度における差は全く特異な傾向を示した。

2. 幼齡実生の光合成及び蒸散

各実生の全地上部の光合成—光曲線を、第 8 図に示し

た。25°C についてのみ示したが、光補償点は 1.0~2.5 klx で個葉のそれと比べて一般に低くなっている。しかしながら、光飽和点は全ての品種で 40 klx 以上にある

Table 1. Changes in transpiration rate by the leaf in relation to air temperature.

Species	Air temperature (°C)			
	20	25	30	35
'Okitsu' wase Satsuma mandarin	0.46	0.40	g · H ₂ O/dm ² /h 0.71 0.41	
'Aoshima' Satsuma mandarin	0.41	—	1.19	1.18
'Morita' Navel orange	0.36	—	0.33	0.35
'Ohta' Ponkan	0.50	0.56	1.15	—
Hassaku	0.69	0.81	1.19	—
'Miyachi' Iyo	0.48	0.34	0.55	0.30
'Kawano' Natsudaikai	0.20	0.29	0.60	0.43

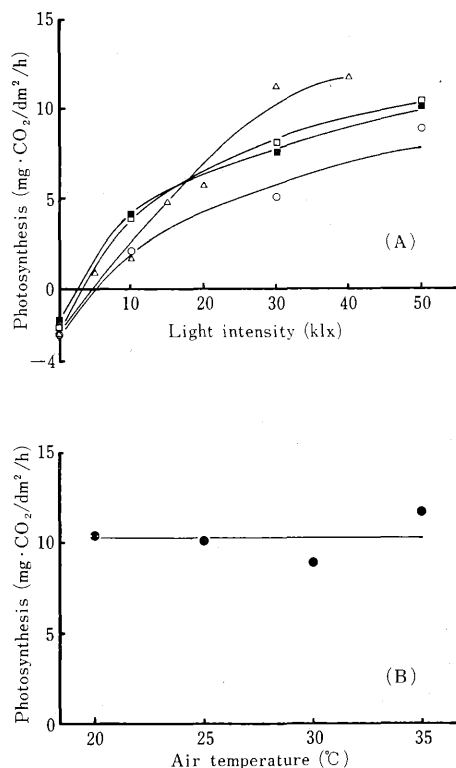


Fig. 3. Effect of light intensity on photosynthesis at 20, 25, 30, 35°C (A), and effect of temperature on photosynthesis under light saturation point (B), for the leaf of 'Miyachi' Iyo. Each point is the mean of 2 applications. □—□; 20°C, ■—■; 25°C, ○—○; 30°C, △—△; 35°C.

と思われ、個葉に比べると高い値を示した。本実験では、高さ 10~15 cm の実生を供試し、光強度は実生の頂部で測定した。したがって、下部葉においては測定値よりも低い光強度であるため、光飽和点に達していなかったと思われる。また、光合成速度は個葉に比べて高い値を示しているが、これは基部も光合成を行っていたためと考えられる。そこで、乾物 1 g 当たりの光合成速度についても算出したが、葉面積当たりの値と比べてわずかに低い値を示し、その傾向に差はみられなかった。

第 9 図に各種の光合成—温度曲線を、乾物ベース、葉面積ベースについて示した。松本早生、大津温州では各温度における光合成速度に差は少なく、尾張温州では 25°C において最も高い値を示した。'福原' オレンジ、'宮内' イヨでは 25°C で最も高く、'吉田' ネーブル オレンジでは 30°C で最も高い値を示した。

第 2 表には水利用率 (mm · CO₂/mm · H₂O/dm²/h) の温度変化について示した。温度が高くなるにつれて、

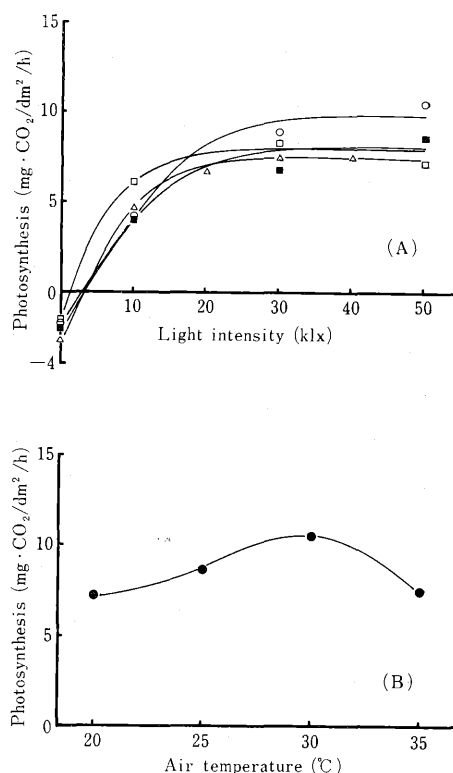


Fig. 4. Effect of light intensity on photosynthesis at 20, 25, 30, 35°C (A), and effect of temperature on photosynthesis under light saturation point (B), for the leaf of 'Ohta' Ponkan. Each point is the mean of 2 applications. □—□; 20°C, ■—■; 25°C, ○—○; 30°C, △—△; 35°C.

水利用率は低くなる傾向にある。このことは、光合成速度の低下、または蒸散速度の増加によって引き起こされることが考えられるが、光合成速度の最も大きい温度が 25°C 前後であるウンシュウミカン、'福原' オレンジ、'宮内' イヨと 30°C 前後である'川野' ナツダイダイで傾向に差はみられない。また、第 3 表に蒸散速度と温度との関係について示したが、その関係においては明らかな種間差はみられなかった。

考 察

光合成に関する研究は、我が国ではウンシュウミカン (14, 15) において、またオレンジ (11, 19)、グレープフルーツ (19)、レモン (11) についても行われている。しかしながら、同一条件下で複数の種、品種の光合成速度を測定、比較し、その温度、光条件の違いによる特性を明確にしようとしたものは少ない。わずかに吉村、岩川ら (20, 21) が、リーフパンチ法により同化量及び呼吸量を測定し、その生態的特性について検討した例があるのみ

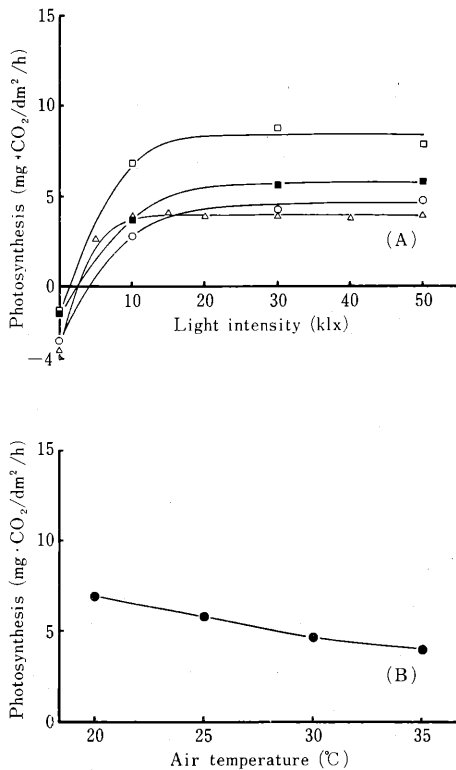


Fig. 5. Effect of light intensity on photosynthesis at 20, 25, 30, 35°C (A), and effect of temperature on photosynthesis under light saturation point (B), for the leaf of 'Morita' Navel orange. Each point is the mean of 2 applications. □—□; 20°C, ■—■; 25°C, ○—○; 30°C, △—△ 35°C.

Table 2. Changes in water-use efficiency of the whole seedling in relation to air temperature.

Species	Air temperature (°C)			
	20	25	30	35
'Matsumoto' wase Satsuma mandarin	6.7	9.4	1.2	5.1
'Ohtsu' Satsuma mandarin	6.9	6.3	2.7	2.3
'Owari' Satsuma mandarin	14.2	6.8	10.5	—
'Fukuhara' Orange	5.4	6.7	6.0	1.5
'Yoshida' Navel orange	14.8	10.7	3.8	20.2
'Miyauchi' Iyo	8.2	5.7	3.6	3.6
Iyo	48.0	14.3	7.6	—
'Kawano' Natsudaaidai	6.7	8.9	5.6	2.1

で、光合成速度を直接求めて検討しようとしたものは少ない。本実験により、複数の種、品種を同一条件下で栽培した場合、その光合成特性に差があることが明らかと

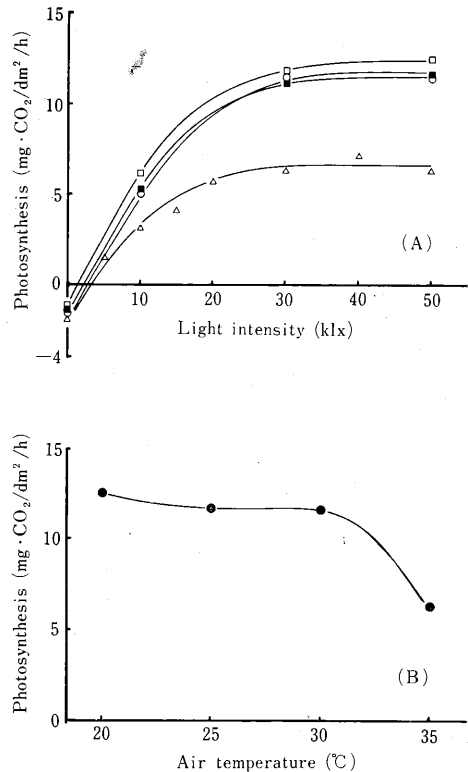


Fig. 6. Effect of light intensity on photosynthesis at 20, 25, 30, 35°C (A), and effect of temperature on photosynthesis under light saturation point (B), for the leaf of Hassaku. Each point is the mean of 2 applications. □—□; 20°C, ■—■; 25°C, ○—○; 30°C, △—△; 35°C.

Table 3. Changes in transpiration rate by the whole seedling in relation to air temperature.

Species	Air temperature (°C)			
	20	25	30	35
'Matsumoto' wase Satsuma mandarin	0.48	0.50	1.94	0.96
'Ohtsu' Satsuma mandarin	0.78	0.85	1.95	2.34
'Owari' Satsuma mandarin	0.31	0.97	0.55	—
'Fukuhara' Orange	1.56	1.33	1.31	2.94
'Yoshida' Navel orange	0.59	0.76	2.51	0.20
'Miyauchi' Iyo	0.74	1.36	1.71	1.13
Iyo	0.17	0.52	0.98	—
'Kawano' Natsudaaidai	1.28	0.56	1.39	1.29

なった。

光合成速度に影響を及ぼす要因として、測定に供試する葉の生育期間中の光条件 (1, 2, 3, 14, 19) や葉の窒素含

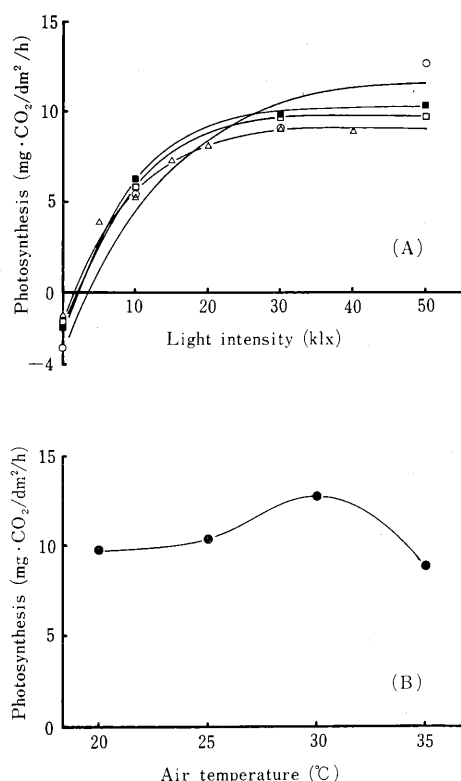


Fig. 7. Effect of light intensity on photosynthesis at 20, 25, 30, 35°C (A), and effect of temperature on photosynthesis under light saturation point (B), for the leaf of 'Kawano' Natsudaidai. Each point is the mean of 2 applications. □—□; 20°C, ■—■; 25°C, ○—○; 30°C, △—△; 35°C.

量(7, 8)が知られている。グレープフルーツとオレンジ(18)において生育期の光条件を変えた場合、葉の厚さ、葉肉組織の密度が低下し、葉肉組織の空隙が増加したと報告されている。ウンシュウミカンにおいても生育期の受光量が低下するにつれて、単位面積当たりの気孔数、葉身の厚さ、及び柵状組織の厚さが低下し、さらに柵状組織の配列が乱れる傾向を示した(1)との報告がある。また、10種類の genotype のトマトを用いて光合成速度と葉の構造について調査した結果、genotype 間に葉の単位面積当たりの重さに差がみられ、そして光合成速度との間に高い相関がみられたとの報告もある(9)。本実験に供試した樹は全て同一環境下で生育させており、生育期の受光量に差はなかったと考えられ、種間に葉の構造に差があるのではないかとと思われる。また、アザレアにおいては葉の物理的特性だけでなく、CO₂ 固定経路における RuBPC/RuBPO 率において品種間差がみられること(6)、さらにコムギにおいて、冬期戸外で生育させ

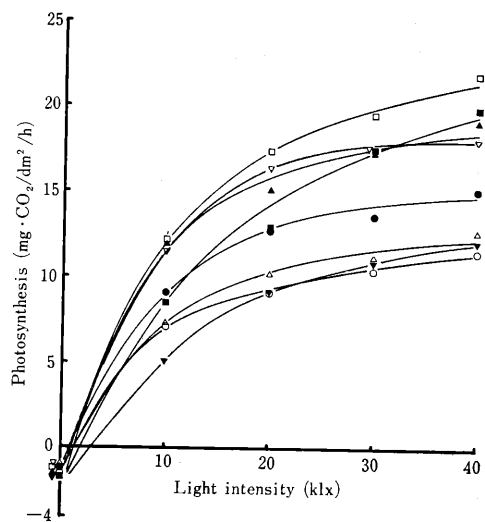


Fig. 8. Effect of light intensity on photosynthesis at 25°C for the whole seedling. ○—○; 'Matsumoto' wase, ●—●; 'Owari' Satsuma mandarin, △—△; 'Ohtsu' Satsuma mandarin, □—□; 'Fukuhara' Orange, ■—■; 'Yoshida' Navel orange, ▲—▲; 'Miyauchi' Iyo, ▽—▽; 'Kawano' Natsudaidai.

た個体と 25/20°C (昼/夜温度) のガラス室で生育させた個体と比較した場合、前者で光合成適温が低く、RuDP カルボキシラーゼ活性が1/3であった(16, 17)との報告もある。これらのことから、葉の物理的な構造や CO₂ 固定経路の酵素活性が、各種において最も光合成速度を高められる生育環境がその種の生育適地と考えることもできよう。

小野ら(14, 15)は南柑4号温州を供試して光合成に関する研究を行い、光合成速度が最大になる温度は季節により異なり、7～8月の盛夏期では 28～29°C、10月では 22°C であったと報告している。この結果は本実験結果と大差はないであろう。本実験では光合成速度の最も盛んな温度域はウンシュウミカンに比べて、'太田' ポンカンや'川野' ナツダイダイで高く温度上の適地を考える上の参考となろう。中川(13)によると、我が国におけるウンシュウミカンの望ましい産地は、年平均気温が16～17°C、10°C 以上の有効積算温度が 2600～2700°C であるが、北限である筑波山山麓や鹿島、佐渡などでは有効積算温度が 1900～2000°C に過ぎず、ウンシュウミカンの産地は、'川野' ナツダイダイやポンカンに比べて低温な地域から高温な地域まで広がっている。これはウンシュウミカンの光合成特性、すなわち、温度の高低による光合成速度の差が少ない性質とも関連しているとも考えら

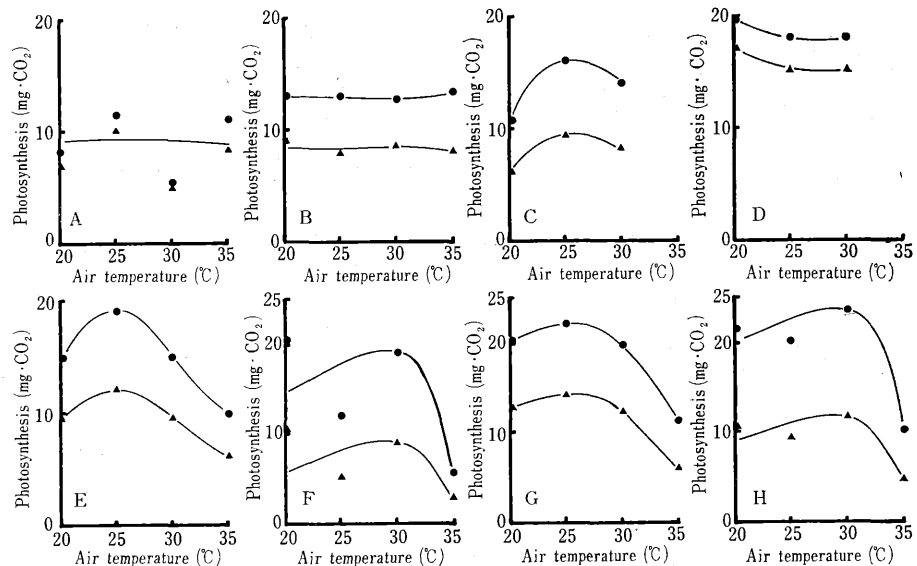


Fig. 9. Effect of temperature on photosynthesis under 40 klx for the whole seedling. ●—●; mg·CO₂/dm²/h. ▲—▲; mg·CO₂/g dry wt/h.
 A; 'Matsumoto' wase, B; 'Ohtsu' Satsuma mandarin, C; 'Owari' Satsuma mandarin, D; Iyo, E; 'Miyauichi' Iyo, F; 'Kawano' Natsudaidai, G; 'Fukuhara' Orange, H; 'Yoshida' Navel orange.

れる。しかし、吉村、岩川ら(22)は各種のカンキツを供試して呼吸量と温度との関係について調査した結果、ナツダイダイやネーブルオレンジは温度の上昇に伴う呼吸量の増加が早生温州や普通温州に比べて低く、比較的耐暑性が高く、早生温州や普通温州は比較的耐暑性に劣ると考察している。本実験では、データは示していないが個葉における暗呼吸の温度の上昇に伴う増加は、'森田'ネーブルオレンジで最も高く、他種では大差はなかった。

Ceulmens ら(4, 5)は、生育特性の異なる2品種のアザレアを供試して、水-ストレス状態に置かれた場合、単位面積当たりの気孔数は少ないが、個々の気孔の大きな品種において気孔抵抗は小さく、蒸散速度の高いこと、さらに適度の湿度条件下に置かれた時には光合成速度が高く水利用効率が低いことを報告している。本実験では、個葉及び実生の光合成測定前に十分な灌水を行っており、土壌の湿度条件に差はない。また、個葉及び実生における測定共にその地下部の温度は、測定時に設定した気温、20, 25, 30, 35°C に近い温度になっていたと考えられる。小野ら(2)はウンシュウミカンにおいて、地温と光合成速度との関係について調査した結果、地温が15°Cから40°Cに上昇するにつれ光合成速度は低下した。また、ウンシュウミカンは地温が20~25°Cで吸水及び蒸散速度が最高となり、それ以上になると根の活力が衰え(12)、葉の水ポテンシャルは高くなり光合成速度が低下

すると考えられる(14)ことから、蒸散速度も地温の上昇に伴い低下すると考えられる。本実験において、35°Cにおける蒸散速度の低下は、高温による呼吸量の増大に伴う葉肉間隙のCO₂濃度の増加による気孔の閉鎖によると考えられるが、'森田'ネーブルオレンジの個葉や'吉田'ネーブルオレンジの実生に見られる蒸散速度及び水利用効率の特異的な現象は、地下部の温度の影響であることが十分に考えられる。さらに、'吉田'ネーブルオレンジの実生でみられるように、35°Cにおける光合成速度の大きな低下などから、ネーブルオレンジは高温域では生育に適していないと推察される。

摘 要

7種の2年生カンキツの着生個葉、及び8種のカンキツ実生の地上部全体を供試して、光合成速度及び蒸散速度を測定し、その特性から気象反応の解析を試みた。

個葉における光補償点は1.5~3.5 klxにあり、種間に差は少なかったが、光飽和点は興津早生温州、青島温州、ハッサク、'川野'ナツダイダイ、及び'太田系'ボンカンでは30~40 klxの間にあった。'森田'ネーブルオレンジでは、10~20 klxの間にあり、イヨでは50 klx以上の点にあると思われた。光合成の最も盛んな温度は、青島温州、興津早生温州では25°C前後にあり、20~35°Cの温度範囲では光合成速度の変化は、比較的小さかった。しかし、'太田'ボンカン及び'川野'ナツダイダイで

は光合成適温は、30℃ 前後と高かった。

実生全体で測定した結果、光補償点がわずかに低くなったこと、光飽和点が高くなったこと以外は、個葉の結果と大差はなかった。

蒸散速度は、温度が高くなるにつれて増加したが、35℃ ではわずかに低下する傾向にあった。‘森田’ネーブルオレンジの個葉における蒸散速度は、温度が変化してもその値に大きな差はみられず、他種とは異なった傾向を示した。

引用文献

1. 天野勝司・日野昭・大東宏・倉岡唯行. 1972. 果樹の光合成作用に関する研究. 第1報. 環境条件が光合成速度に及ぼす影響. 園学雑. 4: 144—150.
2. BARDEN, J. A. 1974. Net photosynthesis, dark respiration, specific leaf weight and growth of young apple trees as influenced by light regime. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99: 547—551.
3. BARDEN, J. A. 1977. Apple tree growth, net photosynthesis, dark respiration, and specific leaf weight as affected by continuous and intermittent shade. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102: 391—394.
4. CEULEMANS, R., I. IMPENS and R. GABRIELS. 1979. Comparative study of leaf water potential, diffusion resistance, and transpiration, of Azalea cultivars subjected to water stress. Hort-Science. 14: 507—509.
5. CEULEMANS, R., I. IMPENS and R. GABRIELS. 1980. Comparative study of photosynthesis, transpiration, diffusion resistances and water-use efficiency of two Azalea cultivars. Scientia Hort. 13: 283—288.
6. CEULEMANS, R., J. HEURSEL, N. IBRAHIM and I. IMPENS. 1984. Variations among physiological, morphological and biological characteristics of evergreen Azalea (*Rhododendron simsii* Planch.) cultivars. Scientia Hort. 22: 147—155.
7. DEJONG, T. M. 1982. Leaf nitrogen content and CO₂ assimilation capacity in peach. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107: 955—959.
8. DEJONG, T. M. 1983. CO₂ assimilation characteristics of five prunus tree fruit species. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108: 303—307.
9. GOSIEWSKI, W., H. J. M. NILWILK and J. F. BIERHUIZEN. 1982. The influence of temperature on photosynthesis of different tomato genotypes. Scientia Hort. 16: 109—115.
10. 日野昭・天野勝司・沢村泰則. 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. 43: 209—214.
11. KRIEDMANN, P. E. 1968. Some photosynthetic characteristics of citrus leaves. Aust. J. biol. Sci. 21: 895—905.
12. 松本和夫. 1973. 柑橘園芸新書. p. 52—53. 養賢堂. 東京.
13. 中川行夫. 1969. 果樹の気象的適地条件に関する研究. 6. 世界のカンキツ産地の気象解析. 園試報. A 8: 73—93.
14. 小野祐幸・工勝和典・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.
15. 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.
16. SAWADA, S. and S. MIYACHI. 1974. Effect of growth temperature on photosynthetic carbon metabolism in green plant. I. Photosynthetic activities of various plants acclimatized to varied temperatures. Plant & Cell physiol. 15: 111—120.
17. SAWADA, S. and S. MIYACHI. 1974. Effect of growth temperature on photosynthetic carbon metabolism in green plants. II. Photosynthetic CO₂-incorporation in plants acclimatized to varied temperatures. Plant & Cell Physiol. 15: 225—238.
18. 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.
19. 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.
20. 吉村不二男・岩川孝. 1956. 柑橘類の生態学的研究. 第2報. 同化量・転流量の日変化及び同化作用の適温. 高知大学学研報. 5(4): 1—14.
21. 吉村不二男・岩川孝. 1957. 柑橘類の生態学的研究. 第1報. 見掛けの同化量について. 高知大学学研報. 6(4): 1—11.
22. 吉村不二男・岩川孝. 1957. 柑橘類の生態学的研究. 第3報. 温度と呼吸量及び転移量との関係. 園学研集. 8: 55—58.