

# 赤色光域の光がイヨカン果実の着色及び 糖、酸の組成と含量に及ぼす影響

渡部 潤一郎・秋好 広明・天野 勝司  
井上 荘三・門屋 一臣

## Effect of Red light Irradiation on the Coloring and Sugar and Acid Contents of Iyo Fruit

Junichiro WATANABE, Hiroaki AKIYOSHI, Shoji AMANO  
Shozo INOUE and Kazuomi KADOYA

### 緒 言

最近における果実の消費動向をみると、総じて減少傾向にあり、かつ多様化と高品質指向にあるといえる。この様な消費環境の中で、果樹農家はその対策として、ウンシュウミカンから中晩生カンキツへの品種更新を推進してきた。しかし、この中晩生カンキツ類も、価格が頭打ち状態である。また、日本に対する果実輸入の圧力が一層強まることが予想される一方、果実の輸出は円高基調の下に伸び悩んでいる。このような状況は、わが国におけるカンキツの栽培が一層厳しい環境下にあることを示している。昭和61年度に改正された果樹振興法は、わが国果樹産業の実情を踏まえて、生産基盤の強化と高品質果実の生産による消費の拡大及び輸出の促進を図ることを掲げている。高品質果実の定義は人によって異なるが、少なくとも、果汁中の糖度が高く、いわゆる甘酸相和していることが必須の条件で、さらに、果面の着色もまた無視できない要因である。中晩生カンキツでは、樹上における果実の凍害を恐れて、色づきが不十分なままで早採りする傾向がある。そのため、採取された果実の着色促進が大きな課題となっている。したがって、適正な貯蔵条件を探索する中で、光要因が貯蔵中の果実の着色促進に対して大きく関与しており、特に赤色光域の光が大きな影響を及ぼすことが判明したので、ここに報告する。

### 材料及び方法

試験に使用したイヨカンの果実は、1986年1月9日に57年生普通イヨの樹から収穫し、それを1月13日に貯蔵箱に入れて、ユニット型低温貯蔵庫（温度は8°C~10°C）内に置いた。貯蔵箱の果実は果梗部を上にして並べた。処理区は水銀灯の照射処理をした区のみとして、対照区とともに1区10果を

4 反復した。照射に使用した水銀灯は松下電工製ハイビーム水銀灯100W (HF100X) を用い、果実上 1 m の距離から連続的に照射した。果面温度、室温及び外気温は熱電対を用い 2 時間おきに記録計を用いて測定した。果実の色調測定は 1 月 9 日から 3 月 27 日まで 4 回行った。測定方法は果頂、赤道及び果梗の 3 部位について、デジタルカラーメーター(東京電色の TC360OP 型)で測定した。なお、相対湿度については、80~90% に保つように管理した。すなわち、乾燥気味の場合には、水槽に水を入れて庫内に置き、また、湿度の高い場合には、換気扇により外気を導入した。

果皮及び果汁中の糖と有機酸の分析は、日立635A の液体クロマトグラフを使用した。すなわち、果汁については 1.2 $\mu$ m の薄膜フィルターでろ過し、糖はそのまま、また、有機酸は 10 倍に希釈して注入した。一方、果皮は 80% MeOH に浸してミキサーにかけ、それを湯煎器に 1 時間かけて抽出し、その後エバポレーターで MeOH を蒸発し、さらに、ZnSO<sub>4</sub>・Ba(OH)<sub>2</sub> で除タンパクした後、エバポレーターで水分を除き、1.2 $\mu$ m 薄膜フィルターでろ過し、糖はそのまま、有機酸は 10 倍に希釈して注入した。

## 結 果

### (1) 果面温度

6 時と 16 時の果面温度の日変化を示したのが図-1 である。1 月 17 日から 3 月 27 日までの果面温度の最も低い 6 時と最も高い 16 時の日変化では、どちらの時刻もほぼ同じ傾向を示した。また、対照区

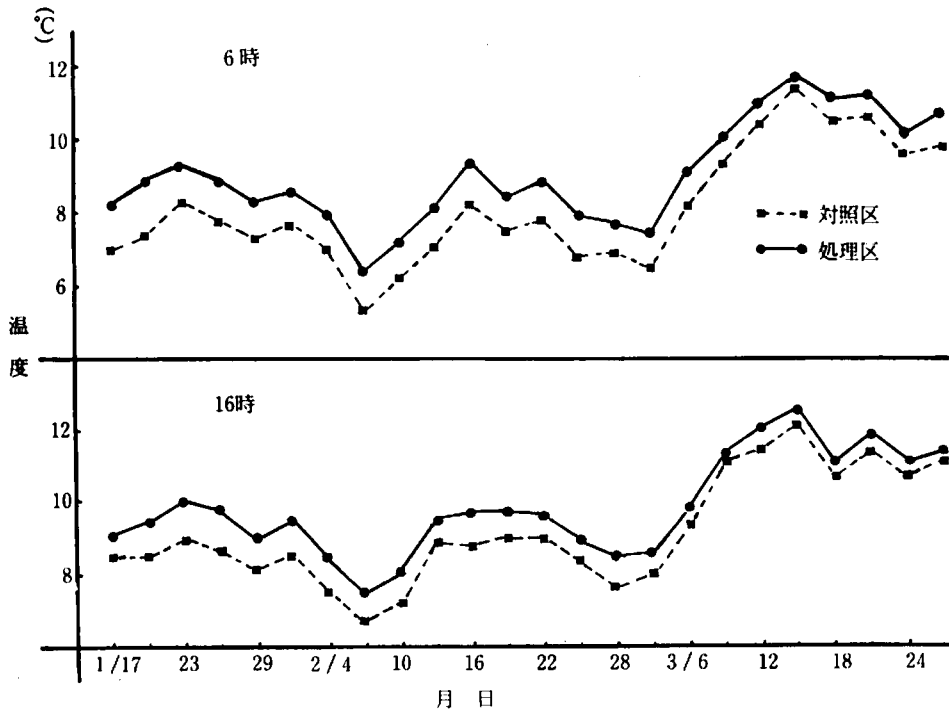


図-1 果面温度の日変化

に比べて赤色光域の光照射区は果面温度が高かった。その差は、1月及び2月には1.5°C程度で、また、3月には0.5°C以下であった。

一方、照射処理による果面温度の24時間にわたる時間的な変化を示したのが図-2である。処理による影響は6時から12時までが最も大きく、対照区と処理区の果面温度の差が0.7°Cであった。しかし、総じて果面温度の差は小さいと言える。

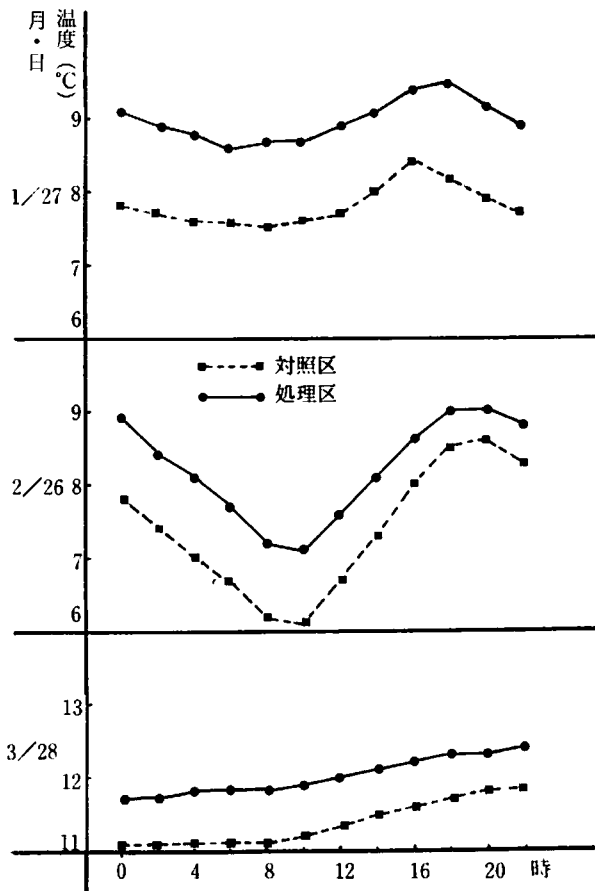


図-2 果面温度の時間的变化

## (2) 光の照射処理が着色に及ぼす影響

### (A) a 値

果頂部 採収直後の1月9日におけるa値は処理区でやや高かった。しかし、その時のa値は4~5程度で、この程度のa値では、いずれも肉眼で濃緑色に見えた。しかし、採収39日後の2月17日では処理の効果が高く、a値に3.0の差があり、また、3月6日になると3.9の差を生じ、明らかに処理の効果が認められた。しかし、最終調査日の3月27日には再び差が小さくなった。

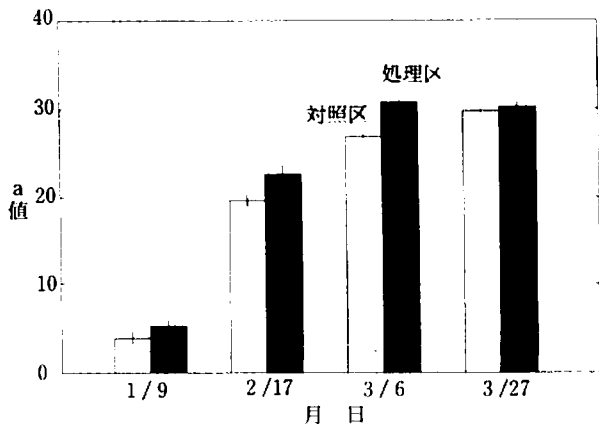


図-3 赤色光域の光処理と果頂部のa値

赤道部 赤道部においても、a 値は処理区の方が高い値を示した。すなわち、2月17日の調査ではa 値で4.4の差があり、光の照射処理による着色増進の効果が顕著であった。また、3月6日においてはa 値の差が5.0であった。しかし、3月27日になると果頂部と同様にa 値の差が小さくなった。

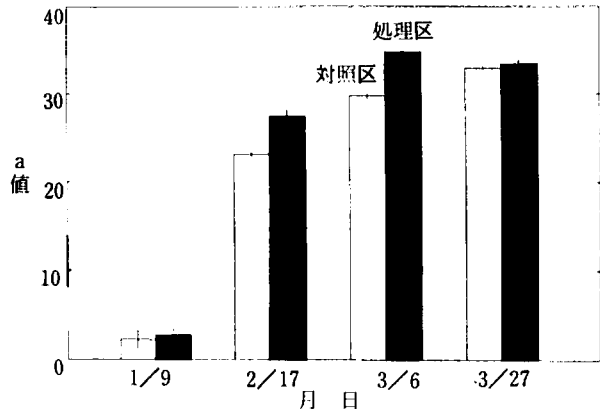


図-4 赤色光域の光処理と赤道部のa 値

果梗部 果梗部においては2月17日の調査で、照射処理によって対照区よりa 値が5.3も高くなり、着色が著しく進んでいることが分かる。これは、光が直接果梗部に当たったため、果頂部よりも着色が増進したものと考えられる。また、3月6日と3月27日については、果頂部や赤道部と同様の傾向であった。

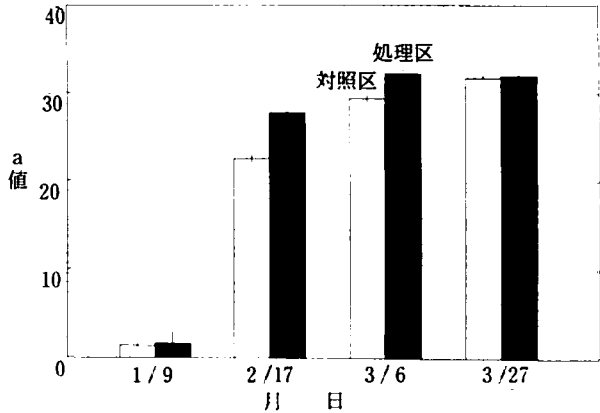


図-5 赤色光域の光処理と果梗部のa 値

(B) b 値

果頂部 採取直後のb 値は処理区の方が1.0高かった。しかし、照射処理39日後の2月17日には対照区よりも0.7低くなった。すなわち、処理区の果実で着色の進んでいることがうかがえる。以後、3月6日に1.6、3月27日に1.3の差があり、次第に照射処理による効果が現われている。

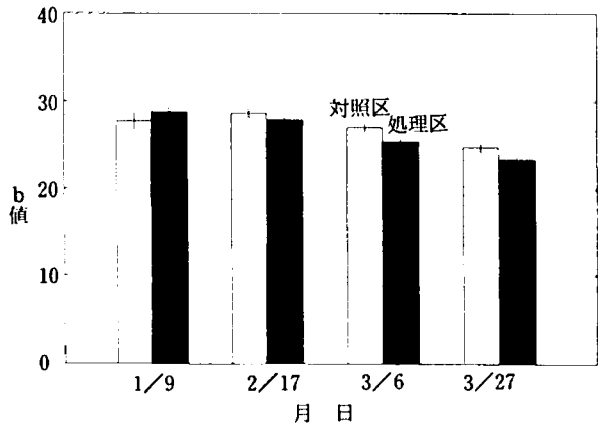


図-6 赤色光域の光処理と果頂部のb 値

赤道部 赤道部におけるb値の推移については果頂部と同様の傾向を示した。すなわち、3月6日には処理区との差が2.2で、3月27日には2.0であった。

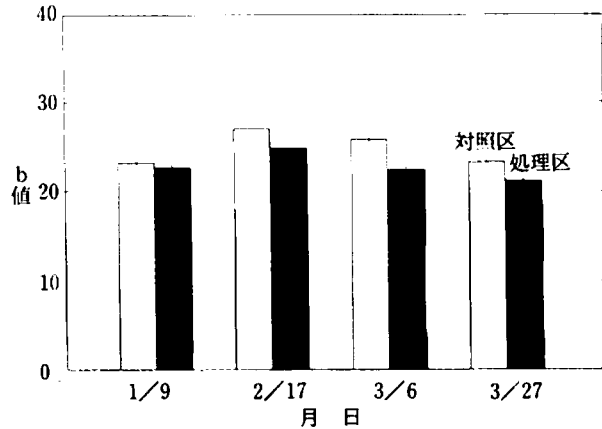


図-7 赤色光域の光処理と赤道部のb値

果梗部 果梗部は光が直接果面に当たった関係で、b値の減少も大きく2月17日には処理区との差が2.2あり、さらに、3月6日には3.3の差がみられた。しかし、3月27日には再び減少して2.2の差となった。

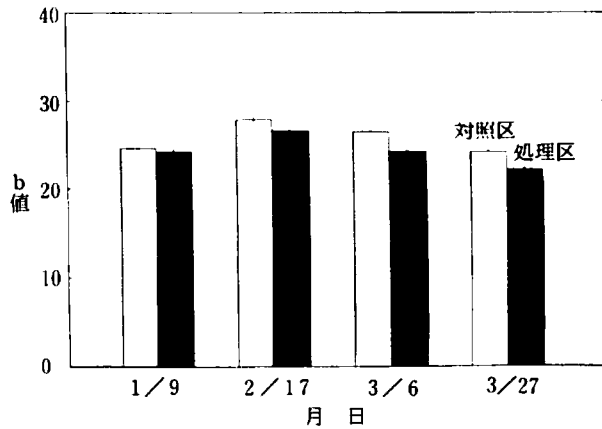


図-8 赤色光域の光処理と果梗部のb値

### (C) 彩度

果頂部 果頂部の彩度は、収穫直後の1月9日においては処理区の果実の方が高い。しかし、その程度は小さく、最終調査の3月27日には、むしろ、対照区の果実の方が高くなった。

赤道部 赤道部の彩度は、対照区の果実で収穫直後に高かったが、以後の測定日においては光の照射処理によって彩度が増加し、3月6日には2.5の差があり、最終調査日でも1.2の差を保っていた。

果梗部 果梗部においても、収穫直後の1月9日には、果実の彩度が処理区の方で低かった。しかし、2月17日になると、光の照射によって果皮色の鮮かさが増していた。しかし、それ以後は対照区の果実も着色が進み、最終調査の3月27日には対照区に比べて処理区の果実の彩度の方が低かった。

### (D) 色相

果頂部 果頂部の色相は光の照射処理によって良好となった。しかし、その程度は他の部位に比べて最も低かった。最終調査の3月27日における対照区との差は、収穫直後の1月9日よりも少なくなった。

赤道部 赤道部では2月17日までの間に色相が著しく良好となり、3月6日にはやや低下し、

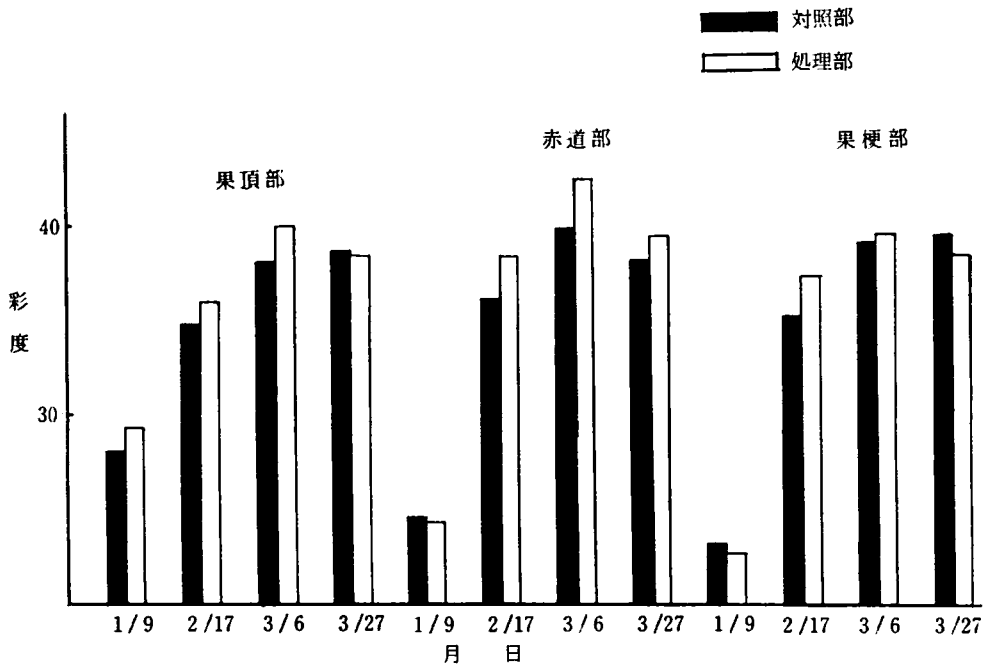


図-9 赤色光域の光処理と彩度

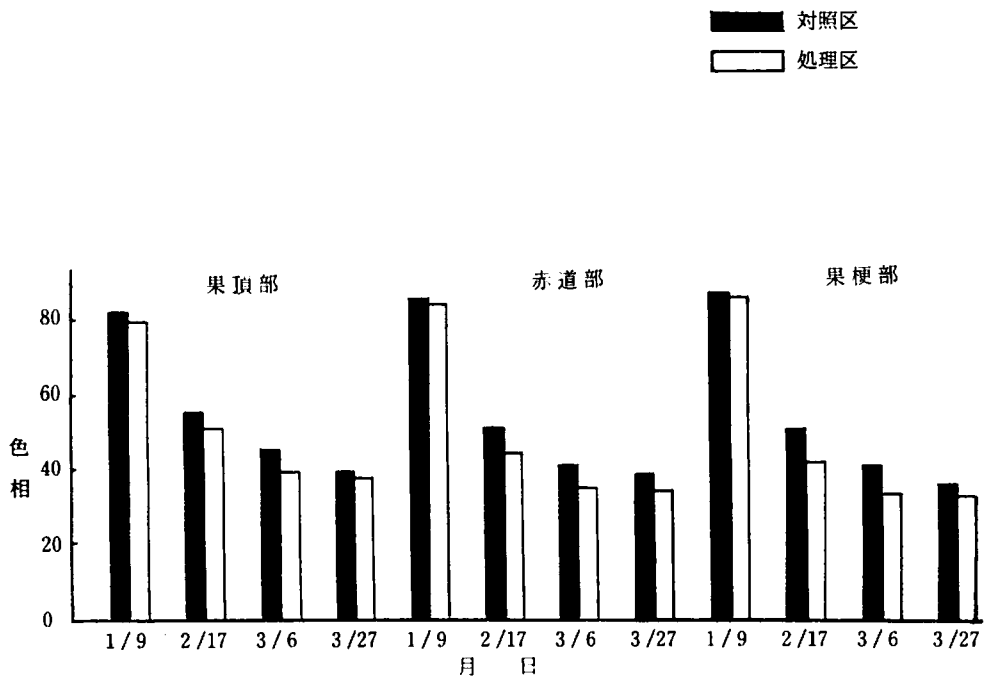


図-10 赤色光域の光処理と色相

最終測定の日3月27日には、対照区との差が他の部位に比べて最も大きかった。

果梗部 この部位は光が直接当たった関係で、2月17日の測定では処理区の果実の色相が非常に高まっており、以後の測定日でも対照区との差が大きかった。最終測定の日3月27日には、その差が赤道部と果頂部の中間であった。

### (3) 光の照射処理が果皮と果汁の糖組成並びに含量に及ぼす影響

#### (A) 果皮

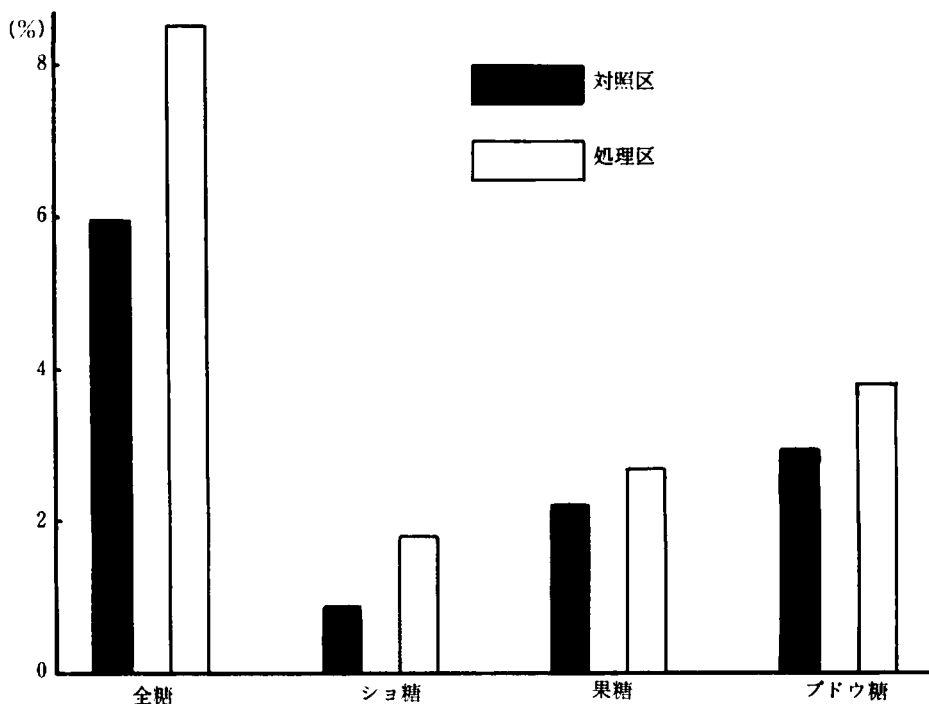


図-11 赤色光域の光処理と果皮の糖組成及び含量

果皮における全糖は対照区が5.9%であるのに対して処理区では8.3%で糖含量が著しく増加している。また、組成別にみると、ショ糖、果糖及びブドウ糖のいずれも処理によって増加しており、特にショ糖は2倍に達している。

#### (B) 果汁

光の照射処理が果汁中の全糖に及ぼす影響は、対照区と処理区ではその差が0.56%で果皮ほど顕著ではなく、また、糖の組成別でも、ショ糖で0.37%、果糖0.11%、ブドウ糖0.08%の差で、顕著な差は見られなかった。すなわち、光照射処理の果皮に対する影響は大きいですが、果汁中の糖への影響は小さかった。

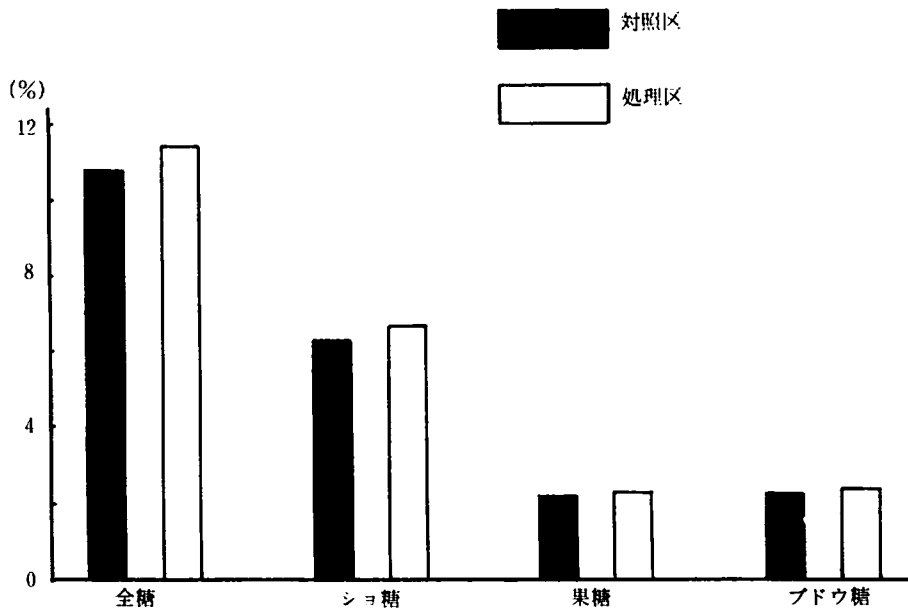


図-12 赤色光域の光処理と果汁の糖組成及び含量

(4) 光の照射処理が果皮と果汁の有機酸組成並びに含量に及ぼす影響

(A) 果皮

果皮における有機酸含量は処理によって増加している。すなわち、対照区の0.45%に対して、処理区では0.52%であった。組成的にはリンゴ酸がクエン酸より多い。また、処理による酸含量では、クエン酸が対照区で0.08%であるのに対して、処理区では0.13%であった。一方、リンゴ酸は対照区の0.36%に対して、処理区のほうは0.40%であった。

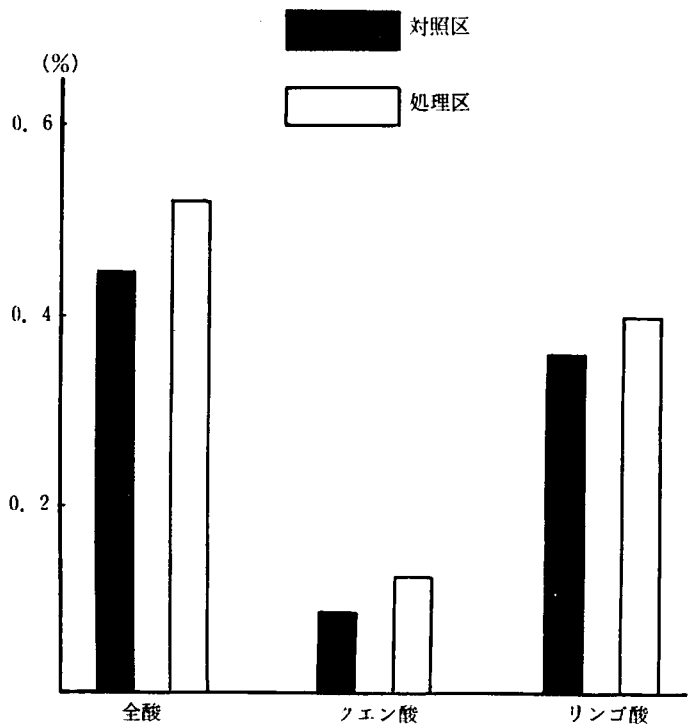


図-13 赤色光域の光処理と果皮の有機酸組成及び含量



### (B) 果汁

果汁中の有機酸含量は果皮と同様に処理によって増加し、対照区の2.32%に対して処理区では2.66%であった。また、組成的にはクエン酸がリンゴ酸に比べて多く、クエン酸含量は対照区の2.23%に対して処理区では2.51%であった。また、リンゴ酸は対照区0.08%に対して処理区では0.15%で、処理によって2倍近くまで増加した。

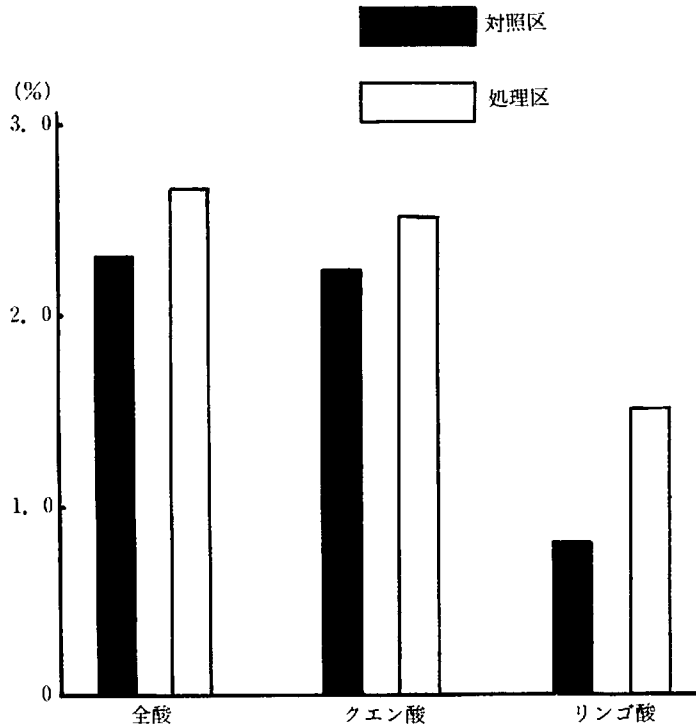


図-14 赤色光域の光処理と果汁の有機酸組成及び含量

## 考 察

温度が果皮の着色に及ぼす影響は多くの研究報告<sup>1,2,4,5,11)</sup>によって認められている。そこで、100Wの水銀灯を1mの距離から点灯した場合の赤色波長域の光の照射実験を行うに当たって、まず、光の照射が果面温度に及ぼす影響を調査した。その結果、光の照射処理区の果面温度は対照区のそれと比べてほとんど差のないことが判明した。

赤色光域の光を照射した場合、果皮の着色に伴うa値の変化を調査したところ、処理によってa値の増加することが明らかになった。しかし、いずれの部位でも最終調査の3月27日には、対照区の果実で着色が進んだため差がなくなった。また、果梗部を上にして果実を並べた関係で、調査2回目の2月17日までのa値の増加は果梗部、赤道部、果頂部の順に多くなっている。一般に、果実の成熟は果頂部より進んで果梗部が最も遅れている<sup>9)</sup>。それにもかかわらずa値が増加したことは、赤色光域光の照射による効果が現われたものと考えられる。また、処理の効果はある程度成熟に近づいたときには、果実の未熟な組織ほど追熟効果を高めることが考えられる。本実験においても、a値の増加は果頂部よりも果梗部で増進した。稲田<sup>3)</sup>の報告によると、光合成効率は600~680nmの赤色光域で最も高く、400~500nmの青色光域では1/2以下であったという。また、佐藤<sup>7)</sup>はイチゴについて、赤色光を除

いた光を照射した場合の着色が最も悪かったと報告している。白石ら<sup>8)</sup>のウンシュウミカンにおける果実の生育期間中の光質の影響に関する報告では、果実の成熟に及ぼす影響として、600nm以上の光は、それ以下の短い波長域の光よりも効果が大きいと述べている。つまり、赤色光域の光が成熟を促進し、着色を増進するという。今回の実験でも、赤色光域の光の照射はイヨカン果皮の成熟を促進し、かつ、着色の増進がみられた。

クロロフィルが分解して黄色となっただけの果実ではa値は低い。a値が増加することは赤味を増すことを意味する。そして、そのためにはカロチノイドの増加が必要である。カロチノイドの生成には必ずしも光を必要としないと言われるが<sup>6)</sup>、一方、組織中の糖含量との間に高い相関があるとの報告がある<sup>8)</sup>。本実験においても、赤色光域の光の照射によって糖が増加しており、その結果として、カロチノイドの増加をもたらしたものと考えられる。しかし、カロチノイドの生成と糖代謝との関係については、更に検討する必要がある。

一方、クロロフィル含量の減少で最も大きな指標となるb値<sup>9)</sup>についても、a値と同様に光処理によってクロロフィルの分解が促進された。そして、クロロフィルの分解とカロチノイドの増加との間には高い相関が認められた。

彩度は色の鮮やかさを示したものであるが、果梗部と赤道部が鮮かで、中でも赤道部は処理によって特に鮮かになった。これは光の照射によりクロロフィルが分解（葉緑体の崩壊）し、反対に、カロチノイドが増加したことに起因するものと考えられる。また、色相についても彩度と同様な理由で処理効果が現われたものと考えられる。

光が果実に及ぼす影響に関しては、光の強度と波長域が関係要因として重要である。また、果実についても、果皮と果肉ではその影響が異なる<sup>8,10)</sup>。一方、光質については、白石ら<sup>8)</sup>の果実生育期間中の調査報告によると、全糖について、550nm以上の波長の照射で糖の含量が処理区内で高く、次いで450nm、500nm以上の波長の順で僅かに低く、650nm以上の波長では、さらに、糖含量が低くなった。また、クエン酸については450nm以上と500nm以上で含量が高く、550と650nm以上ではそれよりも、やや低くなった。つまり、品質的には550nm以上が安定した効果を示している。また、佐藤<sup>7)</sup>のイチゴに対する光質の調査でも青色光を除くと着色が良好になり、また、全糖とクエン酸の含量も高く、遠赤色光や赤色光を除くと糖、特に、ショ糖の含量が低くなることを示している。

今回調査したイヨカンの糖については、果皮で照射処理によって糖の増加がみられるが、果汁に対しては、果皮ほどの照射の効果がみられなかった。一方、酸については、果皮と果汁の両方で光の影響が認められた。ただ、その組成について、果汁ではリンゴ酸の差が大きかった。白石ら<sup>8)</sup>の報告によると果皮中の糖とカロチノイドの含量の間には高い正の相関があり、今回の実験においても、照射処理によって糖含量が増加しているの、その結果として、カロチノイドが増加して着色が増進したものと考えられる。

## 摘 要

1985年1月9日に採取した普通イヨの果実を供試して、1月13日から3月27日までの間、100Wの水銀灯を照射し、着色並びに果皮と果汁中の糖、酸の組成及び含量に及ぼす影響について調査した。

1. 果実上1mの位置から100Wの水銀灯を照射した場合の果面温度は、処理区の間で、顕著な差はみられなかった。

2. 着色に及ぼす影響について、果梗、赤道並びに果頂のいずれの部位も光の照射処理によって着色が増進した。特に、直接光の当たった果梗部が最も良好で、次いで、赤道部の順であった。

3. 果皮と果汁の糖組成並びに含量に及ぼす影響については、光の照射処理によって果皮では増加し、特に、ショ糖の増加が著しかった。しかし、果汁についてはやや増加しているが、対照区と処理区間でほとんど差が認められなかった。

4. 果皮と果汁の酸組成並びに含量に及ぼす影響は、果皮及び果汁のいずれについても対照区と処理区間に差が認められた。特に果汁のリンゴ酸への影響は大きかった。

以上の結果から100Wの水銀灯照射がイヨカン果皮の着色を促進することは明らかであり、実用化に向けて検討する価値が十分にあるものと考えられる。

## 引 用 文 献

- 1) 別府英治, 石田善一 (1977) 伊予柑の予措の環境要因が着色に及ぼす影響. 園芸学会 昭和52年度秋季大会発表要旨 450-451.
- 2) 長谷川美典, 伊庭慶昭 (1982) カンキツ類の貯蔵に及ぼす温度の影響 (第3報) 果皮色に及ぼす影響について. 園芸学会 昭和57年度秋季大会発表要旨 498-499.
- 3) 稲田勝美編著 (1984) 光と植物生育—光選択利用の基礎と応用—. 養賢堂 東京.
- 4) 川野信寿, 小原 誠, 紫 茂, 財前富一 (1984) 宮内伊予柑の品質向上に関する研究 (第4報) 成熟期の温度及び樹上の着色. 園芸学会 九州支部発表要旨 15.
- 5) 新居直祐, 原田公平, 門脇邦泰 (1970) 温度が温州ミカンの果実の肥大ならびに品質に及ぼす影響. 園芸学会雑誌 39 (4): 309-317.
- 6) 大谷俊二 (1985) 紅葉の化学, 化学と生物. 23 (11): 707.
- 7) 佐藤照美, 稲田勝美 (1984) イチゴの生育ならびに収量に及ぼす光質の影響 (第2報) 果実発育, 収量ならびに品質について. 園芸学会九州支部 昭和59年度研究発表要旨 57.
- 8) 白石真一 (1972) カンキツ果実の着色に関する研究. 福岡県立園芸試験場特別研究報告第2号 1-52.
- 9) 高木敏彦, 鈴木鉄男, 増田幸直 (1986) ウンシュウミカン果実のクロロフィルの消失と果皮内成分の関係. 園芸学会 昭和61年度春季大会研究発表要旨 36-37.
- 10) 手塚修文, 近藤克成, 新美善行, 鳥居鎮男, 山本幸男 (1980) カンキツ果実の発育に関する研究

(第1報) 温州ミカンの着色に及ぼす光の影響について。園芸学会 昭和55年秋季研究発表要旨  
102-103.

- 11) 苫名 孝, 宇都宮直樹, 片岡郁雄, 藤本欣司 (1979) 樹上における果実の温度環境に関する研究  
温州ミカン果実の温度環境と成熟との関係。園芸学会 昭和54年度春季大会研究発表要旨 16-  
17.

## Summary

A mercury vapor lamp of 100W for irradiation was placed 1m above the fruit. Although the temperature of the fruit surface showed almost no difference between the irradiated fruit and the non-irradiated, red light considerably promoted the coloring of the fruit. The color of the stem end area where direct illuminance was focused, developed extensively being that of the equator the second.

It is observed that red light irradiation increased sugar content of the peel. Especially increase in sucrose content was conspicuous. Sugar content of the juice, however, showed almost no difference between the irradiated fruit and the non-irradiated. Acids of the peel and of the juice were increased by irradiance. The increase of malic acid was also great.

From the result, it can be stressed that red light irradiance is effective for promotion of lyo fruit coloring and thus commercial application is promising.