

# フィリピン産“Cavendish”バナナの樹上成熟特性と収穫熟度別の追熟特性

誌名	園藝學會雜誌
ISSN	00137626
著者	稲葉, 昭次
巻/号	53巻1号
掲載ページ	p. 66-78
発行年月	1984年6月

フィリピン産 'Cavendish' バナナの  
樹上成熟特性と収穫熟度別の追熟特性<sup>1</sup>

稲葉昭次・岡本一郎・伊東卓爾<sup>2</sup>・中村怜之輔

岡山大学農学部 700 岡山市津島

橋本 陞

住商フルーツ 101 東京都千代田区神田錦町

Ripening Characteristics of Commercial 'Cavendish' Bananas  
Attached on the Plant in the Philippines, and Those  
Harvested at Different Maturities and Transported  
to Japan

Akitsugu INABA, Ichiro OKAMOTO, Takuji ITO  
and Reinosuke NAKAMURA

*College of Agriculture, Okayama University, Tsushima, Okayama 700*

Noboru HASHIMOTO

*Sumisho Fruit and Vegetables Co., Ltd., Kanda, Tokyo 101*

**Summary**

Ripening characteristics of 'Cavendish' bananas were investigated, especially on the plant at plantation in the Philippines and off the plant after transport to Japan. (This strain should be accurately referred to 'Giant Cavendish', belonging to Musa AAA group, Cavendish subgroup, and have been occupied the majority of banana trade in Japan.)

Commercial bananas were ripened at temperature of 15, 20, 25, 30 and 35°C without ethylene treatment, or at 20°C with ethylene treatment at various concentrations of 1-5000 ppm. Temperature of 30°C and above inhibited the degreening of skin and particularly 35°C produced fruit known as "boiled" or "cooked". Normal ripening was observed at 15°C except the disappearance of green tips even at the final stage of ripeness. Temperatures ranging from 20 to 25°C seemed to be optimal for the ripening of 'Cavendish' fruit. No difference in any aspect of ripening was found among fruits treated with various concentrations of ethylene.

'Cavendish' bananas at the plantation in the Philippines did not ripen enough for eating while attached on the plant, but finally became yellow with splitting approximately 120 days after flowering. Little changes in carbon dioxide production and in sugar content with very low levels were observed, and also no evolution of ethylene was found during the development on the plant until splitting occurred. About 90 days after flowering, however, physiological ripening seemed likely to start from the findings that organic acid sharply increased coinciding with decreasing of starch.

Fruits were harvested 65, 75, 85, 95 and 105 days after flowering, and ripened at 25°C after transport to Japan. Bananas for 65 or 75 days had more than 10 days of green-life, while those for 85 or 95 days had less than 4 days of it. Fruits harvested at 105 days lost their green-life on the boat with yellowing. In any ripening aspect after onset of climacteric, however, little difference was found

<sup>1</sup> 1984年1月28日 受理

<sup>2</sup> 現在 近畿大学附属農場

among the fruits harvested at different maturities.

It is discussed that the ripening characteristics of 'Cavendish' fruit are basically similar to those of the past main commercial banana strains in Japan, 'Gros Michel' or 'Senninsho', though the ripening behavior differs with different strains in some details such as sugar components or temperature responses.

## 緒 言

バナナが貿易自由化されて以来、既に20年経過するが、その間に輸入量の大幅増加に伴って、輸入先、品種並びに追熟方法なども変遷してきた。初期のころは台湾産が多く、次いでエクアドル産が増加したが、1975年以降はフィリピン産が総輸入量の85%以上を占めるようになってきている(32)。品種としては、1970年ごろまではエクアドル産の約半数は 'Gros Michel' で、残りの半数は 'Cavendish' とされている(39)。また、台湾産のものは Cavendish subgroup である '北蕉' や '仙人蕉' が多く(17, 42)、後者は前者の変種とされている(33)。このように1970年ごろまでは、種々のバナナが混在して輸入されていたようであるが、現在ではほとんどが 'Cavendish' になっている(39)。また、輸送距離によって収穫熟度も異なっているようであり、その他細部にわたる栽培・環境条件の差異などを考えると、現在国内で流通しているバナナは、以前のものとは性質が異なっていることも推測される。

一方、バナナの追熟生理に関する報告はこれまでに多数あり、Wardlaw (46)、Simmonds (38) 及び Palmer (35) などにより詳しくまとめられている。また、わが国への輸入後の追熟を取り扱った報告も多くみられる(26, 27, 40, 41, 47)。しかしさきに述べたような歴史の変遷を考えると、これらの研究結果がどの程度現在のフィリピン産 'Cavendish' に適用できるのかは一考を要する問題である。フィリピン産 'Cavendish' の輸入量は1975年以来70万トン前後(32)で、今後もわが国流通バナナの大部分を占めて定着することが予想される。したがって、今後バナナに関する研究を進めるための基礎資料として、フィリピン産 'Cavendish' の成熟特性を把握しておく必要があると思われる。このような背景のもとに、1979年から1980年にかけて、樹上成熟特性を始めとして、収穫熟度別の成熟特性並びにその他追熟にかかわる基礎的調査を行ったので、その結果を取りまとめて報告する。

## I 追熟時の温度及びエチレン処理濃度と成熟特性

### 材料及び方法

加工業者より入荷直後のフィリピン産 'Cavendish' (*Musa* (AAA group), Cavendish subgroup) を入手

Table 1. Color index of banana fruit in term of peel color.

Color index	peel color
1	Dark Green
2	Light green
3	More green than yellow
4	More yellow than green
5	Yellow with green tips
6	Fully yellow
7	Yellow with brown spots
8	Yellow with brown flecks

し、フィンガー(果実)単位に解体後、有孔ポリエチレン袋詰め(厚さ0.05 mm, 開孔率0.2%)にして自然に追熟させた(自然追熟)。追熟温度は15, 20, 25, 30, 35°C とし、追熟中の炭酸ガス排出量、エチレン発生量、果皮色、糖含量、有機酸含量及びペクチン物質の変化を調査した。別に、20°C 一定温度下で、1~5000 ppm の種々の濃度のエチレンで24時間処理したもの(エチレン追熟)についても同様の調査を行った。

炭酸ガス排出量とエチレン発生量は、ヘッドスペース法により常法どおりガスクロマトグラフィーで測定した。果皮色の変化は、着色の程度を第1表に示した8段階に分けて、カラーチャートと対比しながら果色指数として表示した(26, 46)。果肉中の糖及び有機酸含量の測定は、80% エタノール抽出物を常法どおりイオン交換樹脂で調製し、高速液体クロマトグラフ(日立製、638型)を用いて行った。ペクチン物質は、McComb and McCready (23, 24) の方法を参考にして、水可溶性ペクチンと全ペクチンを測定し、全ペクチンに対する可溶性ペクチンの割合を求めた。

## 結 果

### 1. 自然追熟

果皮色の変化と果肉の状態 25°C 及び20°C 区では、それぞれ9日及び10日目から黄化が始まり、15日及び18日目には color index 7 に達して完熟した。30°C 区では緑色が残ったままで褐変が始まり、完全な黄化は見られなかった。35°C 区ではこの傾向がさらに強く、2日目から褐変し始め、果肉はいわゆる boiled 状となり、6日後には水浸状態となった。15°C 区では、color index 5 以後の黄化の進行が遅く、最後まで果実両端の

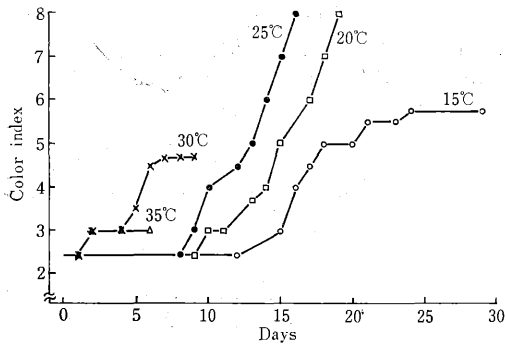


Fig. 1. Changes in peel color of 'Cavendish' bananas during ripening at various temperatures. (The green bananas were obtained from importer in Japan.)

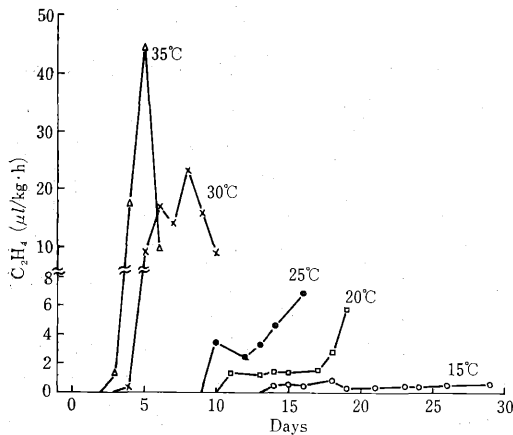


Fig. 2. Rate of ethylene production by 'Cavendish' bananas during ripening at various temperatures. (The green bananas were obtained from importer in Japan.)

緑色が消失しなかったが、25日目には褐斑が現れ、30日目ごろにはほぼ完熟した(第1図)。

**エチレン発生量及び炭酸ガス排出量の変化**  
果実からのエチレンは、追熟温度が高いほど発生開始までの日数が短くなり、量的にも多くなる傾向がみられた(第2図)。炭酸ガス排出量の変化もエチレン発生量の変化とよく一致し、温度が高いほど climacteric rise の開始時期が促進され、またピーク時の値も、35°C を除くと、高くなる傾向がみられた(第3図)。エチレン発生開始までの日数を green life として、温度との関係を見ると、第4図に示すような直線関係がみられ、入手後の green life は 15°C で約 14 日、35°C では約 3 日であった。

**糖含量の変化** 第5図はバナナ果実中の主要な糖であるショ糖、果糖及びブドウ糖含量の変化を示したも

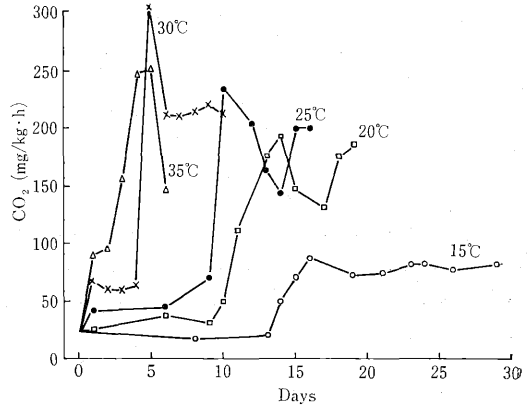


Fig. 3. Rate of carbon dioxide evolution by 'Cavendish' bananas during ripening at various temperatures. (The green bananas were obtained from importer in Japan.)

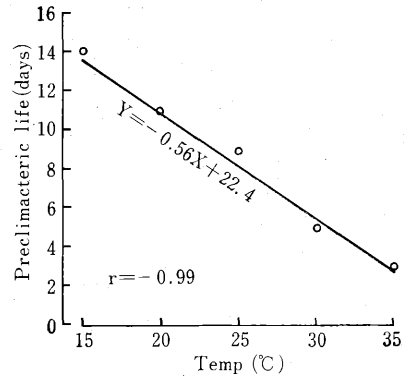


Fig. 4. Relationship between green-life and storage temperature in 'Cavendish' bananas. (The green bananas were obtained from importer in Japan. Green-life did not include the period of transportation for trade.)

のである。上述の炭酸ガス排出量と比較すると、いずれの温度区でもショ糖含量は、climacteric rise の開始とともに急増し、その後も炭酸ガス排出量の変化とよく似た動きを示した。しかし量的には、炭酸ガス排出量は追熟温度の低下とともに減少したが、ショ糖含量はいずれの温度区でも最高値は 10% 前後で変わらなかった。果糖とブドウ糖は量的にはほぼ等しく、ショ糖に比べると増加速度は緩慢で、完熟時まで増加を続け、35°C 区を除くと、追熟温度が高いほど最終的な含量も少しずつ高くなる傾向がみられた。また、エチレン発生が始まり成熟開始が起こるまでの間にも、いずれの糖含量もわずかながら増加する現象がみられ、特に 20°C 区や 15°C 区のように成熟開始までの期間が長いもので、この傾向が強くみられた。

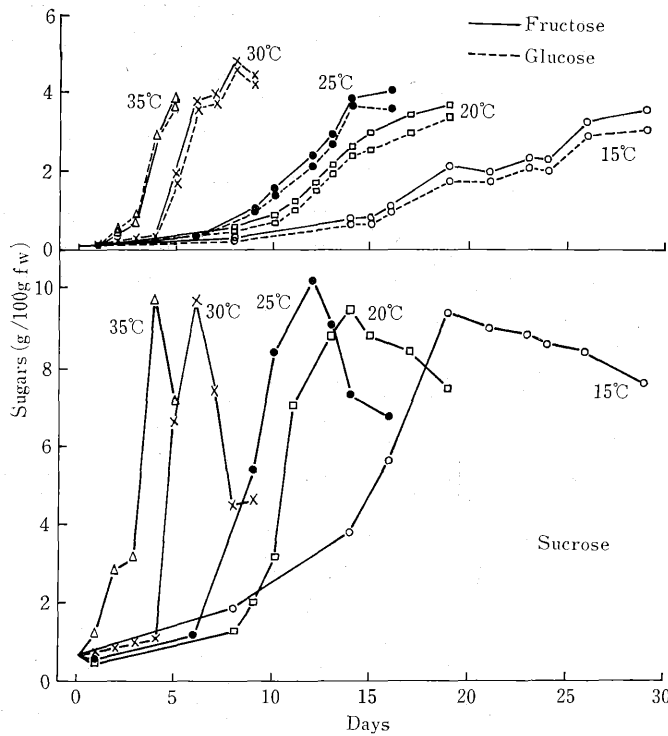


Fig. 5. Content of sugar constituents in 'Cavendish' bananas during ripening at various temperatures. (The green bananas were obtained from importer in Japan.)

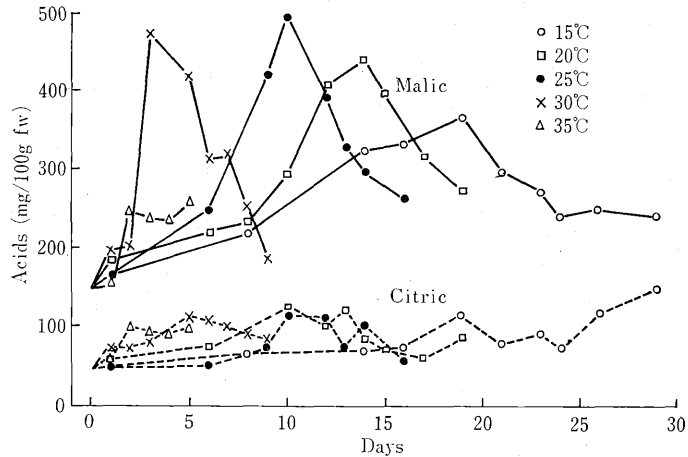


Fig. 6. Content of organic acid constituents in 'Cavendish' bananas during ripening at various temperatures. (The green bananas were obtained from importer in Japan.)

有機酸含量の変化 主要有機酸組成であるリンゴ酸とクエン酸の変化を第6図に示した。成熟の進行とともに、いずれの温度区でもリンゴ酸含量が一時的に増加

し、その後減少する傾向がみられ、含量の最高値も20~30°C区ではほぼ同じであった。15°C区では変化速度は緩慢で、最高値もやや低かった。全体を通じて、リンゴ

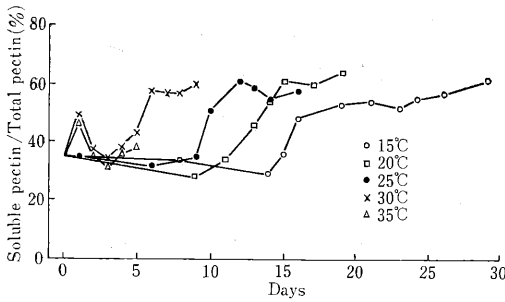


Fig. 7. Changes in percentage of soluble pectin to total pectin in 'Cavendish' bananas ripened at various temperatures. (The green bananas were obtained from importer in Japan.)

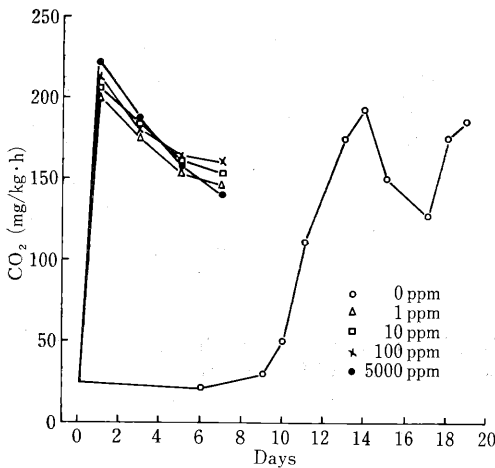


Fig. 8. Effect of ethylene treatment at various concentrations on the rate of carbon dioxide evolution by 'Cavendish' bananas ripened at 20°C. (The green bananas were obtained from importer in Japan.)

酸含量の変化は追熟温度に左右されており、温度が高いほど急速に増加したが、減少速度も速いようであった。35°C 区のリンゴ酸含量は少ししか増加せず、他の温度区とは異なっており、酸含量の動きからみても追熟温度が高過ぎるようであった。クエン酸は量的には少なかったが、増減の傾向はリンゴ酸とよく似ていた。

**ペクチン物質の変化** 追熟に伴うペクチン物質の変化を、全ペクチンに対する水可溶性ペクチンの割合として第7図に示した。25°C 以下の区では成熟開始とともに可溶性ペクチンの割合が急速に増加し、その後はほぼ一定となる傾向がみられた。30°C 及び 35°C 区では、温度の影響を直接受けるためか、成熟開始前に一時的に可溶性ペクチンの割合が増加し、その後は減少して30°C 区では成熟とともに再び増加した。しかし、35°C 区で

は成熟に伴う可溶性ペクチン割合の増加は起こらず、果肉も水浸状となり、ペクチン物質の動きからみても追熟温度が高過ぎるようであった。

## 2. エチレン追熟

20°C 一定温度下で、1~5000 ppm のエチレン処理を24時間行った場合の炭酸ガス排出量の変化を、代表的な濃度について第8図に示した。処理終了時点で炭酸ガス排出量は既に最高になっており、その後は余り変化せず、また処理濃度間にも差は認められなかった。図は省略したが、糖、有機酸及びペクチン物質の変化についても処理濃度による差は認められず、単に無処理果実の成熟開始以後の変化がエチレン処理直後から進行するだけであった。

## II 樹上成熟特性

### 材料及び方法

1979年12月にフィリピンの Davao Fruit Corp., Plantation 3 (北緯 7°07', 東経 125°39') の 'Cavendish' バナナを約 1 ha の区画より供試した。開花後 60, 70, 80, 90, 100, 110 及び 120 日の果実がほぼ同時期に得られるように、あらかじめ2樹ずつ選定しておき、所定の開花後日数に達したときに収穫した。ここで開花日とは、第3ハンドが出現した日を意味する。収穫後各パンチの第3ハンド (big end (38) から3番目の果房) をプ

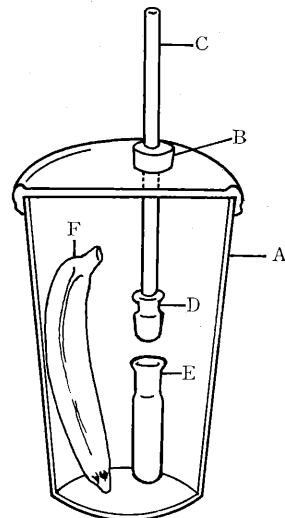


Fig. 9. Apparatus for gas collection. Gas sample was sealed in the test tube by pushing down the brass rod, which adhered a glass stopper to the inner end, after given hours. A: plastics chamber, B: silicon rubber stopper, C: brass rod, D: ground glass stopper spread silicon grease thickly, E: test tube for gas collection, F: fruit.

フィンガー単位に解体後、一夜室温(約 29°C)で放置して実験に用いた。

炭酸ガス排出量及びエチレン発生量の測定は、第9図のような密封法によったが、Davao 現地では分析が困難なため、一定時間封入後図の真ちゅう棒を押し下げて、あらかじめ真空グリースを塗布しておいた活栓を試験管に圧着して空気を採取し、日本まで持ち帰って常法どおりガスクロマトグラフィーで分析した。なお、このような方法で空気を採取しても、直接容器内のガスを採取したものと分析値は変わらず、また採取後約1か月は試験管内の濃度は一定であった。

内容成分分析用として、果肉 10 g をフィンガー中央部より採取し、80% 熱エタノール処理をして、日本まで輸送後、糖、有機酸、デンプン及びペクチン物質を測定した。糖、有機酸及びペクチンの分析は、さきにIで述べたとおりである。デンプン含量は 80% エタノール抽出残さを用い、Carter and Neubert (9) の方法を一部修正して測定し、ジャガイモ可溶性デンプンとして表示した。

結 果

果実の発育・成熟 今回調査した Davao の平均気温は年間を通じて約 27°C でほぼ一定であるが、その中での果実発育をみると、樹体に着生している間は最後まで肥大が続くようであった。例えば、本調査における第3ハンドの果実重は、開花後60日で約 120 g、商業的収穫熟度の開花後75日で約 170 g であり、開花後120日では 300 g を越えるようになった。果皮色の変化は樹上ではそれほど顕著ではないが、発育が進むにつれて緑色が徐々に薄くなり、110日を越えると果実の先端から中央部にかけて少し黄化するようであった。しかし、成熟の徴候は外観的にも食味的にもほとんどみられなかった。ただ、120日目ごろになるとほとんどのもので果皮が縦方向に裂け、その部分から急速な成熟が進み、果皮は完全に黄化した。しかし黄化果実の果肉は水浸状で、醗酵臭も強く、食用には適さない状態であった。このように、'Cavendish' パナナは今回の調査では、樹上では追熟時にみられるような明確な外観上の成熟現象は認められなかった。

炭酸ガス排出量とエチレン発生量 第10図は開花後60日から120日までの果実(裂果したものは除く)の炭酸ガス排出量を測定した結果である。80日目にかけてやや減少しているが、全体としてはほとんど変化はなく、成熟時に特有の climacteric 現象も樹上では認められなかった。エチレン発生も測定した範囲内では検出できなかった。

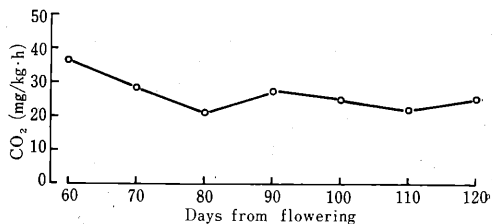


Fig. 10. Rate of carbon dioxide production in 'Cavendish' bananas during development on the plant. Determination was carried out under ambient temperature (about 30°C) in Davao, the Philippines.

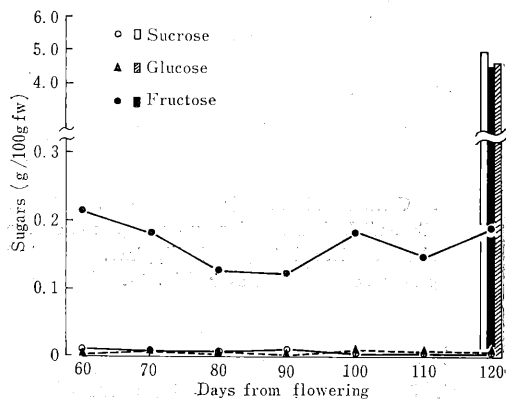


Fig. 11. Content of sugar constituents in 'Cavendish' bananas during development on the plant cultivated in the Philippines. Vertical graphs indicate each sugar content in the fruit turned fully yellow on the plant with skin split. These yellowing fruit did not ripen to an edible condition.

糖含量の変化 糖含量の変化は第11図に示したようであり、開花後120日目までショ糖含量は 0.1~0.2% と極めて低く、ほとんど変化しなかった。果糖及びブドウ糖も 0.02% 以下であった。図中の棒グラフは開花後120日目の裂果した完全着色果について、参考までに調べたものであるが、各糖とも 4~5% 程度含まれていた。このように糖含量の動きからみても、樹上では裂果が起こるまでは、成熟に伴う変化は起こらないようであった。

有機酸含量の変化 有機酸含量も開花後90日目までは、リンゴ酸及びクエン酸ともにほとんど変化しなかった(第12図)。しかし、100日目にかけて両酸とも急増し、以後は漸減する傾向がみられ、糖やガス代謝とは異なり、追熟中の変化と類似の傾向が樹上でもみられた。また、樹上で裂果を伴った完全着色果では、さらに酸含

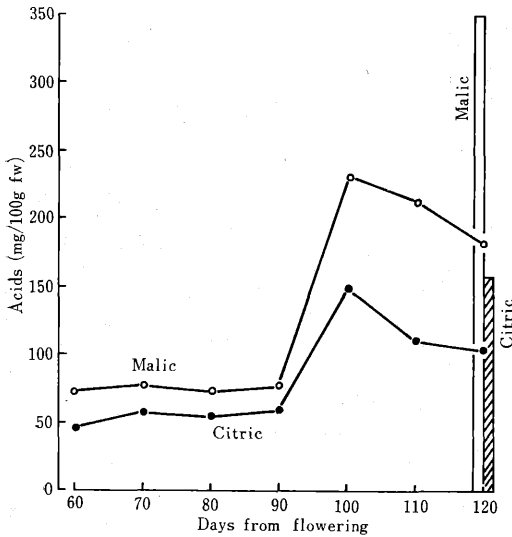


Fig. 12. Content of organic acid constituents in 'Cavendish' bananas during development on the plant cultivated in the Philippines. Vertical graphs are the same as in Fig. 11.

量が高くなっていった。

**テンブン含量の変化** テンブンは開花後90日ごろまでは蓄積が続き24%程度にまで増加したが、以後は減少して120日ごろには14%程度になった(第13図)。テンブン含量の動きは、さきの有機酸含量の変化と日数的に一致しており、開花後90日ごろに内的な変化が起こるようであった。

**ペクチン物質の変化** 全ペクチンに対する可溶性ペクチンの割合を開花後120日まで調べたが、終始45%程度で一定しており、追熟中にみられたような急増現象は樹上では起こらなかった。

### III 収穫熟度別の追熟特性

#### 材料及び方法

Ⅱと同じ Davao Fruit Corp., Plantation 3 の同一区画より、開花日の揃った樹体を選び出し、1979年7月から9月にかけて、開花後65, 75, 85, 95及び105日に達した時点で収穫した。その後通常の流通方法で大阪港まで輸送し、植物防疫上の所定の手続き終了後直ちに研究室に持ち帰った。この間の所要日数は約1週間であった。第2～4バンドをフィンガー単位に解体後、半数は自然に追熟させ、残りは100 ppm エチレンを24時間処理して追熟させた。追熟温度はいずれも25°C一定で、有孔ポリエチレン袋詰めとし、Ⅰと同様の調査を行っ

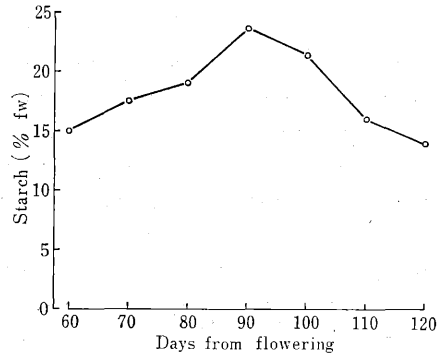


Fig. 13. Starch content in 'Cavendish' bananas during development on the plant cultivated in the Philippines.

た。なお、開花後105日収穫果は輸送中にかなり黄化が進んでいたため陸上げできなかった。

## 結 果

### 1. 自然追熟

**エチレン発生量及び炭酸ガス排出量の変化** 収穫熟度の異なる果実を、25°C一定温度下で追熟させた場合のエチレン発生量の変化を第14図に示した。開花後65日及び75日収穫果では、入手後10日以上経過しないとエチレン発生はみられなかったが、85日及び95日収穫果では、3～4日でエチレン発生がみられた。このように85日以後の収穫果では、green lifeが極端に短くなったが、成熟開始以後の炭酸ガス排出量には、収穫熟度による差は認められなかった。

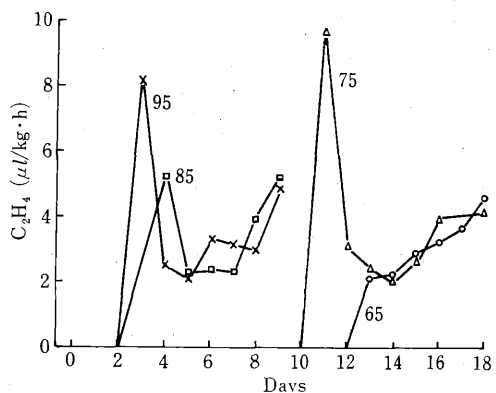


Fig. 14. Effect of harvest maturity on the ethylene production rate in 'Cavendish' bananas during ripening at 25°C after transport to Japan. Figures in the graph indicate the harvest maturity as days after flowering.



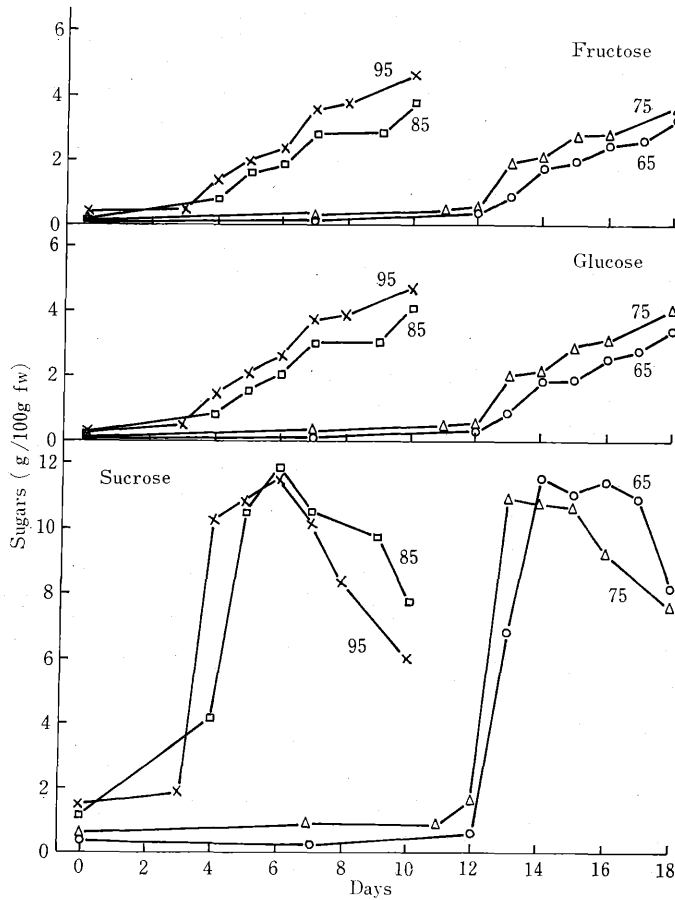


Fig. 15. Effect of harvest maturity on the sugar content in 'Cavendish' bananas during ripening at 25°C after transport to Japan. Figures in the graph indicate the harvest maturity as days after flowering.

**糖含量の変化** 収穫熟度別の追熟中の糖含量の変化を第15図に示した。さきのエチレン発生の場合と同様に、開花後85日及び95日収穫果では、65日及び75日のものに比べて、糖の増加時期が促進されたが、追熟中の変化には量・質共に収穫熟度による違いはほとんどなかった。しかし、入手時点での糖含量を収穫時の値と比較すると、輸送中にかなり増加しており、しかも樹上での熟度が進んだものほど高い傾向がみられた。

**有機酸含量の変化** 第16図に追熟中の有機酸含量の変化を示した。有機酸の場合もさきの糖と同様で、入手時の含量は収穫熟度が進むほど高くなる傾向がみられた。また、開花後85日以後のもので有機酸含量の増加時期が促進されたが、追熟中の変化様相には収穫熟度間の差はほとんど認められなかった。

**ペクチン物質の変化** ペクチン物質の変化についても調べたが、収穫熟度による差は全く認められず、いずれもエチレン発生とともに第7図に示した 25°C 区と類似の変化を示した。

## 2. エチレン追熟

入手後直ちに 100 ppm エチレンで処理し、25°C 下で追熟させたところ、炭酸ガス排出量及び各種内容成分の変化様相には、収穫熟度による違いはほとんどみられなかった。また、エチレン処理後の追熟速度にも収穫熟度間の差は認められなかった。

## 考 察

**温度と成熟特性** バナナ果実の場合、収穫後成熟開始までに要した期間を green life (6,37) 又は pre-climacteric period (21, 22) と呼んでいる。フィリピン

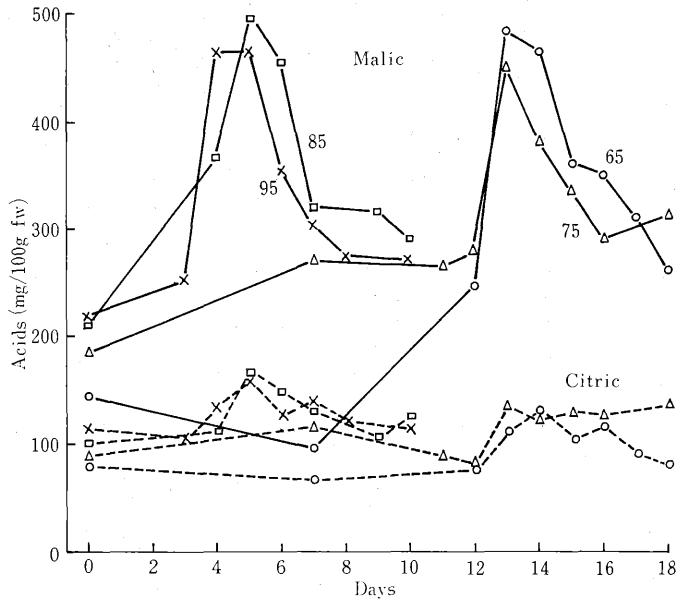


Fig. 16. Effect of harvest maturity on the organic acid content in 'Cavendish' bananas during ripening at 25°C after transport to Japan. Figures in the graph indicate the harvest maturity as days after flowering.

産 'Cavendish' についてこのことをみると、温度と green life との間には直線関係がみられる。収穫後の green life の延長はバナナ流通上最も重要な課題の一つであり(38), Marriott(21) は green life は収穫熟度と貯蔵温度により決定されると述べている。したがって、このことを取り扱った報告は多く、温度(6, 15, 26)及び収穫熟度(15, 16, 17, 20, 21, 25)以外にも貯蔵中の低濃度エチレン(19, 36)、品種(21)、栽培地(6, 10)、気候(10)及びその他細部にわたる取り扱い技術によっても green life が異なるとされている。これらの多くの報告の中で、Blake and Peacock(6)のものが本実験の場合と似ているが、その場合は green life の対数と温度との関係が一次式になるとしている。この相違は、本実験の場合は輸送期間を計算に組み入れていないことによるのかも知れない。いずれにしても温度が高いほど、成熟開始までの日数が短くなり、その後の熟度の進展も促進されるが、30°C以上の温度では成熟様相が他の温度区とは異なるように思われる。

一般に、追熟温度が30°Cを越えると、何らかの成熟異常が起こるとされており、その原因の一つにエチレン生成系の抑制又は阻害が挙げられている(48)。本実験に用いたフィリピン産 'Cavendish' では、エチレン生成や炭酸ガス排出に関しては、35°Cまで特に異常は認めら

れないように思われる。しかし、30°C以上では果色の変化が正常ではなく、また35°Cでは果肉が水浸状となり、ペクチン物質及び有機酸含量の変化にも異常が認められ、さらに醗酵臭が強く食用には適さなかった。15°Cでは climacteric 現象もいまま一つ明確ではなく、また果実両端の緑色も最後まで消失しないため、内的な熟度判定が困難で、追熟温度がやや低過ぎると思われる。

吉岡ら(47)もフィリピン産 'Cavendish' について、30°C以上で追熟異常を認めているが、25°Cでも緑色の抜けが悪いと述べている。Broughton and Wu(8)はマレーシアの 'Pisang Embun' と 'Pisang Rastali' を用いて追熟中の炭酸ガス排出量を測定し、15°C以下では climacteric rise に伴う増加割合が両品種で著しく異なることを認めている。また、邸田ら(26)は台湾産 '仙人蕉' について、15°Cでは green life は長くなるが、炭酸ガス排出量は20°Cや30°Cと大差ないと述べている。'仙人蕉'は 'Gros Michel' の系統に属するとする説(28, 33)と 'Cavendish' に属するとするもの(17)がある。著者の一人はフィリピンで Plantation の開発に開園以来従事してきており、開園に当たっては台湾産の '仙人蕉' が一部の grower で導入されたが、これは 'Gros Michel' とは明らかに異なり、'Cavendish' に属するものと考えている。また、一口にフィリピン産

'Cavendish' といっても, grower によって苗の導入先が異なっており, それぞれ系統が異なるとされている(39). 現在, わが国の商業的追熟には, 14~20°C 附近の比較的低温域が用いられている(29)が, この温度域での追熟は品種や系統によってかなり異なることが考えられる. 今後我が国の流通バナナを取り扱う上で注意が必要であろう.

**エチレン処理濃度と成熟特性** フィリピン産 'Cavendish' を1~5000 ppm エチレンで24時間処理し, 20°C 一定温度下での追熟様相を調査したが, ガス代謝及び内容成分いずれも, 処理濃度間にほとんど差は認められなかった. Bradyら(7)も 'Dwarf Cavendish' の系統について, 0.1~100 ppm のエチレン処理を行い, 1 ppm 以上ではほとんど差がないと報告している. また Liu(19)は 0.01 ppm といった低濃度エチレンでも十分バナナの成熟を促進し, 0.5 ppm 以上ではその影響力はほとんど同じであると述べている. 現在我が国の慣行では, 1000 ppm あるいはそれ以上の濃度が使用されている(29)が, 少なくとも本実験からみる限り, このような高濃度は不必要と思われる. 現在の追熟加工技術では, 棚持ち期間を重視するあまり, 果皮の成熟を先行させるきらいがあり, これが食味低下の一因になっていることが指摘されている(29, 31, 34). その他の原因として, エチレン処理の濃度, 時間, さらにその後の追熟温度などが考えられるが, いずれも今後の検討課題であろう.

**樹上成熟特性** フィリピン産 'Cavendish' の樹上での発育・成熟をみると, 果実重は開花後120日ごろまで増加を続け, 最終的には現行の商業的収穫熟度である75日前後のほぼ2倍にまで発育する. しかし, この間にはエチレン発生はほとんどなく, 呼吸活性及び糖含量も低いままでほとんど変化せず, さらにペクチン物質にも目立った動きはみられない. 一方, デンプン含量は開花後90日ごろを最高に, 以後は減少傾向を示し, 逆に有機酸含量はこの時期を境にして増加し始める. これらのことから考えると, 樹上では裂果するまでは, 追熟時にみられるような成熟現象は起こらないようであるが, 内的には開花後90日ごろから成熟段階に入っているように思われる. このことは収穫熟度別の追熟で, 開花後85日以後のものは green life が極端に短かったことからもうかがえる.

Barnell 及びその共同研究者達は, トリニダッドの 'Gros Michel' について詳細な研究を行っている(1, 2, 3, 4, 5, 18, 44, 45). それらによると, 'Gros Michel' でも果実が樹体に着生している間は, 正常な状態での成熟現象は起こらず, 最終的には裂果し, その後は落果し

て腐敗すると述べている(1). また, 'Cavendish' では, 糖含量は120日ごろまで変化しなかったが, 'Gros Michel' では糖も含めて, 有機酸及びデンプン含量が開花後100日ごろから変動し始めると述べている(1). ただし, Barnell らは花序が樹体上部に出現した日を開花日としているのに対し, 本調査では第3ハンドが出現した日を開花日としており, 両者の間に約10日の違いがみられる. この点を考慮すると, フィリピン産 'Cavendish' の樹上での発育・成熟特性は, Barnell らの用いた 'Gros Michel' と日数的にもほぼ一致するように思われる. また, 収穫後の成熟現象も 'Cavendish' と 'Gros Michel' (2, 3, 18, 45) は, よく類似していると思われるが, 糖の組成だけは両品種でかなり異なっている. 前者では, ショ糖がブドウ糖及び果糖の約2倍含まれていたが, 後者ではその逆の関係になるとされている(2, 28). したがって, 糖組成間の量的な違いを除けば, Barnell らの 'Gros Michel' についての研究結果を, そのままフィリピン産 'Cavendish' に適用しても, それほど大きな問題はないと考えられる.

**収穫熟度と成熟特性** 収穫熟度の異なる果実を日本まで輸送し追熟実験を行ったところ, 開花後85日以後の果実で, green life が極端に短くなる傾向がみられた. Marriott(22)は, 'Valery' (Cavendish subgroup) 及びその他の品種を用いて, 開花後50日から120日までの果実を13.5°Cで貯蔵して, preclimacteric period と収穫熟度との関係を調べ, 両者の間に一次式が成立することを認めている. この関係はバナナ以外の果実についても当てはまるようであり, 著者らが以前に報告したイチゴ(12), トマト(13)及びウメ(14)の結果を再計算してみると, green life 又は完熟までの日数と収穫熟度との間には一定の関係が成立する. また, アボカド(11)やセイヨウナシ(43)についても類似の報告がなされているが, これらの場合は必ずしも直線関係にはなっていないようである. 今回の調査では, 輸送に要した日数は考慮しておらず, またその間の品温も積荷位置によって異なる(30)ことなどが考えられ, 一概には論議し得ないが, さきに述べた樹上成熟特性などを考え合わせると, 開花後85日以後の果実は商業的には取り扱いにくいと考えられる.

一方, 105日収穫果を除くと, 輸送中に成熟が始まってしまうようなことはなかったが, 入手時の糖及び有機酸含量は, 既に樹上での値よりかなり高くなっており, しかも収穫熟度が進むほどその傾向が強くなるようであった. 参考までに, 輸送前後におけるこれらの含量を第2表に示した. Barnell(3)も 'Gros Michel' について

Table 2. Sugar and organic acid content in 'Cavendish' pulp before and after transport from the Phillipines to Japan.

Harvest <sup>z</sup> maturity	Before <sup>y</sup> or after transport	Sugar (mg/100 g fw)			Organic acid (mg/100 g fw)	
		Sucrose	Glucose	Fructose	Malic	Citric
65	Before	198	7	8	76	53
	After	413	31	52	144	82
75	Before	154	8	8	76	57
	After	541	65	74	185	88
85	Before	125	7	6	76	57
	After	1184	231	228	213	99
95	Before	154	9	7	156	105
	After	1428	307	299	219	114

<sup>z</sup> Days after flowering.<sup>y</sup> On-plant value calculated from Fig. 11 and 12.

同様のことを認めており、低温貯蔵(14.4°C)中にも糖及び有機酸含量が徐々に増加すると述べている。しかし本実験の場合、成熟開始以後においては、ガス代謝や成分変化などからみて、収穫熟度間にはほとんど差はなく、またエチレン処理追熟では全く差がなかった。したがって、収穫熟度や輸送条件に多少の違いがあったとしても、成熟開始以後の追熟特性にはほとんど影響がないものと考えられる。しかし、実際の流通においては green life が極めて重要であり、現行の開花後75日前後の収穫が妥当であると思われる。

### 摘 要

現在のわが国流通バナナの大部分を占めるフィリピン産 'Cavendish' の成熟特性を調査した。

15°C~35°C で追熟させた場合、30°C 以上の温度では果皮が褐変して完全には黄化せず、特に 35°C では果肉も boiled 状となった。15°C では果肉は正常に成熟したが、果実両端の緑色が消失せず、果皮と果肉の熟度が一致しなかった。20°C 及び 25°C では、正常な成熟がみられ、この範囲内が追熟の適温と思われた。

1~5000 ppm の各種濃度のエチレンで24時間処理し、20°C 一定温度下で追熟させた場合、その後の成熟様相には処理濃度間の違いは認められなかった。

果実が樹体に着生している間は、開花後120日ごろまで肥大が続き、最終的には裂果を伴って黄化したが、正常な形での成熟現象は起こらなかった。しかし、デンプン含量及び有機酸含量の変化からみて、開花後90日ごろから樹上でも内的な成熟が始まるように思われた。

開花後65~105日の果実を日本まで輸送し、25°C 一定温度で追熟させた場合、65日及び75日収穫果では入手後の green life は10日以上あったが、85日及び95日収穫果では3~4日と短くなり、105日のものは輸送中に黄化してしまった。しかし、climacteric 開始以後の成熟

特性には、収穫熟度による違いはほとんど認められなかった。

以上のことから、現在のフィリピン産 'Cavendish' バナナの成熟特性をみると、過去の主流品種である 'Gros Michel' や '仙人蕉' と基本的には変わらないように思われる。しかし、糖組成や温度に対する反応など、細部にわたっては異なる面もみられるため、今後バナナを取り扱う上で注意が必要であろう。

### 引用文献

- BARNELL, H. R. 1940. Studies in tropical fruits. 8. Carbohydrate metabolism of the banana fruit during development. *Ann. Bot.* 4: 39-71.
- BARNELL, H. R. 1941. Studies in tropical fruits. 11. Carbohydrate metabolism of the banana fruit during ripening under tropical conditions. *Ann. Bot.* 5: 217-247.
- BARNELL, H. R. 1941. Studies in tropical fruits. 13. Carbohydrate metabolism of the banana fruit during storage at 53°F. and ripening at 68°F. *Ann. Bot.* 5: 607-646.
- BARNELL, H. R. 1943. Studies in tropical fruits. 14. Carbohydrate metabolism of the banana fruit during storage at 53°F. *Ann. Bot.* 7: 1-22.
- BARNELL, H. R. 1943. Studies in tropical fruits. 15. Hemicellulose metabolism of the banana fruit during storage and ripening. *Ann. Bot.* 7: 297-323.
- BLAKE, J. R. and B. C. PEACOCK. 1971. Effect of temperature on the preclimacteric life of bananas. *Qd J. agric. Anim. Sci.* 28: 243-248.
- BRADY, C. J., P. B. H. O'CONNELL, J. SMYDZUK and N. L. WADE. 1970. Permeability, sugar accumulation, and respiration rate in ripen-

- ing banana fruits. Aust. J. biol. Sci. 23 : 1143—1152.
8. BROUGHTON, W. J. and K. F. WU. 1979. Storage conditions and ripening of two cultivars of banana. Scientia Hort. 10 : 83—93.
  9. CARTER, G. H. and A. M. NEUBERT. 1954. Rapid determination of starch in apples. J. Agr. Food Chem. 2 : 1070—1072.
  10. 蔣 明南. 1970. 香蕉乙烯敏感度地區與季節性變化. 中華農學會報・新. 72 : 22—29.
  11. EAKS, I. L. 1980. Respiratory rate, ethylene production, and ripening response of avocado fruit to ethylene or propylene following harvest at different maturities. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105 : 744—747.
  12. 稲葉昭次・中村恰之輔. 1978. 作型別ならびに追熟中のイチゴ果実の成熟様相. 岡山大農学報. 52 : 25—36.
  13. 稲葉昭次・山本 努・伊東卓爾・中村恰之輔. 1980. トマトの樹上成熟果実及び追熟果実の成熟様相と食味の比較. 園学雑. 49 : 132—138.
  14. 稲葉昭次・中村恰之輔. 1981. ウメ果実の樹上及び収穫後の成熟. 園学雑. 49 : 601—607.
  15. 柯 立祥. 1979. 臺灣香蕉催熟方法之研究. 中國園藝. 26 : 129—139.
  16. 柯 立祥・柯 定芳. 1980. 香蕉催熟之研究. 1. 成熟度對香蕉催熟時轉色黃化及凋架壽命之影響. 中國園藝. 26 : 155—160.
  17. 柯 立祥・柯 定芳. 1980. 香蕉催熟之研究. 2. 提高催熟溫度與減低乙烯用量對香蕉催熟效果之影響. 中華農學會報・新. 112 : 36—43.
  18. LEONARD, E. R. and C. W. WARDLAW. 1941. Studies in tropical fruits. 12. The respiration of bananas during storage at 53°F. and ripening at controlled temperatures. Ann. Bot. 5 : 379—423.
  19. LIU, F. W. 1976. Banana response to low concentrations of ethylene. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101 : 222—224.
  20. MADAMBA, L. S. P., A. U. BAES and D. B. MENDOZA, Jr. 1977. Effect of maturity on some biochemical changes during ripening of banana (*Musa sapientum* L. c.v. Lacatan). Fd. Chem. 2 : 177—183.
  21. MARRIOTT, J., S. NEW, E. A. DIXON, and K. J. MARTIN. 1979. Factors affecting the preclimacteric period of banana fruit bunches. Ann. appl. Biol. 93 : 91—100.
  22. MARRIOTT, J. 1980. Bananas. Physiology and biochemistry of storage and ripening for optimum quality. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition. p. 41—88.
  23. MCCOMB, E. A. and R. M. MCCREADY. 1962. Colorimetric determination of pectic substances. Anal. Chem. 24 : 1630—1632.
  24. MCCOMB, E. A. and R. M. MCCREADY. 1962. Extraction and determination of total pectic materials in fruits. Anal. Chem. 24 : 1686—1688.
  25. MENDOZA, D. B. Jr. 1968. Respiration of banana fruits. Philippine agr. 51 : 747—756.
  26. 邨田卓夫・古 衡山・緒方邦安. 1965. バナナ果実の追熟生理および貯蔵に関する研究. 第1報. 追熟に伴う呼吸ならびに化学成分の変化. 食品工誌. 12 : 121—124.
  27. 邨田卓夫・古 衡山・緒方邦安. 1965. バナナ果実の追熟生理および貯蔵に関する研究. 第2報. バナナ果実の追熟に伴う呼吸の変化とその機構. 食品工誌. 12 : 163—167.
  28. 邨田卓夫. 1968. バナナの追熟貯蔵. 果実・蔬菜の加工・貯蔵ハンドブック. p. 315—328. 養賢堂. 東京.
  29. 邨田卓夫. 1979. バナナの追熟加工と環境. 農及園. 54 : 1531—1535.
  30. 中村恰之輔・風岡三信. 1977. フィリピン産バナナの冬期の輸送環境調査. 岡山大農学報. 50 : 27—36.
  31. 中村恰之輔・伊東卓爾・稲葉昭次. 1979. バナナの追熟速度が果肉の硬度, 糖含量および酸度に及ぼす影響. 岡山大農学報. 54 : 15—23.
  32. 日本バナナ輸入組合. 1982. 資料月報. No. 180. 1982年バナナ年間統計版. p. 62.
  33. 農林省熱帯農業センター. 1974. 東南アジアの果樹. p. 1—11. 農林統計協会, 東京.
  34. 緒方邦安・寺井弘文. 1979. バナナ果実の追熟加工条件の検討. 食品工誌. 26 : 199—203.
  35. PALMER, J. K. 1971. The banana. p. 65—105. In A. C. Hulme (ed.) The biochemistry of fruits and their products. Vol. 2. Academic Press, London.
  36. PEACOCK, B. C. 1972. Role of ethylene in the initiation of fruit ripening. Qd J. agric. Anim. Sci. 29 : 137—145.
  37. SCOTT, K. J. 1977. Some Australian contributions on postharvest physiology and pathology of the banana fruit. ASPAC Technical Bulletin 38 : 1—16.
  38. SIMMONDS, W. A. 1966. Bananas. 2nd ed. Longman, New York.
  39. 高木一也. 1975. 続・バナナ輸入沿革史. 日本バナナ輸入組合, 東京.
  40. 寺井弘文・上田悦範・緒方邦安. 1973. 果実追熟に対するエチレン効果の機作に関する研究. 第1報. 園学雑. 42 : 75—80.
  41. 寺井弘文・吉岡博人・緒方邦安. 1974. 果実追熟に対するエチレン効果の機作に関する研究. 第2報. エチレンに対するバナナ果実の果皮, 果肉の呼吸反応性について. 園学雑. 43 : 308—313.
  42. 若槻泰雄. 1976. バナナの経済学. 玉川大学出版部. 東京.

43. WANG, C. Y., W. M. MELLENTHIN and E. HANSEN. 1972. Maturation of 'Anjou' pears in relation to chemical composition and reaction to ethylene. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97: 9-12.
44. WARDLAW, C. W., E. R. LEONARD and H. R. BARNELL. 1939. Studies in tropical fruits. 7. Notes on banana fruits in relation to studies in metabolism. *Ann. Bot.* 3: 845-860.
45. WARDLAW, C. W. and H. R. BARNELL. 1940. Studies in tropical fruits. 9. The respiration of bananas during ripening at tropical temperatures. *Ann. Bot.* 4: 269-315.
46. WARDLAW, C. W. 1961. *Banana diseases*. John Wiley & Sons, New York.
47. 吉岡博人・上田悦範・緒方邦安. 1978. バナナ果実の追熟に及ぼす高温の影響. *食品工誌*. 25: 607-611.
48. YU, Y. B., D. O. ADAMS and S. F. YANG. 1980. Inhibition of ethylene production by 2,4-dinitrophenol and high temperature. *Plant Physiol.* 66: 286-290.