

# 露地メロン果実の発育に伴う呼吸ならびに有機成分の変化

田 辺 賢 二・佐 藤 一 郎\*

(鳥取大学農学部農学科園芸学研究室)

昭和49年9月10日受理

## Changes in Respiration rate and Some Organic Substances Contents during Fruit Development of *Cucumis melo* L. cv. Shinhoro

Kenji TANABE and Ichiro SATOH

(Department of Horticulture, Faculty of Agriculture Tottori University)

In order to clarify the physiology of the developing fruit of *Cucumis melo* L. cv Shinhoro, changes of respiration rate, sugars, organic acids, amino acid and volatile substances were observed. The results obtained were as follows:

1)  $O_2$  absorption rate was much higher following the anthesis and rapidly decreased from one week to three weeks after anthesis. After that time no changes in  $O_2$  absorption rate was observed till maturity.

$CO_2$  exhaust rate was much higher in the early stage of fruit development, and decreased at the period of net formation.

About 5 days before the colouring it tended to increase, and markedly increased after the full maturation. Respiratory quotients (RQ) were low in the early stage of fruit development, slowly increased after the stage of net formation.

Just before the skin colouring stage it increased considerably and remarkably increased after maturity.

2) Total soluble sugar content slowly increased in the first period of fruit growth (from the anthesis to the stage of net formation), and rapidly increased after that stage.

In the first period of development from anthesis to net formation the only reducing sugars were those containing the glucose and fructose. In the latter period of development from the completion stage on net formation to maturity, non-reducing sugar which was sucrose appeared and rapidly increased, on the other hand reducing sugar rapidly decreased in the period from the skin colouring stage to maturity.

3) In the early stage of development total acid and malic acid content were high. Malic acid decreased after the beginning stage of net formation.

On the contrary, citric acid began to increase after the beginning stage of net

formation, and showed a peak in content just before the coloring stage.

Content of both total organic acid and citric acid decreased in the ripening stage.

4) Total amino acid content did not change in the first stage of fruit development, but rapidly increased from the end stage of net formation to maturity.

5) Ethyl alcohol content increased slowly with increasing of fruit growth, and remarkably increased after the full maturity.

Acetaldehyde content showed much higher value in both the times of the beginning of net formation and fruit ripening. In other periods of development that content was low.

Ethylene content also was higher in both time of the beginning of net formation and the over ripening. In the periods of rapid increase of sugar content and just before skin coloring, ethylene content considerably increased.

## 緒 言

近年露地メロンは、需要の著しい増加に伴って、各地でその栽培が急速に広まってきている。

この露地メロンを栽培するにあたって、まず果実の発育生理を詳細に把握しておくことが、良品多収、熟期調節等をめざした合理的な肥培管理を行なう上で、きわめて重要である。

一般に開花結実から成熟に至る果実の発育期間における呼吸および各種有機成分は、単に呼吸についてのみでも、climacteric型果実、nonclimacteric型果実などによばれるように、果実の種類によってそれぞれ特徴のある変化を示すことが知られている。

しかしながら、露地および温室メロンのいずれにおいても、果実の品質の高いことが強く要求されているにもかかわらず、上記の見地からの一貫した発育生理の追求はほとんどなされていない。

このようなことから、露地メロン果実における呼吸、各種有機成分の変化、ならびにそれらの相互の関連性を追求し、メロン果実の発育ならびに成熟の特性を明らかにするとともに、今後における合理的栽培管理のための基礎資料を得る目的で本実験を実施した。ここにその結果を報告する次第である。

## 材料および方法

本実験は鳥取大学農学部付属砂丘利用研究施設において、1968年および1969年の2年間にわたって行なわれた。材料には島根農試育成のネット型露地メロン「新芳露」を供試し、3月下旬播種、6月中旬開花結実、7月下旬

から8月上旬に成熟する早熟栽培の作型によって栽培した。発育調査に用いる果実は、3本仕立ての主枝の10～15節位より出た子蔓に着果した果実のうち、6月中旬の同時日に開花したものをを用いた。

呼吸量は Warburg 検圧計を用い、また全糖および還元糖は Somogyi 法により、それぞれ定量した。また還元糖中の glucose および fructose は Somogyi 法、薄層クロマトグラフィー、さらに還元糖中でアルカリ性溶液においてヨードによって酸化されるのは aldose 類のみであることを利用した glucose の定量法、の3方法を併用して定量した。アセトアルデヒドおよびエチルアルコールは Ripper 氏変法により、内生エチレンは果肉を2%塩酸中で磨砕し、密閉容器に入れた後60℃に2時間保ち、発生したガスをガスクロマトグラフにかけてエチレン濃度を定量した。有機酸およびアミノ酸は80%エチルアルコールで抽出後カラムクロマトグラフィーによって分離定量した。

## 結果および考察

### 1. 果実の生長曲線

供試品種「新芳露」の果実における生長の様相を示すと第1図のとおりである。6月中旬に開花結実した果実は、開花14～15日後から20日後の頃にかけてネットが形成され、開花37～39日後に着色が始まり40～42日後に完熟期をむかえた。

果径についてみると、開花直後からネット形成の始まる開花2週間後のころにかけて、縦径、横径いずれも急激な増加を示した。それ以後は成熟期に至るまで日数の経過とともに肥大の程度が少なくなった。また生育期間を

通じて縦径が横径を上回り、この品種の特性であるやや長形の果実となった。

さらに1日あたりの横径の肥大量を見ると、生育のごく初期には縦径の増大が著しく、その後日数の経過に伴い両者の差が少くなり、ネット形成期に入ると横径の増大が縦径のそれを上回るようになり成熟期に至った。

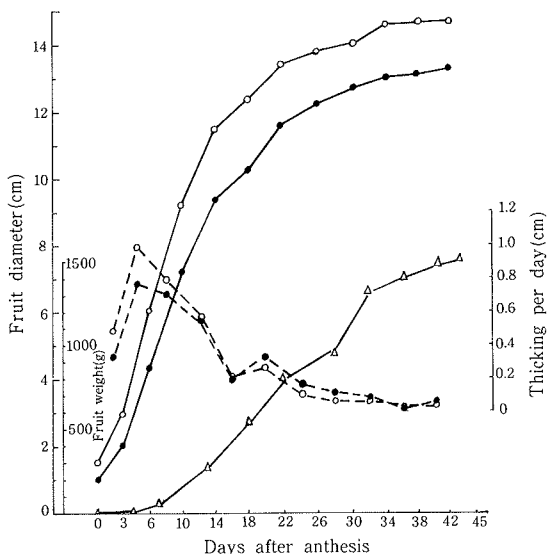


Fig. 1. Growth curve for Shinhoro melon fruit.

●: Transverse diameter    △: Fruit weight  
○: Longitudinal diameter    ...: Thicking per day

一方果重は開花1週間後までの生育初期には緩慢な増加を示し、それ以後開花30日後の頃までの生育中期には、特にネット形成期を中心としてきわめて急激な増加を示した。その後着色前から成熟期に至る生育後期に入ると、果重の増加も日を追って少くなり、開花時より成熟期までを通してみるとS字状の増加曲線を描いた。

## 2. 呼吸量の変化

果実の発育に伴う呼吸量の変化は第2図に示されるとおりである。O<sub>2</sub>吸収量は開花日から数日後にいたる生育初期に、きわめて高い値を示し、その後ネット形成期間中に急速に減少した。そしてそれより後は成熟期に至るまでほぼ一定の値を示した。

一方CO<sub>2</sub>排出量は、初期においてはO<sub>2</sub>と同様にきわめて高い値を示し、以後急速に減少したが、ネット形成が始まる時期に一時増加するような傾向がみられた。その後再び減少して成熟期に至るが、果実表皮の緑色が褪せ黄化が始まり、また同時に果肉の軟化が始まると、著しい排出量の増加をみた。

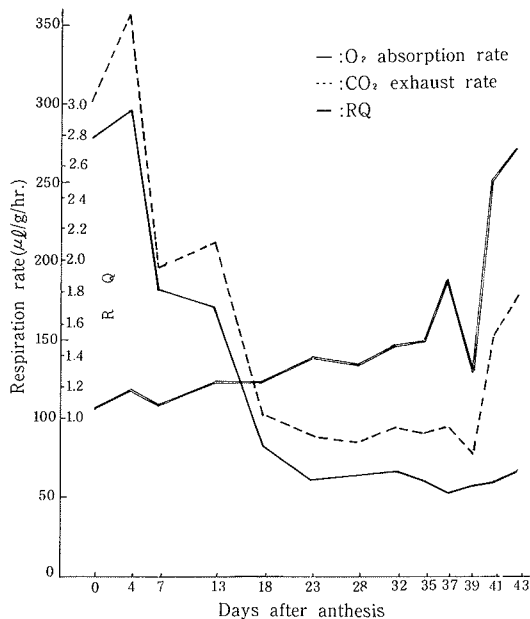


Fig. 2. Changes in respiration rate during fruit development.

次に呼吸商RQの値の推移をみると、開花7日後の頃より日数の経過とともにわずかながら増加の傾向を示し、果実が退色しはじめる直前に著しく上昇した。そして一時低下するものの着色が始まり、また果肉の軟化や芳香の揮散が始まると、甚しい増加を示した。

メロン果実の細胞分裂期間は、開花後5日間前後といわれること<sup>11)12)</sup>から、開花直後の呼吸量の増加はこの細胞分裂と関係があるように思われる。また開花後13日頃におけるCO<sub>2</sub>排出量の一時増加は、後述の揮発性成分の動きと合せて考えると、ネット形成に関係があるものと思われる。成熟前の未熟な果実を収穫して放置すると、そのメロン果実は顕著なCO<sub>2</sub>排出量の段階的な昂進を示して成熟に達することが観察され、<sup>9)</sup>完全なclimacteric型の果実であるとされている。

しかしながら、組織片を用いた呼吸の測定方法によるためか、あるいは完全期までつるに着生したままの状態におかれたことによるものかは明らかでないが、本結果においては成熟過程に入る以前のCO<sub>2</sub>排出量の増加は、わずかなものであり、未熟な状態で収穫した果実とはやや異っていた。しかしRQの値をみると、着色前に急上昇しピークを形成していることから、この時期のCO<sub>2</sub>排出量の増加傾向はclimacteric riseであると考えられた。

さらに果色が黄化し、果肉の軟化と芳香の揮散がはじ

まると、CO<sub>2</sub>の排出量は甚しく増加し、RQも2.7ときわめて高い値を示すが、これはカキの軟化過程でみられる呼吸の変動と一致しており<sup>6)</sup>、アルコール発酵、その他の異常な代謝系が活動を始めたことによるものと考えられる。

### 3. 糖、デンプンおよびamylase活性の変化

果実の発育に伴う糖、デンプン含量およびアミラーゼ活性の変化を示すと第3図のとおりである。

まず全糖についてみると、開花日からネット形成がほぼ完了する開花21~23日後の頃までの生育前半においては、日数とともに緩やかな増加傾向を示し、その後成熟期に至る生育後半においては、完熟前7~10日を中心として急激な増加を示した。

次にこのような動きを示した全糖を、還元糖と非還元糖とに分けてみると、増加傾向の緩やかな生育前半においては、含有される糖はすべて還元糖であった。

またネット形成期以後の生育後半においては、生育前半に引続いて還元糖の増加がみられたが、着色が始まる頃より急激に減少した。一方非還元糖はネット形成が終るころよりあらわれ始め、成熟過程に入ると急激に増加し全糖の大部分を占めるようになった。

果実の発育に伴うデンプン含量の推移をみると、全期間を通じて可溶性糖類にくらべて、量そのものはきわめて少なかったが、開花直後に最も多く以後急速に減少した。その後ネット形成期の後半に一時増加し、糖が急増しはじめると再び急激に減少した。

他方アミラーゼ活性は、開花直後とネット形成の初期段階の時期に高く、また糖含量が急激に増加しはじめる開花4~5週間後の頃に漸次活性の高まりを示した。

さらに成熟過程に入ると急速に活性が低下した。このような活性の変動とデンプン含量との関係を見てみると、活性の低い時期にはデンプン含量が多く、また活性の高い時期には含量が少ない傾向がみられた。

次にメロン果実に含まれる糖の種類とその消長を調べたところ第4図のとおりであった。

すなわちメロン果実に含まれる糖はfructose, glucoseおよびsucroseの3種であり、fructoseとglucoseは発育期間を通じて存在し、また前者の方が後者よりも多かった。一方sucroseはネット形成が終り、糖含量が急増するころよりあらわれ始め、成熟過程に入ると急速に増加した。

これらの結果は、益田<sup>11)</sup>、鈴木<sup>13)</sup>らの結果と一致するものであり、また江口によるメロンの類型<sup>3)</sup>では、第1型すなわち生育前半にfructoseとglucoseのみ含まれ、後

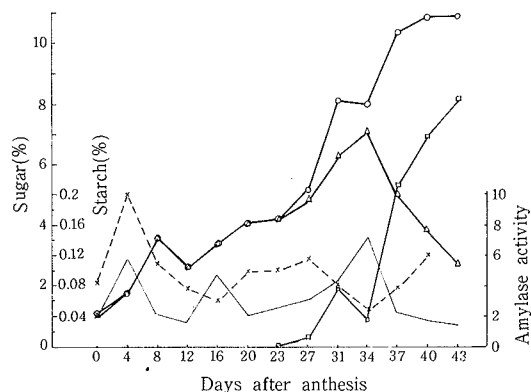


Fig. 3. Changes in sugars, starch contents and amylase activity during fruit development.

○—○: Total sugar      ×---×: Starch  
△—△: Reducing sugar      —: Amylase activity  
□—□: Non-reducing sugar

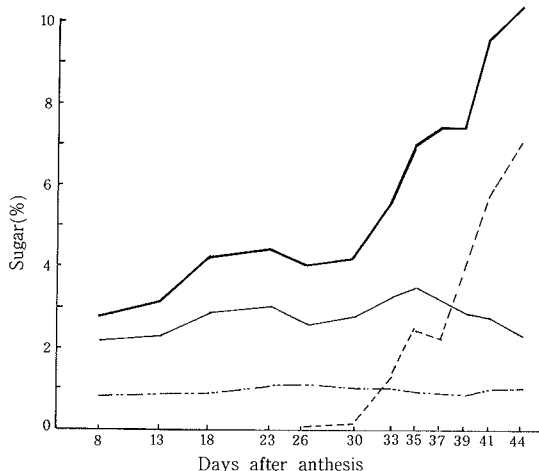


Fig. 4. Changes in sugar contents during fruit development.

—: Total sugar      - - - - -: Sucrose  
- - - - -: Fructose      ·····: Glucose

半に入って sucroseが加わるタイプに属することが知られた。

### 4. 有機酸含量の変化

果実の発育に伴う有機酸含量の変化は第5図のとおりであった。全酸含量は開花直後に多く、その後ネット形成期にかけて減少の傾向を示す。しかしそれ以後は成熟過程に入るまで、ほぼ一定の値を保っていたが、成熟期に入ると急速に低下した。

次に酸の種類別にその消長をみると、リンゴ酸は生育

初期にきわめて多く全酸中に占める割合が著しく高かった。しかしこれはネット形成が始まるころより目立って減少しはじめ、糖の集積が活発となる開花後30日頃にはきわめて低い値となって成熟期に至った。

一方クエン酸は、ネットの形成が始まり、またリンゴ酸が減少をはじめめる時期から増加の傾向を示し、糖含量の急増期に最高に達し全酸中の大部分を占めるようになった。その後成熟過程に入ると減少していった。

他方酒石酸は、生育初期から成熟期に至るまでほとんど変動がみられなかった。

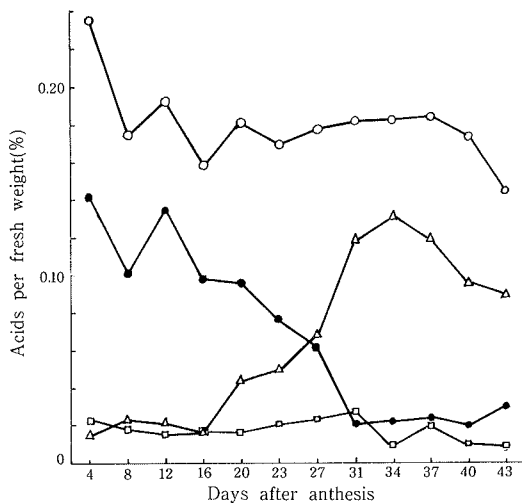


Fig. 5, Changes in organic acids contents during fruit development.

○:Total organic acid      △:Citric acid  
●:Malic acid                □:Tartaric acid

これらのことから、生育初期における呼吸基質はリンゴ酸と考えられ、以後は少しずつクエン酸に代ってゆくものと考えられる。平井ら<sup>6)</sup>がイチジクで認めているように、アセトアルデヒドはTCAサイクルに属する脱水素酵素の活性を阻害するといわれる。したがって後に述べるように開花13日後の頃におけるアセトアルデヒドの高まりは、ネット形成を誘起すると同時にTCAサイクルの正常な進行を妨げ、そのためにリンゴ酸の生成が止まり、一方では同サイクルの初期産物であるクエン酸が多く集積するものと推察される。

##### 5. アミノ酸含量の変化

果実の発育に伴う全アミノ酸含量の変化を示すと第6

図のとおりである。発育初期からネット形成のほぼ完了する開花後23日頃までの間、すなわち発育前半においてはほとんど変化がみられなかった。しかし sucrose が現われはじめ糖が急速に増加しはじめる頃より、糖の増加と平行してアミノ酸含量も急激な増加をはじめ、完熟時に最高の値を示した。

このように生育後半に入って急激に増加することから、アミノ酸はメロン果実の味に大きく関係していることがうかがわれる。しかしながら本実験ではアミノ酸の種類について何ら手をふれなかったので、今後種類別に消長を調べ成熟生理との関連性を追求しなければならない。

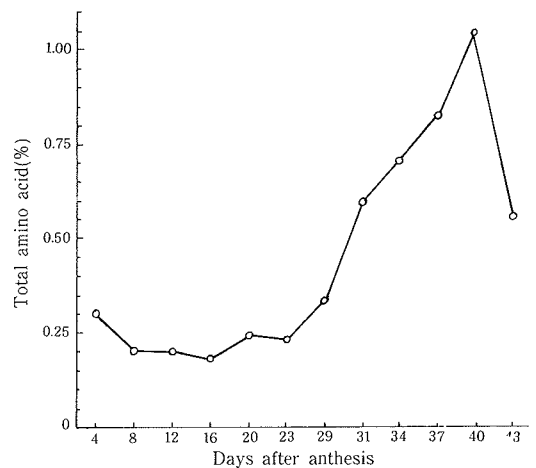


Fig. 6, Changes in total amino acid content during fruit development.

##### 6. 揮発性成分ならびにエチレンの変化

果実の発育に伴うアセトアルデヒド、エチルアルコールおよびエチレンの動きをみると第7図のとおりである。

アセトアルデヒドは開花後13日すなわちネット形成が始まる時期から形成の最盛期にかけて、きわめて高い値を示し、ネット形成の完了とともに急速に低下した。

そしてそれ以後、着色過程に入るまでの間はほぼ一定の低い値を示したが、着色が始まり成熟過程に入ると再び急速に増加し、完熟期以降も増加しつづける傾向にあった。

一方エチルアルコールは、生育初期には少く、日数の経過に伴って増加してゆく傾向にあり、完熟期以後きわめて著しい増加を認めた。

次に果肉中のエチレン含量についてみると、ネット形成始期にあたる開花13日後の頃にきわめて高い値を示した。以後急速に低下し、糖が急速に増加しはじめる時期

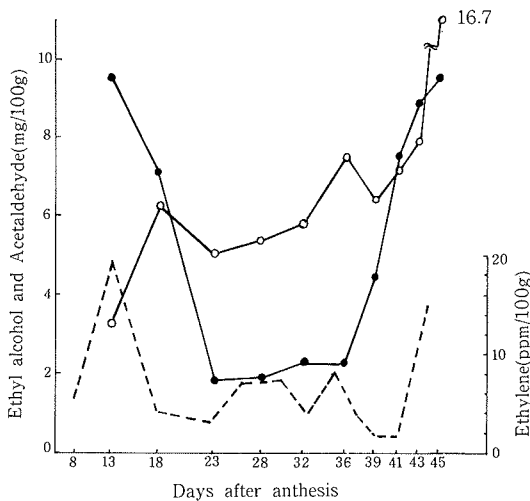


Fig. 7, Changes of ethyl alcohol, acetaldehyde and ethylene contents on Shinhoron melon fruit during development.

○:Ethyl alcohol      -----:Ethylene  
●:Acetaldehyde

すなわち開花後4週間頃にやや高い値を示すピークが認められ、またその後着色開始直前の頃にもみられた。さらに完熟期をすぎ、果肉の軟化が著しくなると再び著しい高まりがみられた。

果実の成熟生理に関しては、成熟とエチレンとの関係についてのBURG<sup>11)</sup>の研究以来、多くの追求がなされ、もはやエチレンは果実の成熟ホルモンとして広く認められるに至っている。<sup>8)9)10)</sup> 本結果をみても成熟過程に入る前からエチレンの高まりがみられ、次いで成熟が始まる傾向が認められたことより、このメロン果実においても例外なくエチレンが成熟に関与していることがうかがわれた。しかしながら、成熟期にはほど遠い開花後13~14日のネット形成期においても、エチレンならびにアセトアルデヒド含量の高いことが認められた。林、平田ら<sup>4)5)</sup>によれば、黒斑病に侵された二十世紀ナシ果実の裂果はエチレンによるものであり、また高濃度のエセホンを散布することによって、黒斑病による裂果と全く同じ状態の裂果が生じる。従来ネットの発現に関しては表皮系と果肉の細胞肥大のアンバランス<sup>12)</sup>や肥大速度<sup>14)</sup>の面から説明されてきた。しかし内部における成分面からみた場合、メロンにおけるネット形成も一種の裂果とみなすならば、エチレンが関与してネットの形成が誘起される可能性も十分に考えられるところである。

なおエチレンとアセトアルデヒドとの動きがよく一致している点については、エチルアルコール $\leftrightarrow$ アセトアルデヒド $\leftrightarrow$ エチレンの反応の可能性がイチジク、ナシなどで示されている。<sup>7)</sup>したがってメロン果実においてもこのような反応系の存在が予想され、両者は密接な動きを示しながら、ネット形成や成熟に関与しているものと思われる。

以上よりメロン果実の発育と有機成分ならびに呼吸の関係を総括すると、メロン果実の発育期は大きく分けて、前期、中期、後期の3つのStageに分けることができる。

すなわち開花日よりネット形成期までの3週間が前期であり、この時期の特徴として糖分では還元糖のみが含まれ増加が緩慢なこと、有機酸ならびに呼吸ではリンゴ酸を基質とする呼吸が行なわれること、ならびにアミノ酸の増加はみられず、アセトアルデヒド、エチレンの高まりによるネットの形成誘起、があげられる。次にネットの形成終了時より着色開始前までの16~18日間が中期であり、この時期の特徴として、糖分では非還元糖の出現と全糖の急激な増加、有機酸ではリンゴ酸の減少とこれに代るクエン酸の増加、アミノ酸の顕著な増加、エチルアルコールの緩慢な増加、ならびに呼吸では $O_2$ 吸収、 $CO_2$ 排出の動きが少なくRQの漸増があげられる。

着色開始直前より成熟に至る時期が後期であり、成熟過程における種々の急激な変化が特徴となる。すなわち糖では非還元糖の急増と還元糖の減少、呼吸では climacteric maximumとそれに続く脱炭酸による $CO_2$ 排出の急増とRQの急激な高まり、クエン酸の減少、アミノ酸の減少ならびに前述の増糖、減酸や果肉の軟化をもたらすアセトアルデヒド、エチルアルコール、エチレンの急増があげられる。

## 摘 要

1. 露地メロン果実の発育生理を明らかにするために、露地メロン「新芳露」を用い、果実の発育に伴う呼吸量、糖、有機酸、アミノ酸、揮発性成分の消長を調べた。

2.  $O_2$ 吸収量は開花時からその直後に著しく多く、その後は急速に減少し、ネット形成終了時から成熟期に至るまではほとんど変化がみられなかった。 $CO_2$ 排出量も初期に著しく多く、ネット形成期を中心に急速に減少した。その後着色開始前5日頃からやや増加する傾向にあり、完熟時を過ぎると著しく多量の排出量のみた。

一方RQは初期に低く、ネット形成期以後緩慢に増加し、着色開始前に急激に高まり、climacteric maximumの存在を示した。その後完熟期を過ぎると、2.6~2.7の

きわめて高い値を示した。

3. 可溶性の全糖含量は、開花期からネット形成終了期にかけて緩慢に増加し、その後急激に増加し着色期に入った。また開花～ネット形成期の生育前期においては還元糖の Fructose と glucose が含まれ Sucrose は含まれなかった。その後生育後半に入ると Sucrose があらわれはじめ、着色開始時から完熟時にかけて急激に増加した。一方 glucose, fructose はネット形成期以後も増加したが着色開始前後より急速に減少した。デンプン含量は開花直後に高く、以後急激に減少した。

4. 生育初期にリンゴ酸含量が多く、ネット形成が始まるとともに減少した。一方これに代ってクエン酸が増加しはじめ、着色開始直前に最も高い値を示した。成熟過程に入るとクエン酸、全酸ともに減少した。

5. 全アミノ酸含量は生育前期にほとんど変化を示さなかったが、ネット形成が終るころより完熟期にかけて急激な増加を示した。

6. エチルアルコール含量は、初期に少く生育が進むにしたがって緩慢に増加し、完熟期をすぎると甚しい増加を示した。アセトアルデヒドはネット形成の始まる時期に著しく高い値を示した。それ以後はほとんど存在しなかったが、着色開始直前より完熟期にかけて急激に増加した。エチレンはネット形成期と完熟期を過ぎた頃に著しく高い値を示し、また着色開始直前にもかなりの高まりがみられた。

## 文 献

1. BURG, S. P. and E. A. BURG : Role of ethylene in fruit ripening. *Plant Physiol.*, **37**, 179~189 (1962)
2. BURG, S. P. and E. A. BURG : Ethylene action and the ripening of the fruits. *Science*, **148**, 196~1196 (1965)
3. 江口弘美・藤枝国光 : メロン類の品質に関する育種学的研究 (第1報) 糖組成の品種間差異について、昭和41年度園芸学会秋季大会発表要旨, 181~182 (1966)
4. 林真二・平田尚美・植田研一・上田豊 : ナシ果実の熟期促進について、農及園, **45**, 977~988 (1970)
5. 林真二・平田尚美・上田豊・井上耕介 : 黒斑病と二十世紀梨果実の成熟との関係、園芸学研究室 (1970)
6. 平井重三・平田尚美・堀内昭作 : 油処理によるイチジク果実の成熟促進に関する研究 (第6報) 脂肪

酸の酸化生成物処理と果実の物質代謝、園芸学会雑誌, **37**, 20~29 (1968)

7. 平田尚美・梶村重次 : カキ果実の発育生理に関する研究 (第3報), 昭和39年度園芸学会春季大会発表要旨, (1964)
8. 岩堀修一 : エチレンの植物に対する作用と園芸作物への利用, 植物の化学調節, **4**, 40~51 (1969)
9. LYONS, J. M., W. B. MCGLASSON, H. K. PRATT : Ethylene production, respiration and internal gas concentration in cantaloupe fruits at various stage of maturity *Plant Physiol.*, **37**, 31~36 (1962)
10. LYONS, J. M., H. K. PRATT : Effect of stage of maturity and ethylene treatment on respiration and ripening of tomato fruits. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **84**, 491~500 (1964)
11. 益田忠雄・小寺正史 : メロンの栽培に関する研究 II, 果実の発育について、岡山大学農学部学術報告, **2**, 38~43 (1953)
12. 益田忠雄 : メロン果実の発育に関する研究, 岡山大学農学部蔬菜学研究室 (1970)
13. 鈴木英治郎・増田繁 : マスクメロンに関する研究 (第5報) アールスフェボリットの含糖量, 静岡大学教育学部研究報告, **12**, 205~213 (1961)
14. 田村茂 : マスクメロンの花成並に果実の発育に関する生理生態学的研究, 静岡県経済部 (1967)