

## ウメ‘白加賀’の果肉細胞の分裂・容積増大と果実の肥大成長

誌名	名城大学農学部学術報告
ISSN	09103376
著者	新居, 直祐 中島, 三夫
巻/号	24号
掲載ページ	p. 37-43
発行年月	1988年3月

ウメ '白加賀' の果肉細胞の分裂・  
容積増大と果実の肥大成長

新居直祐\*・中島三夫\*\*

---

Fruit Development in Relation to the Cell Division  
and Enlargement of the Flesh in Japanese  
Apricot cv. Shirakaga  
Naosuke NII\* and Mitsuo NAKASHIMA\*\*

---

Summary

Fruit development was analysed by deriving the rate of enlargement and the relative growth rate (RGR) from fruit diameter and weight measurements of Japanese apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc. cv. Shirakaga), in relation to the cell division and enlargement of the flesh region. The peak in the RGR of both fruit diameter and fruit weight attained about four weeks after anthesis at the middle of April with elevating air temperature during this period. The cell division of flesh region had occurred before anthesis, and it continued actively until the early of April. The end point of cell division was estimated at about four weeks after anthesis by the method of allometry between the fruit diameter and cell size in flesh region. In contrast, the image of cell division under microscope was still possible to observe until the end of April. The increase of the velocity of fruit fresh weight coincided with that of fruit dry weight. The velocity of fresh weight peaked about one week before the dry weight growth velocity. Then, the velocity of fruit weight increment decreased during a relatively short period, and it increased sharply again between the early of June until harvest, i.e. as a second enlargement stage. The cumulative diameter increase did not clearly demonstrate a double sigmoid pattern, corresponding with changes in the rate of enlargement, not like other stone fruits. The enlargement of cell size in the flesh region correlated well with fruit enlargement.

**Key words:** fruit growth and development ; relative growth rate ; end point of cell division ; *Prunus mume*

緒 言

ウメの開花期は2～3月であり、気温の低い時期に開花する果樹類に属する。果実の肥大成長と温度条件との関係を実験的に調べた結果によると、適温域においては温度が高いほど初期肥大は促進される(8)。したがって4～5月に開花する果樹類と比較

して、ウメ果実の初期肥大はゆるやかであると考えられる。核果類の果実肥大についてはすでに数多くの報告がみられるが、その中には、果実発育段階に応じた果肉と種子との関係や、それらの細胞組織学的研究などの詳しい調査がみられる(3, 5, 6, 7)。しかしながら、ウメ果実の肥大経過を調査した報告例は少なく、とくに開花直後からの果肉細胞の

---

受理：昭和62年10月31日

\*蔬菜・果樹学研究室, \*\*付属農場

分裂・容積増大などを調査した報告はほとんどみられない。

一般に、核果類のうちモモの果肉細胞の分裂停止期は開花3週目ごろである(5)。いっぽう、Jacksonら(6)はアンズ果実の細胞分裂は開花後15日間ほど続いたと報告している。調査地や調査年度によって果肉細胞の分裂期間に変動がみられると考えられるが、アンズと類縁関係にあるウメ果実の場合、開花直後の低温時において果肉細胞の分裂と容積増大がどのようなものであるのかを検討することは興味深い。果肉細胞の分裂停止期を知る方法として、果径と果肉細胞の大きさを相対成長の理論式に適用して、推定することが一般に採用されているが、この方法には多くの問題点がある。むしろ、果肉細胞の分裂像を直接観察して、細胞分裂の盛期や停止期を決める必要がある。しかしながら、細胞分裂像から直接果肉細胞の分裂や肥大経過を調査した報告は少なく、わずかにブドウについて Considineら(1)が報告しているにすぎない。

本報告は、果実肥大の基礎資料を得るため、ウメ'白加賀'果実について、果径並びに果実と種子の肥大量を成長速度や相対成長率の推移から検討すると

ともに、果肉細胞の分裂像や細胞肥大を調査したものである。

## 材料及び方法

### 1. 果実並びに種子の成長曲線

本学付属農場に栽植中のウメ(品種白加賀、樹齢約17年生)2樹を用いて、1985年に調査を実施した。満開日は3月20日である。果実の肥大調査は発育良好な結果枝から、それぞれ7個の果実を選び、ラベルを着け、4月23日より1週間ごとに果実の横径、側径、縦径を測定した。横径は果実の縫合線に対して平行に、側径は縫合線に対して垂直に測定した。なお果実発育初期では、測定日に各樹から約20個の果実を採取して、写真撮影によって果径を測定した。果実重については、4月23日の測定日までは前述のように各樹より採取した果実を秤量し、それ以降は各測定時の平均果径と同じ程度の果実を1樹から5~10個ずつ採取して測定した。

果実の乾物重の測定や乾物率、成長速度、相対成長率の計算式は既報(10)のとおりである。

種子重は4月23日以降に採取した果実から数個を選んで測定した。

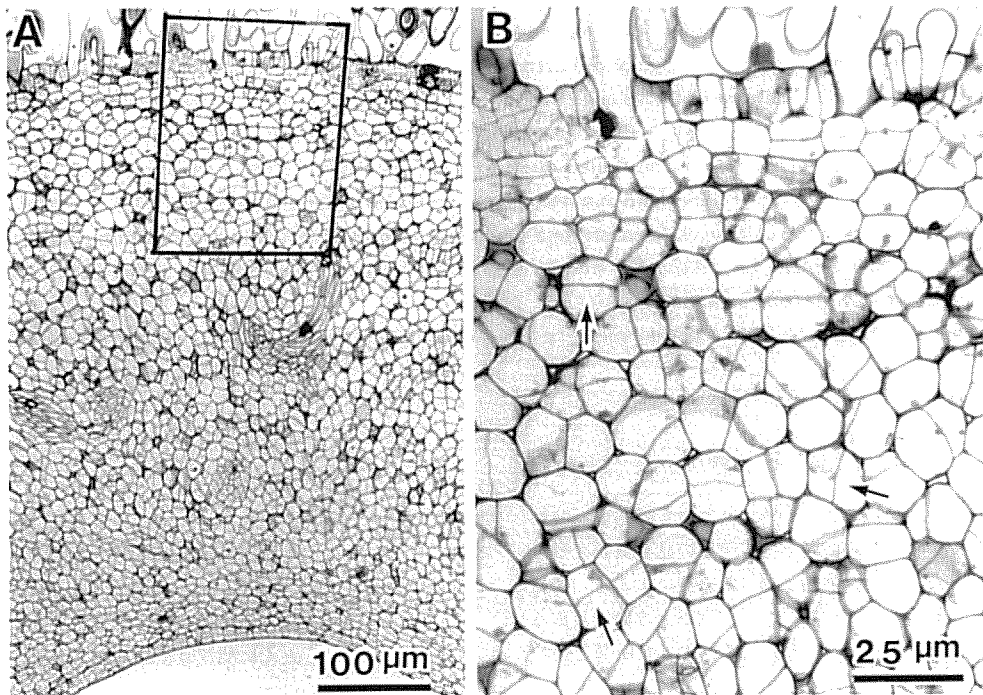


Fig. 1. Transverse sections showing cell division (indicated by arrows) in Japanese apricot fruit at one week after anthesis. B detail from A.

なお5月7日の採取日以降、果汁中の可溶性固形物含量を屈折糖度計の示度により、また滴定酸含量を0.1N・NaOHで中和滴定後、クエン酸含量として示した。

## 2. 果肉細胞の分裂・容積増大について

開花前(開花2日前)の3月18日から果実の収穫日(6月19日)までの期間に採取した果実から平均的な数個を選び、組織観察用試料に用いた。組織片は2%glutaraldehyde(0.1Mリン酸緩衝液, pH7.2)で固定し、切片作成時まで4℃下で冷蔵した。それをエタノール・アセトンシリーズで脱水後、Spurr樹脂(13)に包埋した。ウルトラミクロトームを用いて、ガ

ラスナイフにより約 $1\mu\text{m}$ の厚さの切片を、果実中央部の横断面で作成し、methylene blueで染色後検鏡した。細胞分裂像は第1図の矢印で示したとおりである。分裂像を示している細胞の頻度から、細胞分裂盛期並びに分裂停止期(終期)を検討した。さらに、これを従来から用いられている果径と果肉細胞径の相対成長の理論式(4)から推定される果肉細胞の分裂停止期と比較した。果肉細胞径は各時期の果肉細胞中の平均的な大きさの細胞について長径と短径を測定した。

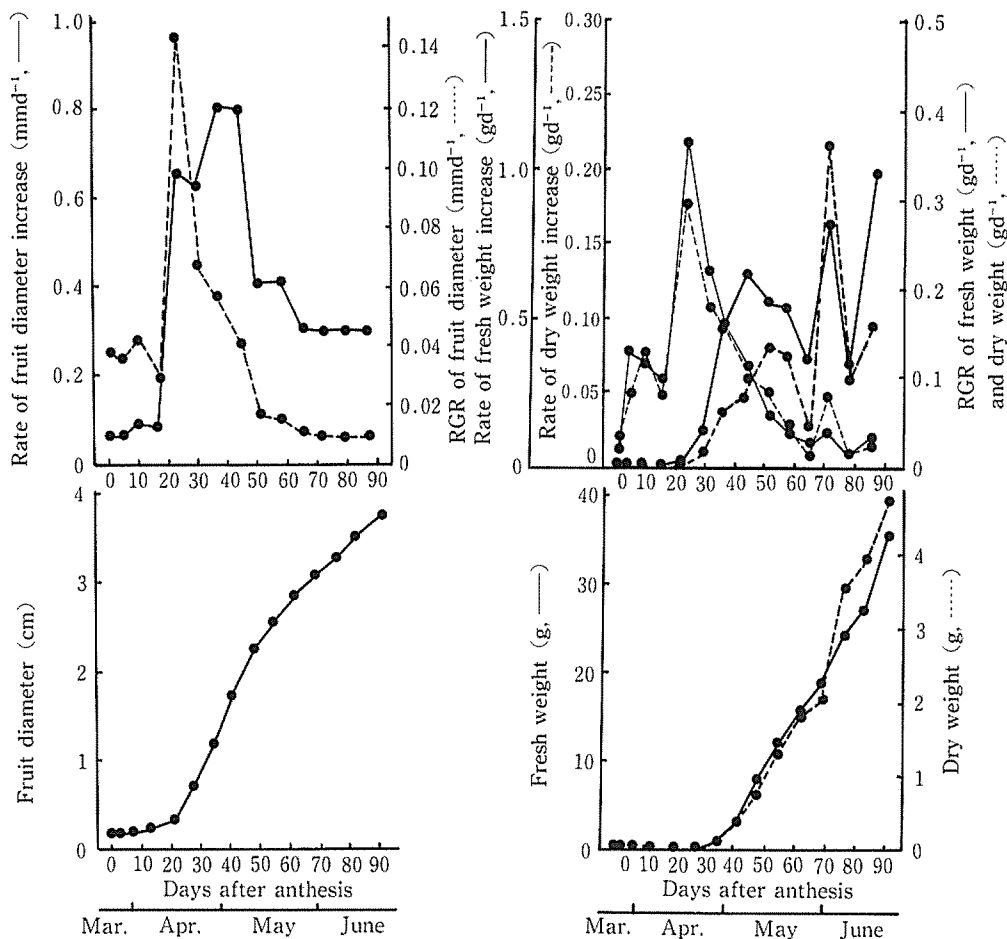


Fig. 2. Cumulative growth curves and changes in growth velocity and relative growth rate (RGR) of Japanese apricot fruit in terms of fruit diameter (parallel length to the suture of the fruit) and fruit weight between bloom and harvest.

## 結果及び考察

### 1. 果実並びに種子の成長曲線

本調査に用いたウメ果実の収穫期は6月中旬(最終調査日6月19日)であった。したがって開花期(満開日3月20日)から収穫期までの期間は13週である。この期間の果実肥大量は横径で0.14cmから3.76cm(26.9倍)、生体重で2.8mgから35.5g( $12.7 \times 10^3$ 倍)、乾物重で0.8mgから4.7g( $5.9 \times 10^3$ 倍)になった。これらの肥大量の季節的变化を累積曲線からみると(第2図)、開花期より4月中旬ごろまではほとんど上昇しない曲線が得られた。また、相対成長率の極大も開花後3~4週目に現われた(第2図)。このような果実肥大量の季節的变化を片対数グラフで示すと第3図のようになり、開花直後からの肥大成長がゆるやかではあるが、指数関数的に肥大していることが示されている。

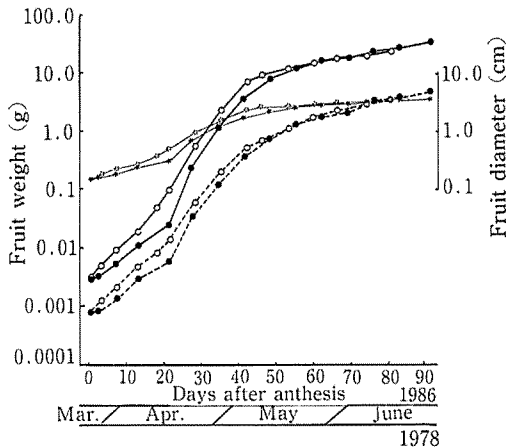


Fig. 3. Cumulative increase of fresh weight (—○—), dry weight (••••) of the fruit, and fruit diameter (—○—) of Japanese apricot between bloom and harvest. open symbols: 1978 season; closed symbols: 1986 season.

本調査に用いたウメの開花期は3月下旬であり、気温の低い時期が開花後約20日間ほど続いた、このため開花初期の低温が果実の成長速度に大きく影響したと思われる。3月下旬から4月上旬の気温変化をみると、最高気温で18℃以下、平均気温で13℃以下の日が続いた。相対成長率の上昇の始まる4月10日前後の数日間は、最高気温が20℃を越え、平均気温も15℃前後と高くなった、Jackson(6)ら

もアンズ果実の調査から、開花後の3~4週間の気温と果実の成長速度とは密接に関連することを指摘している。

以上の結果から、ウメ'白加賀'果実の成長ポテンシャルは開花後3~4週目の4月中旬がもっとも高かったと思われる。これまでに調査した果樹類の開花後の果実肥大の相対成長率の極大期は、モモ'白桃'で11~14日目(9)、日本ナシ'新世紀'で14日目(10)、温州ミカンで21日目(11)、カキ'富有'で数日目(12)となっており、ウメ'白加賀'の場合は比較的遅い時期に現われている。

果実肥大の成長速度の変化は第2図のとおりである。果径肥大の成長速度は、4月中旬より高まり、4月下旬ごろに極大値があり、その後次第に低下した。これに対して、果実重は生体重、乾物重ともに果径より遅れて、4月下旬ごろから上昇し、生体重の極大が5月上旬にみられ、乾物重は約1週遅れて極大に達した。果実重の累積成長曲線からは肥大の停滞期は明らかでなかったが、5月下旬ごろに成長速度の低下する時期が認められた。その後、6月上旬以降、生体重、乾物重とも再び増大した。なお、果径肥大の成長速度の高い時期においては果実の乾物率は低い値を示し、成長速度の極大時には、乾物率は最小の値を示した(第4図)。このような傾向はモモ果実でも認められている(9)。

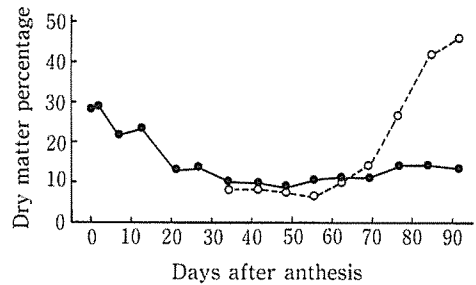


Fig. 4. Changes in the dry matter percent of Japanese apricot fruit between bloom and harvest. ● fruit; ○ seed.

本調査結果では、核果類に特有の2重のS字曲線は果径肥大からは明らかではなかった。しかしながら果実重が収穫期前より、再び増大したことにより後期肥大期が確認された。果実重の成長速度が停滞する期間はウメ'白加賀'では短いものと考えられる。核果類のモモについても品種によって、成長の停滞期が相当に異なり、'Greenhor'ではわずか5日間であるという報告もみられる(7)。

モモ果実について、Chalmersら(2)は生体重の成長速度曲線が、乾物重の推移と時間的に相違することを報告している。今回のウメ果実の場合は、生体重と乾物重はほぼ同じ時期に上昇し、その後、生体重の増加速度の極大が、乾物重のそれより早く現われた。6月上旬の果実重の増加期には、乾物重、生体重とも同様な曲線を描いた。この結果は既報(9)の場合と同様である。この乾物重の上昇時には、果汁中の可溶性固形物含量の上昇とともに(第5図)果実や種子の乾物率が高まる時期と対応していた(第4図)。

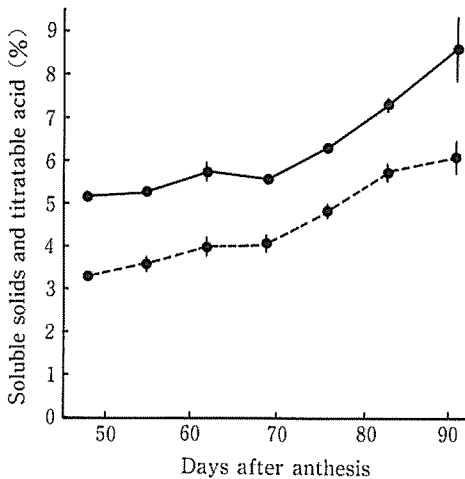


Fig. 5. Changes in content of soluble solids (—) and titratable acid (.....) in the flesh juice of Japanese apricot throughout the growing season. Vertical lines are standard deviations.

種子の生体重は5月中旬まで急増し、その後ほぼ一定の値を示した(第6図)。これに対して、種子の乾物重は、モモの例(3)のように、2重のS字曲線を描き、5月下旬以降の増加が顕著であった。すなわち、種子の硬熟期が5月下旬ごろより始まることになる。本調査に用いたウメ果実の場合、果実の肥大成長と種子成長との競合関係はみられなかった。核果類の場合、種子の成長と果実の肥大成長との関係が指摘されている(3, 6, 7)。Chalmersら(3)はモモ果実について、果実成長と種子成長とは対応していることを報告しているが、種子のsink力は弱く、種子成長によって、果実成長が抑制されることはない」と述べている。さらに種子の果実成長への役割について、果実の乾物蓄積期には、種子からの刺

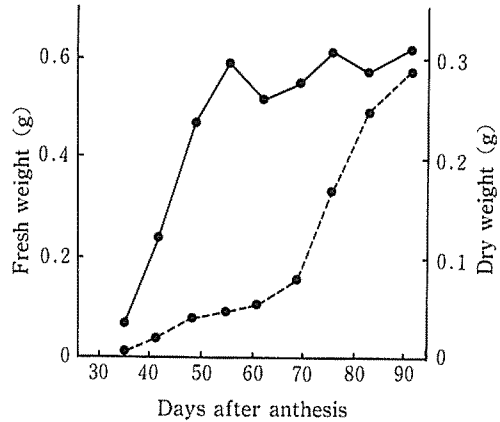


Fig. 6. Cumulative growth curves of seed in Japanese apricot fruits throughout the growing season. — fresh weight; ..... dry weight.

激による反応が果実内にかかることから、乾物蓄積の低下はこれらの刺激の欠如によると考察している。また石田ら(5)も、モモ果実を用いた調査から、硬核期の果実肥大の停滞期は、種子成長による養分競合の結果でないと推論している。

なお、1978年度に、予備的に調査した結果を第3図に合わせ示したが、1985年度とほぼ類似した果実肥大の傾向を示した。

## 2. 果肉細胞の分裂・容積増大について

第1図はウメ果実の細胞分裂像を示したものである。1視野当たりの細胞分裂像からみると、細胞分裂は開花前から活発にみられ、とくに開花後約1週間ごろまでは、果肉の大部分の細胞が多方向に分裂しているのが観察された。このように3月下旬から4月上旬の低温時においても果肉細胞の分裂は活発に行われていることが明らかである。その後次第に分裂像の頻度は低くなったが、4月23日ごろにもわずかに分裂像は認められた。果径と果肉細胞径の相対成長の相関図(第7図)から推定して、4月中旬ごろに反曲点がみられる。この結果から、分裂停止期は4月16日付近となる。いっぽう、顕微鏡観察によると、4月下旬ごろまでわずかに分裂像が認められることから、相関図の反曲点付近よりさらに遅くまで果肉細胞は分裂する。しかしながら、果肉細胞数の大勢はこの反曲点付近と決定するのが妥当であるように思われる。すなわち、ウメ'白加賀'の大部分の果肉細胞の分裂停止期は開花後4週目ごろに相当する。

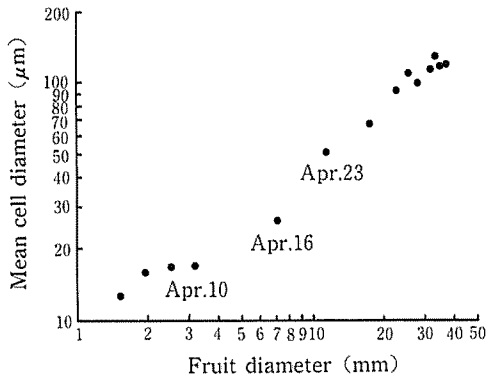


Fig. 7. Relative growth of cell diameter in the mesocarp to fruit diameter (parallel length to the suture of the fruit) in Japanese apricot fruit.

果肉細胞の容積増大と果実の肥大曲線とはよく対応していた(第8図)。4月中旬以降、果実肥大が盛んになる時期の細胞容積の増大は特に著しかった。すなわち4月16日の測定日とその前後の1週間は

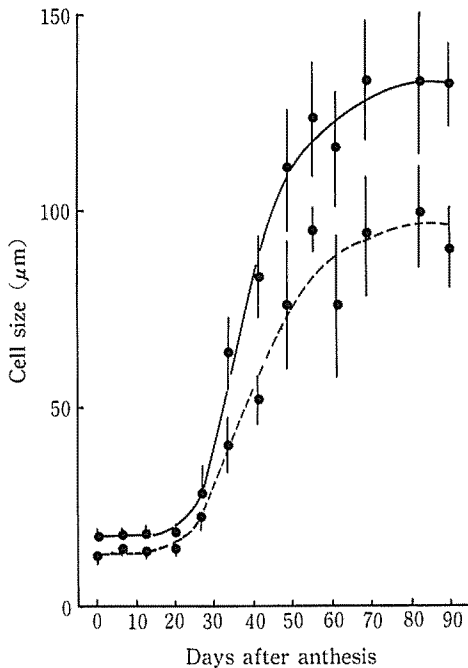


Fig. 8. Cell size in the mesocarp in relation to time in Japanese apricot fruit between bloom and harvest. — cell length; ···· cell width. Vertical lines are standard deviations. Curved lines were fit by eye.

果実肥大および細胞径の拡大はとくに急激であった。5月中旬以降の果径の成長速度がほぼ横ばい状態になる時期には、細胞径の拡大にもぶる傾向がみられたが、最終調査日まで細胞はゆるやかに肥大した。

果肉細胞の分裂像を観察することは、細胞分裂の停止期を確認する上で重要である。事実今回の調査でも、果径と果肉細胞径の相対成長の理論式より推定される分裂停止期より遅くまで果肉細胞は分裂していることが認められた。また果肉のどの部位で細胞分裂が盛んであり、どの方向に分裂を繰り返しているかなどを視覚的に観察できる。ウメ果肉の中央部では開花初期から多方向への分裂がみられた。なお石田ら(5)はモモ果実の場合、表皮付近の細胞と維管束の回りの細胞は収穫期に至るまで分裂を続けることを報告している。ウメ果実においても、4月16日には果肉部の細胞分裂が少なくなっていたのに対し、表皮側では多く観察された。なお果実の肥大につれて、表皮側の細胞分裂像の確認が困難となり、本調査では詳細な観察はできなかった。

以上のように、ウメ果実の果肉細胞は開花期前より細胞分裂を繰り返し、細胞数を増大したが、とくに4月上旬までの細胞分裂が盛んであった。果肉細胞の分裂は開花4週目ごろにはほとんど終了したが、その後、気温の上昇とともに、急速に細胞は容積を増大した。その結果、果実細胞の容積増大は果実の肥大経過とよく対応して変化した。

## 摘 要

ウメ果実(品種白加賀)の肥大成長を解析するために、果径や果実重の成長速度および相対成長率の季節的变化を調べるとともに、果肉細胞の分裂・容積増大を観察した。相対成長率からみて、ウメ果実の肥大は気温の上昇する4月中旬の開花4週目ごろに極大期がみられた。果肉細胞の分裂は、開花前よりすでに盛んにみられ、4月上旬ごろまで活発であった。果肉の細胞分裂の停止期は、果径と果肉細胞径の相対成長の理論式からみて、開花後4週目ごろであったが、細胞分裂像は4月下旬ごろまでわずかながら観察された。果実の生体重と乾物重の成長速度の変化をみると、両者とも同じ時期に上昇を始め、生体重の増加速度の極大が乾物重のそれより約1週早かった。その後一時成長速度の低い時期がみられたが、6月上旬に果実重は再び急激に高まり、2回目の肥大期に入った。核果類特有の典型的な2重のS字曲線は、果径の累積成長曲線からは認めら

れなかった。果実の肥大経過と細胞容積の増大とはよく対応していた。

### 謝 辞

本研究を行うに当たり、当研究室の山本勝哉氏の協力を得た、心から感謝の意を表する。

### 引用文献

- 1) CONSIDINE J. A. and R. B. KNOX (1981) Tissue origins, cell lineages and pattern of cell division in the developing dermal system of the fruit of *Vitis vinifera* L. *Planta.*, 151: 403-412.
- 2) CHALMERS D. J. and B. van den ENDE (1975) A reappraisal of the growth and development of peach fruit. *Aust. J. Plant Physiol.*, 2: 623-634.
- 3) CHALMERS D. J. and B. van den ENDE (1977) The relation between seed and fruit development in the peach (*Prunus persica* L.). *Ann. Bot.*, 41: 707-714.
- 4) HUXLEY J. and G. TEISSIER (1936) Terminology of relative growth. *Nature.*, 137: 780-781.
- 5) 石田雅士, 稲葉昭次, 傍島善次 (1973) モモ果実の発育に関する生理学的研究, I. 果実発育に伴う組織学的変化. 京府大学報(農学), 25: 1-9.
- 6) JACKSON D. I. and B. G. COOMBE (1966) The growth of apricot fruit. 1. Morphological changes during development and the effects of various tree factors. *Aust. J. Agric. Res.*, 172: 465-477.
- 7) LILIEN-KIPNIS H. and S. LAVEE (1971) Anatomical changes during the development of 'Ventura' peach fruits. *J. Hort. Sci.*, 46: 103-110.
- 8) 新居直祐 (1971) 果樹の発育と昼夜の温度条件に関する研究. ブドウと温州ミカンを中心として. 静岡大農学部園芸研究報告, 5: 1-89.
- 9) 新居直祐 (1979) モモ果実の肥大生長と果柄部維管束の発達との関係. 園芸研究集録, 9: 13-18.
- 10) Nii N. (1980) Seasonal changes in growth and enlargement of the Japanese pear fruit, *Pyrus serotina* cv. Shinsheiki, in relation to vascular bundle development in the pedicel and flesh. *J. Hort. Sci.*, 55: 385-396.
- 11) 新居直祐 (1980) ウンシュウミカンとハッサク果実の肥大生長と葉及び果柄の組織系の分化・発達との関係. 園学雑, 49: 23-35.
- 12) 新居直祐 (1980) カキ '富有' 果実の肥大生長と果柄部維管束の発達について. 園学雑, 49: 160-170.
- 13) SPURR A. R. (1969) A low viscosity epoxy resin embedding medium for electron microscopy. *J. Ultrastructural Res.*, 26: 31-43.