

果実の組織細胞内に生成される物質の蓄積形態について

(1) リンゴ及び西洋ナシ果実デンプン粒の 消長に関する走査型電子顕微鏡観察

渡 部 俊 三・大 隅 玄 江・井 沢 紋 庸
(山形大学農学部果樹園芸学研究室)

Studies on the Histogenesis of Accumulation of Producing Materials in Fruit Tissue Cells

(1) Scanning Electron Microscopic Observations of the Pattern of Starch Granules in Apple and Pear Fruit

Shunzo WATANABE, Motoe OHSUMI and Ayanobu ISAWA
Laboratory of Pomology, Faculty of Agriculture,
Yamagata University, Tsuruoka 997, Japan
(Received November 26, 1990)

Summary

1. During the development of apple and pear fruits, starch granules are formed on the amiloplast of pericarp cells. These granules then gradually disappear as the fruit fully matures
2. For apples, the period when these granules are formed mid to late June. For pears, the period is late June through early July.
3. The pattern by which starch granules are formed on both apples and pears is quite similar. In both case, it is a pattern in which 3 granules develop as a single, composite granule.
4. It seems that there is a very close relationship between the growth and disappearance of these granules and the course of fruit maturation in both apple and pear varieties.

Keywords: starch granules, apple and pear fruit.

I. 緒 言

われわれが食用としている果実は、子房または子房とその付属器官が発達したものが多く、その子房壁(外果皮、中果皮、内果皮)や、種子には色々な物質が生成され、蓄積していることが多い。

これらにおいては、果実の生長にともない、しだいに樹種特有の物質が生産され、それが特定の組織(細胞)に蓄積されたものとみることができる。例えば、リンゴやナシの果実では、外果皮表皮細胞のクチクラと呼ばれる組織にはクチンなど多種類の物質が生成さ

れ蓄積し、epicuticular wax や、やや硬いクチクラ組織を形成している。また、表皮細胞や下皮細胞の液胞内にはアントシアニンなどの色素が特に多量に生成され、このため、リンゴやブドウ、モモなどの成熟した果実(果皮)は外観的に赤色を呈している。

さらに、中果皮(果肉組織)の細胞内にはクロロフィル、アントシアニン、タンニン、デンプン、リグニン及びカルシウムなどの物質が生成されやすく、着色細胞、タンニン細胞、デンプン粒、石細胞など果実の品質決定上重要なポイントとなる物質の蓄積が行われている。

一方、オウトウ、モモなどの核果類と称される果樹の果実では、内果皮組織の細胞内や細胞壁にカルシウムやリグニンが蓄積しやすい特性があり、この硬核組

キーワード: デンプン粒, リンゴ果実, ナシ果実
[1990年11月26日受理]

織が内部の胚の発育およびその後の保護に機能しているものと考えられる。さらに、種子の外側に当たる種皮(珠皮)組織にも水湿不透性とみなされる組織構造がみられるものが多く、この組織細胞には種々の物質(リグニン、タンニン、セルロースなど)が蓄積していることが知られている。

このように果実を構成する各組織の細胞内には種々の物質の独特の蓄積形態があり、それを観察することは果実の生長過程(成熟、熟度)を知ることにもつながり、さらには異常生長や病変徴候を知る手がかりにもなりうるものと考えられ、果樹の栽培技術面においても応用面が多いものと思われる。

本研究は、主として SEM を用い、簡単に把握できる果実細胞内や細胞壁における物質の蓄積形態(果実組織をカミソリ刃などで切断し固定した場合、細胞外に溶出してしまふ物質は、普通型の SEM では映像としてとらえにくいので、切断、固定、脱水処理を行っても、なお細胞内に残留する物質の蓄積状態)を調査し、果実の生長肥大と蓄積物質との関係及び熟度との関係を明らかにしようとしたものである。

本報告は第1報として、リンゴ及び西洋ナシ果実の果実の果肉組織の切断面を SEM により観察し、果実の生長にともなう果肉組織内デンプン粒の消長について調査し、果実の成熟との関係について考察したものである。

Ⅱ. 材料及び方法

リンゴ(‘スターキング デリシャス’[以下 ‘S.D.’], ‘ふじ’)及び西洋ナシ(‘パートレット’)の成木から無作為に材料果実を採取し、FAA で固定後、エタノールで脱水し、酢酸イソアミルに置換後、臨界点乾燥し、金蒸着して SEM(日立-430)で観察した。

リンゴは1989年6月上旬から10月上旬までの間、毎月3回材料果実を採取し、西洋ナシは、6月上旬から8月下旬まで、同様に材料採取を行った。なお、SEM 観察に際しては、果実赤道部の果皮、果肉組織を接線方向に切断し、果皮を含む約5mmの立方体(細片)とし、その切断面を観察しながら写真撮影し、得られた画像についてデンプン粒発生の有無、形態などの比較検討を行った。

Ⅲ. 結果及び考察

1. 果肉細胞(アミロプラスト)内におけるデンプン粒の消長

(1) リンゴ果実

a. 果実の生長にともなう果肉細胞内デンプン粒の消長(‘S.D.’)

6月上旬から7月上旬にかけての観察結果では、図版Ⅰ-Aに示すように、果肉細胞内のアミロプラストにか粒状のデンプンを確認することができなかった。しかし、6月中～下旬になると、アミロプラスト内に単粒又は複粒状のか粒が認められた(図版Ⅰ-B)。

このような状態は‘S.D.’では9月中旬頃まで続いたが、9月下旬頃からは、果肉細胞内が複粒状のデンプン粒で充たされるようになった(図版Ⅰ-C)。そして、10月上～中旬頃からは、細胞壁にわずかに付着する程度に残存するデンプン粒しか認めることが出来なかった(図版Ⅰ-D)。

b. 果実の生長にともなう果肉細胞内デンプン粒の消長(‘ふじ’)

‘ふじ’の場合は、デンプン粒の発生時期は‘S.D.’と変りがなく、6月下旬頃と思われたが、消失の時期は遅く、10月下旬～11月上旬頃と思われた。デンプン粒の発生のピークは10月上旬頃とみなされ、その時期には図版Ⅱ-Cに示すように、果肉細胞のアミロプラスト内に複粒型(3個のか粒が密着したものが多い)のデンプン粒が多数観察された。

なお、収穫後約3週間経過した果実では、果肉細胞内のデンプン粒はほとんど消失していた(図版Ⅱ-D)。

(2) 西洋ナシ果実(‘パートレット’)

観察に用いた‘パートレット’では、6月下旬～7月上旬頃に果肉細胞内にデンプン粒の形成が認められた(図版Ⅲ-A, B)。この時期のデンプン粒は単粒で小型のものが多く、果肉組織の切断によって、細胞外に流出しやすいように思われた。

‘パートレット’の場合はデンプン粒形成のピークは7月下旬(図版Ⅲ-C, D)頃と思われたが、この時期のデンプン粒は3個のか粒が連結接合した複合粒であり(図版Ⅲ-D)、8月中～下旬には細胞内からの流出粒(図版Ⅳ-D)や、すでに消失した細胞(図版Ⅳ-A, C)が観察された。

2. 果肉細胞（アミロプラスト）内に形成されるリング及び西洋ナシのデンプンカ粒の形態

(1) 果肉細胞内における発生形態

リンゴ果実の場合は果肉細胞内に全面的に展開された膜面上に、卵塊状にデンプンカ粒が形成されており（図版Ⅱ-B）、西洋ナシの場合は、細胞内にベルト状に展開した膜面上に、やや不規則に形成されたデンプンカ粒が認められた（図版Ⅳ-B、C）。

(2) デンプンカ粒の形態

リンゴ、西洋ナシの果実ではお互いに酷似した形態のデンプンカ粒を形成する。その形成初期には、おそらく単粒構造で、のちに分裂して複粒型となるのではないかと思われたが、この点確認することはできなかった。大宮ら^{6,7)}はリンゴ‘ジョナゴールド’果実のデンプンカ粒を観察し、成熟期のデンプン粒は表面が滑らかで、2～数個のデンプン微粒子よりなる複粒構造を呈していたと報告している。また、西洋ナシでは、いわゆるデンプンカ粒の消失の場合、複合粒が分解して単粒状になるのではないかと思われたが、これについても十分な確認はできなかった。

3. 果肉細胞内のデンプンカ粒の消長と果実の成熟との関係

西洋ナシ及びリンゴ果実の成熟にともなう果肉組織内化学成分の消長にふれた BAIN (1961)¹⁾ 及び 苦名 (1971)⁹⁾ の報告によると、果肉内のデンプン含量は成熟前期直前にピークに達し、その後は成熟が進むにつれて減少下降している傾向がみられる。また、ヨード・ヨードカリ液を用いて果実断面のヨード反応を測定した NORTHE (1971)⁵⁾ の報告をみても、これと同様の徴候が示されている。

本観察の結果も、これらの分析、反応結果とはほぼ一致しており、果実の成熟徴候（着色、葉緑素の消失、糖の増加、果肉硬度の低下など）と、果肉細胞内のデンプンカ粒の消長とは（特別な場合を除けば）関係が深いものと思われた。

ただ、本観察の場合、材料果実の固定処理が不十分であること、そして使用 SEM も普通型であるため、細胞内容物の溶出や、萎縮などの問題があり、実像を得るためにはこの点の改善をはかる必要があると思われた。すなわち、固定液としてはオスミック酸やグルタルアルデヒドの使用、電顕機種としてはクライオ型の SEM を使用して観察することである。

さらにデンプンカ粒については大宮ら^{6,7)} のように画像処画や X 線分析装置による量的な測定をあわせて

実施し、形態的な把握だけではなく、量的な推移を確かめることが必要と思われた。

Ⅳ. 摘 要

1. リンゴ及び西洋ナシでは、果実の生長にともない果肉柔細胞内のアミロプラストにデンプンカ粒が形成され、果実の成熟期には、それが、しだいに消失した。

2. デンプンカ粒の形成時期は、リンゴ果実では6月中、下旬頃、西洋ナシでは6月下旬～7月上旬頃であった。

3. リンゴ及び西洋ナシの果肉柔細胞内に形成されるデンプンカ粒は、3個のか粒が密着した複粒型のか粒で、両者の形態は類似していた。

4. リンゴ及び西洋ナシとも、果実の成熟と果肉柔細胞内のデンプンカ粒の消長とは関係が深いものと思われた。

文 献

- 1) BAIN, J. (1961) : Some morphological, anatomical, and physiological changes in the pear fruit during development and following harvest. *Aust. J. Bot.* **9** : 99-123.
- 2) 原 弘道・松田智明・松田照男 (1988) : クリ果実における組織形成と転流・蓄積に関する研究 (第1報) アミロプラストの増殖様式に関する走査型電子顕微鏡観察 園学要旨 昭63秋 : 212-213.
- 3) 原 弘道・松田智明・松田照男 (1989) : クリ果実における組織形成と転流・蓄積に関する研究 (第2報) アミロプラストの発達過程に関する透過型電子顕微鏡観察 園学雑 58別-2 : 166-167.
- 4) MURNEEK, A. E. (1923) : Studies of physical and morphological changes in Bartlett pears. *Aust. J. Bot.* **X** : 310-324.
- 5) NORTHE, G. J. (1971) : The use of the starch-iodine staining test for assessing the picking data for pears. *Rept. East Mall. Res. Sta.* (1970)
- 6) 大宮あけみ・垣内典夫 (1989) : 生長過程におけるリンゴ果実のデンプン粒の形態的変化 園学雑 58別-1 : 152-153.
- 7) OHMIYA, A. and N. KAKIUCHI (1990) : Quantitative and morphological studies on starch of apple fruit during development. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* **59** (2) : 417-423.

- 8) SIMONS, R. K. and M. C. CHU (1982) : Anomalous characteristics of cellular structure related to corking in apples. *Scientia Hort.* **19** (1983) : 113-124.
- 9) 苔名 孝(1970) : 果実の生理 養賢堂
- 10) TUKEY, H. B. and J. O. YOUNG (1942) : Gross morphology and histology of developing fruit of the apple. *Bot. Gaz.* **104** (1) : 3-25.
- 11) VERNER, LEIF (1938) : Histology of apple fruit tissue in relation to cracking. *Jour. Agr. Res.* **57** (11) : 813-824.
- 12) WETZSTEIN, H. Y. and M. E. WETZSTEIN (1981) : Scanning electron microscopy and size analysis of temperature-induced in vivo potato starch breakdown. *Jour. Amer. Soc. Hort. Sci.* **106** (5) : 688-690.

図版説明

図版Ⅰ．果実の生長にともなう果肉細胞内デンプンか粒の消長（‘スターキングデリシャス’）

- A : 果肉細胞内には、やや萎縮した細胞内容物が認められるものが多いが、デンプンか粒は認められない。5月24日。×250
- B : やや大型の果肉細胞内にデンプンか粒の存在が認められた。6月24日。×250
- C : 果肉細胞内に多数のデンプンか粒が認められた。9月24日。×250
- D : 一部の細胞を除いて、多くの果肉細胞は細胞内にわずかにデンプンか粒が認められるのみで、他は消失していた。10月14日。×250

図版Ⅱ．果実の生長にともなう果肉細胞内デンプンか粒の消長（‘ふじ’）

- A : 果肉細胞内には細胞内容物（やや萎縮状態）が認められるものの、デンプンか粒は認められない。7月4日。×100
- B : 多数のデンプンか粒が果肉細胞内に認められる。10月4日。×250
- C : 果肉細胞内におけるデンプンか粒の形態。10月12日。×1,000
- D : デンプンか粒はほとんど果肉細胞内から消失してしまっている。11月19日。×200

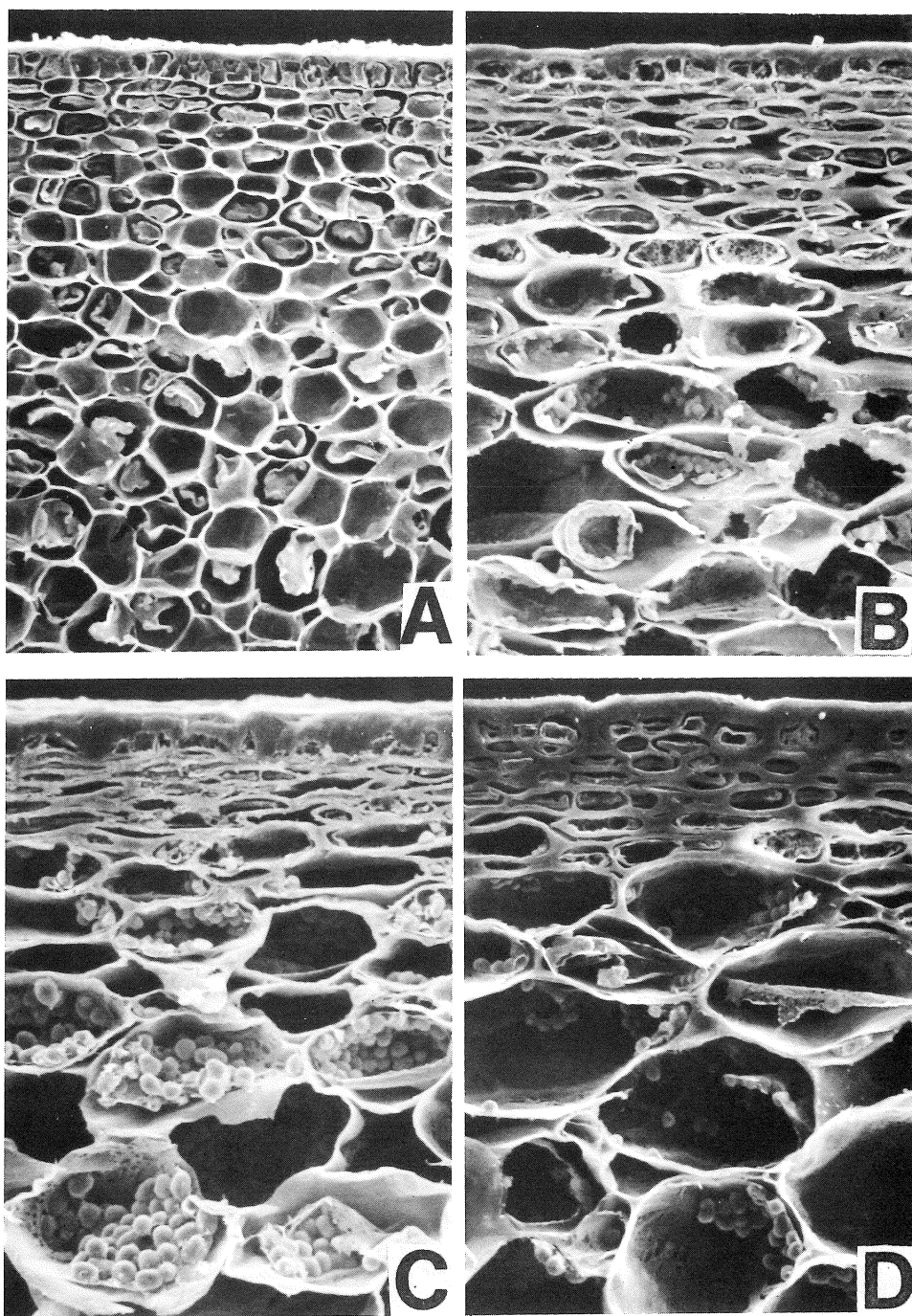
図版Ⅲ．果肉細胞内に形成されるデンプンか粒の消長（‘パートレット’）

- A : 下皮、果肉細胞内に形成されはじめたデンプンか粒。7月1日。×500
- B : 果肉細胞内に形成されたデンプンか粒。大粒と小粒が混在している。7月10日。×1,000
- C : 果肉細胞内に形成されたデンプンか粒。7月25日。×1,000
- D : 形成されたデンプンか粒の形態。形成間もない小粒以外は、3つの粒子が連結接合した状態（複合か粒）で、それらが独立して細胞内に存在している。8月1日。×4,000

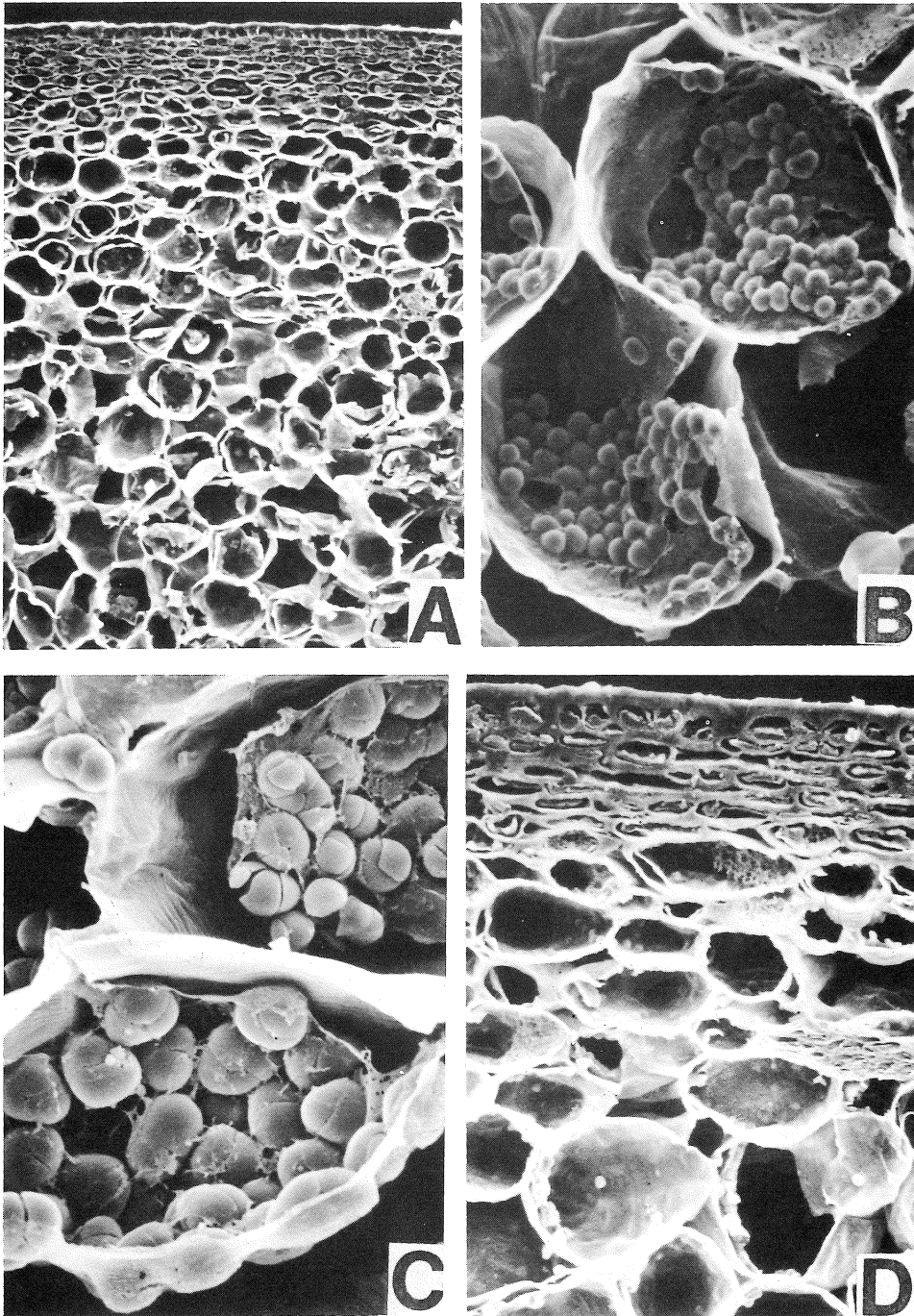
図版Ⅳ．果肉細胞内に形成されるデンプンか粒の消長（‘パートレット’）

- A : 果肉組織の切断の仕方によるか、形成後に消失したのか細胞内に存在するデンプンか粒の少ない細胞が観察された。8月10日。×1,000
- B : デンプンか粒が細胞内に多数結集する細胞が観察された。8月20日。×1,000
- C : 果肉組織の切断により、細胞内のデンプンか粒が流出しやすい傾向がみられた。8月25日。×1,000
- D : 細胞外に流出したデンプンか粒（複合か粒）。8月25日。×2,000

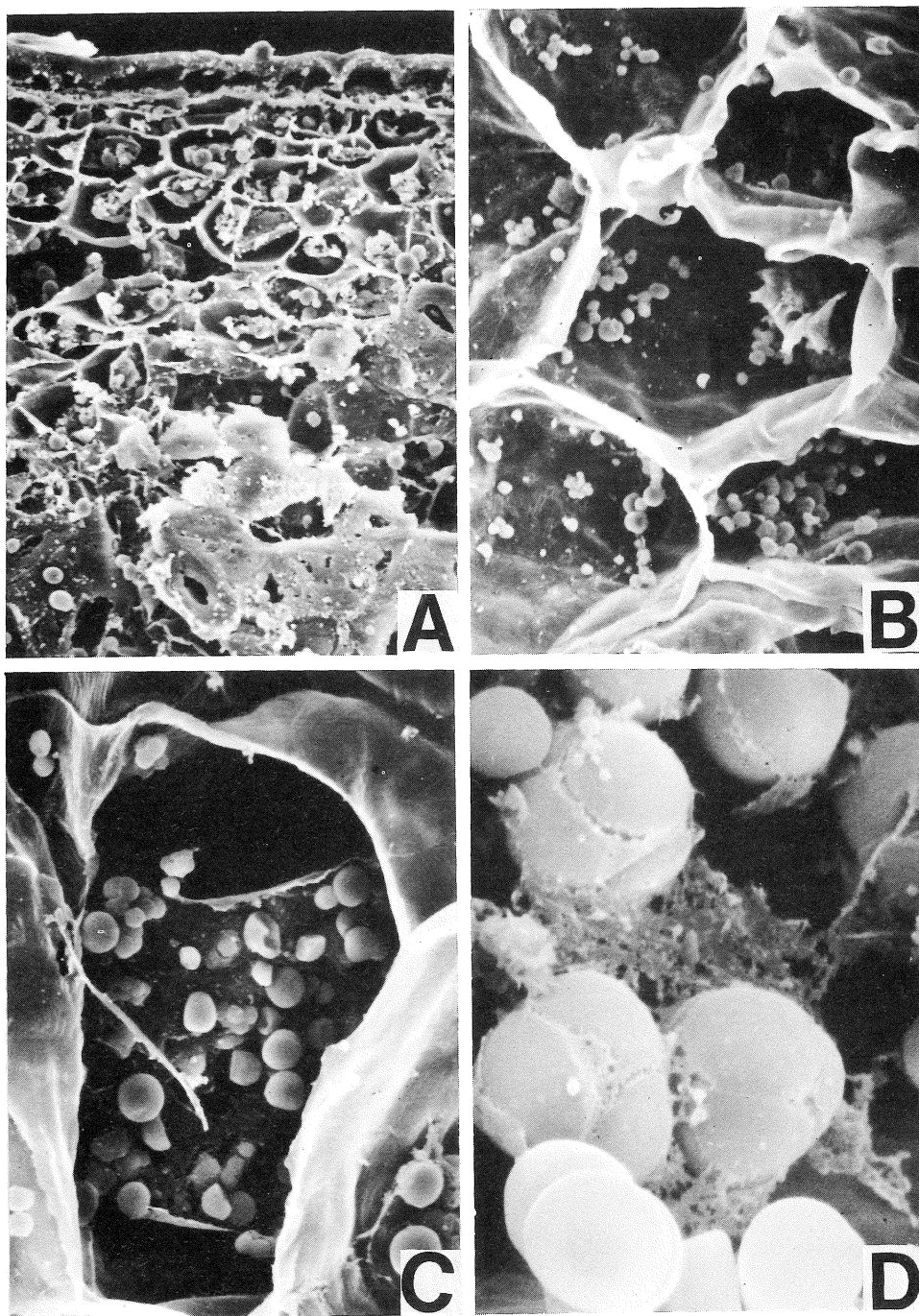
図版 I



図版Ⅱ



図版Ⅲ



図版 IV

