

サヤインゲンの形態学的研究(1報)

今 中 鏡 子・川 上 いつゑ*

Morphological Studies on the Kidney Beans (1)

Kyōko IMANAKA and Itsue KAWAKAMI

I は じ め に

インゲンマメは南米原産で、我国には隠元禅師によって1654年中国から輸入されている¹⁾²⁾。現在は野菜の一種として旬を問わず年間を通じて各地で栽培され、季節によってはハウス栽培などの方法も行われている。市販されているサヤインゲンは主に収穫直後の生のものであるが、冷凍ものも出まわりそれらを用いた料理も和、洋、中華さまざまに広く利用されている。

このように一般化されて用いられるサヤインゲンは、生食の場合は開花後20日前後の結実した子房である。品種は多くつる性種とわい性種とがあり、それぞれに10品種以上を数える³⁾。

本観察では高知県産新江戸川(ハウス栽培)と広島県産黒三度(露地栽培)の2品種を用いた。いずれもわい性種である。新江戸川は広島県地方に前年の12月から5月初旬まで出まわり、収穫後2日目ものが市販されている。その後5月中旬から7月頃までは広島県産の露地ものが出まわり、黒三度はその中の一品种である。この2品種の収穫直後のものの組織学的な形態を光学顕微鏡で観察した。

一般になまもの野菜として消費と生産、貯蔵と輸送などの問題を適当に調整するために必ず冷蔵、冷凍、解凍などが必須となり、これらに関連した品質変化が考えられる。こうした問題をふまえて、まず収穫直後の新鮮な試料の形態として顕微鏡的組織像を把握して

おかなければならない。それを冷蔵、冷凍、解凍後の品質変化の論点の基準としたい。

II 材料および方法

1. 材料

インゲンマメ (*Phaseolus vulgaris* L.) を用いた²⁾。品種はわい性種で新江戸川(高知県産ハウス栽培)と黒三度(広島県産露地栽培)の二品種を用いた。

2. 方法

(1) 切片作成: カルノア氏液で固定。常法によりパラフィン切片を行った。切片の厚さは5 μ である。

(2) 染色: 次の二方法を用いた。

a. サフラニン (safranin) とライトグリーン (light-green) の二重染色⁴⁾

b. ライトグリーンとゲンチャンバイオレット (gentian violet) とヨード・ヨードカリ (iodine and potassium iodate) の三重染色

(3) 検鏡: 光学顕微鏡(生物顕微鏡 Nikon SF-Ke, 実体顕微鏡 Nikon SMZ-10)

(4) L-アスコルビン酸の検出: L-アスコルビン酸の検出のため硝酸銀処理を行う⁵⁾。

(5) L-アスコルビン酸の定量: インドフェノール (indophenol) 適定法によった⁶⁾。試料調整は図3のように5本のサヤインゲンからそれぞれの部位を採取し5gとした。

* 筑紫女学園短期大学

Ⅲ 結果および考察

図1のサヤインゲンを基部から先端に至る中心軸に対し子葉部を通るように垂直に切る。図2はその横断面である。今回の観察は写真2以外全てこの横断面について行った。

1. サヤインゲンの構造の概要

図2に示すようにサヤインゲンの子房は莢(果皮)、珠柄、臍、種子に大別される。

莢は外果皮、中果皮、内果皮から構成されている。中果皮には管束がほぼ等間隔に通っている。中果皮の背部側と腹部側には管束群がある。果皮から珠柄へ、珠柄から臍を経て種子へ栄養分が供給される。

サヤインゲンは無胚乳種子であって、胚乳は発達せず子葉に養分を貯える⁴⁾⁷⁾。子葉の周囲は種皮でおおわれ種皮上部には臍との接点にトックリ状組織がある。

(以下の写真部位については、図4の断面図に示した。)

2. 莢(果皮)

写真1は莢である。外果皮(EC)、中果皮(MC)、内果皮(EnC)とからなり、中果皮には管束がみられる。

写真2は採取直後のサヤインゲンの表面を薄くそいで表皮を無処理のまま生物顕微鏡10×10で撮影したものである。このように外果皮の最外層には表皮細胞以外に毛(H)や気孔(ST)が無数に存在している。

写真3は毛である。赤くサフラニンに好染した毛とその基脚に2種の副細胞とがある。副細胞には核がありL-アスコルビン酸など環元性物質に富み、その部分は銀(Ag)で黒く染色されている。毛の基脚にある副細胞は毛の増殖を行っている。このように活性の部分の細胞はアスコルビン酸を多く含むのが普通である。

写真4は気孔である。気孔は孔辺細胞(G)と呼吸腔(R)およびその周辺細胞とで気孔装置を形成している。莢は葉の相同器官であって葉の裏面が裏返って莢になり莢の表面に気孔ができているのは当然であろう。

このように気孔を有するそ菜類の保存にあたっては、採取後も自然環境に近い状態で呼吸が継続できることが望ましい。

孔辺細胞にはL-アスコルビン酸など環元性物質や

でんぷんが存在している⁷⁾。

写真5は表皮の内側の外果皮である。ライトグリーンで細胞質が染められ、核物質が赤くサフラニンで好染している。核(N)の周辺にはその他の含有体がみられる。この中にライトグリーンやサフラニン以外に銀反応でやや黒ずんだ粒状物質がみられる。写真6のようにヨードでもこの粒状物質が染められることからでんぷんおよび葉緑体(chloroplast)であることは明確である⁸⁾⁹⁾。

写真6は写真5と同じく外果皮をライトグリーン、ゲンチャンパイオレット、ヨード・ヨードカリで三重染色したものである。細胞質および核(N)物質はライトグリーンで染まり、その周辺にヨードで染色された物質がみられる。

川上は「デンプン生合成の場の微細構造」イネの果皮において葉緑体内にできた同化デンプンを透過型電子顕微鏡像で明かにしている⁸⁾。すなわち同化デンプンは葉緑体の層状構造グラナにおいて光合成され、その形態はレンズ形をしているとのべている⁸⁾⁹⁾。

写真6のヨードで染められたでんぷん粒(S)もレンズ形をしている。このレンズ形のでんぷん粒がいくつか寄り合って一つのグループを形づくっている。写真5の核の周辺にある粒状物質と同じ位置にあることから、これは葉緑体内で合成された同化でんぷんであると考えられる。中果皮においても同様に同化でんぷんがみられる(写真8)。

これに対して子葉中のものは貯蔵でんぷんである(写真23)⁸⁾⁹⁾。貯蔵でんぷんの形態は同化でんぷんの形態とは異なり、ほぼ球形のものがグループとならず個々に点在している。(写真23)。

外果皮、中果皮、その他の器官で光合成された同化でんぷんは、単糖類などの形で子葉まで送られ子葉細胞中のアミロプラスト(amyloplast)で再合成される⁸⁾⁹⁾。

写真7の中央が中果皮である。(左側の楕円に近い細胞部分が外果皮、右側の不定形な細胞部分が内果皮である。)

中果皮(MC)は莢の中で最も緻密な層である⁷⁾。写真7の中心に管束がみられる。このような管束(VB)が背腹軸を中心に片側に14~16個等間隔に存在してい

る。管束のうち赤くサフラニンで染まっているものは導管で主に螺旋紋導管である⁴⁾⁷⁾。この周辺にライトグリーンで好染した篩管など多数集合している⁴⁾⁷⁾。

写真8は中果皮の管束周辺の組織である。ライトグリーンで核物質が好染し、その周辺にヨードで染まった同化でんぷんが多数みられ光合成が行われていることがわかる。

中果皮の背部側と腹部側には管束群がある。写真9は背部管束群 (VBd) である。背腹軸を中心に両側にそれぞれ一個づつあり楕円形に近い扇形をしている。V字形管束が片方に7個前後集合している。導管はサフラニン好染している。珠柄が右下斜に伸びている。

写真10は腹部管束群 (VBv) である。扇形をしている。この中にV字形管束が10個前後集合している。背部管束群同様に導管がサフラニンに好染している。

これら管束群を含め、中果皮にはでんぷんやL-アスコルビン酸など環元性物質も多い。

写真11は背部管束群の拡大である。導管 (SV) がサフラニンで染まり、その上部に篩板 (SP) のある細胞が2個観察される。

写真12は内果皮と内皮の上皮細胞である。内果皮は外果皮に比べ薄膜柔細胞で細胞は大きく細胞物質は少ない。外果皮や内果皮に比べ葉緑体が見当らず同化にはあまり関与せず、水分貯溜や種子の保護などに関与していると考えられる。

内果皮の内側は偏平に近い四角い上皮細胞が裏づけている。横断面では細長い細胞としてあらわれサフラニンに染まった大きな核 (N) が観察される。

写真13は腹部管束群を微分干渉顕微鏡で観察したものである。管束群が外果皮と接する部分に多角形の結晶がみられる。この物質について現在追求中である。背部管束群においても同じく外果皮と接する部分にこの結晶がみられた。確認はしていないが恐らく蔞酸カルシウム結晶であろう。

3. 珠柄, 臍, トックリ状組織

珠柄は莢から種皮へ臍, トックリ状組織を介して栄養分を送る輸送路である。

写真14は珠柄, 臍, トックリ状組織と種皮の上部である。珠柄はサフラニンに染まった螺旋紋導管 (SV) の束を中心に, その周囲をライトグリーン好染の柔組

織がとりかこみ最外層を核物質の多い柵状の上皮組織がとりかこんでいる。右側に種子上部と臍およびトックリ状組織 (T) がみられる。

写真15は臍である。珠柄上部の漏斗形をした部分でライトグリーン好染の柔組織と種皮上部と接している。臍側の柵状の組織とからなりたっている。柵状の組織はサフラニン好染である。成熟して莢から種子が離れる時は種子側へこの臍が残る。L-アスコルビン酸など環元性物質が豊富である。

写真16は写真14の導管部分を拡大したものである。螺旋紋導管 (SV) の集合体が見られる。導管周辺の細胞には黒く銀反応 (Ag) があり, L-アスコルビン酸など環元性物質が存在することを示している。

写真17はトックリ状組織である。この組織については, 現在電子顕微鏡などで追求中であるが, 光学顕微鏡では多孔性の網目状袋の組織がトックリ内を満たしている。この網目状袋の細胞はライトグリーン好染で各細胞ごとにサフラニンに染まった大きな核がある。L-アスコルビン酸など環元性物質も多く, 臍につづく輸送機能にたずさわっていると思われる。詳しい機能については現在不明であるが導管と異なることは導管が木質化して生命を失い核がなく, サフラニン好染であるのに対し, その網目袋状の細胞は核をもちライトグリーンに好染する生きた細胞群である。

4. 種子

種子は種皮で囲まれ, その中に二枚の子葉がある。種皮上部に前記のトックリ状組織がある。サヤインゲンは無胚乳種子で胚乳は発達せず子葉に養分を貯える⁴⁾⁷⁾。

種皮は外側第一層を柵状の上皮組織細胞が並び, その内側に海綿状組織および柔組織などがある。種皮上部のトックリ状組織周辺は, 細胞間隙の多い海綿状組織であり, それ以外の子葉をとりかこむ部分は柔組織である。柔組織の間に管束が通っている。

写真18は種皮上部の柱状の上皮組織である。非常に細長い柱状の細胞 ($10\mu \times 70\mu$) が規則正しく配列している。それぞれの細胞に核が認められる。L-アスコルビン酸など環元性物質も多い。

写真19は種皮である。柱状の上皮細胞は上部のものと同様, 細胞毎にサフラニン好染の核 (N) 物質が認

められる。しかしこのあたりの柱状の細胞 ($10\mu \times 30\mu$) は上部のものに比べ厚さを減じ、切片断面はしだいに短くなっている。種皮全体の厚さも上部の種皮 (厚い部分で 130μ) に比べ薄い層 ($25\sim 30\mu$) で子葉をおおっている。すなわち上部種皮はトックリ状組織や海綿状組織など特異な組織を内蔵し、さまざまな物質代謝に関与していると考えられる。これらの種皮の柱状の上皮細胞は種々の実験において最も強靱であり物理的にも子葉を保護する構造となっている。

柱状の上皮細胞の内側は2~3層の異った形態の柔組織からなり、ところどころには規則的な間隔をもって管束が通っている。L-アスコルビン酸など環元性物質も多く、光合成された同化でんぷんも高倍率では観察される。

写真20は種皮上部トックリ状組織周辺の海綿状組織である。細胞間隙が多く細胞は球形に近いが不定形で大きな核をもち細胞質に富む。この海綿状組織も子葉に近づくに従って密になり柔組織の形態を示す (写真21)。子葉に接する柔組織がライトグリーンに好染であることから、幼若で細胞質が多いと考えられる。

また、海綿状組織では細胞内に銀反応 (Ag) によって黒く染められた大きな顆粒が観察される。しかし、子葉に接する幼若な柔組織では銀反応物質 (Ag) が微細な単体で存在する。海綿状組織中の大きな黒い顆粒 (写真20) もこの単体銀が多数集合したグループであると考えられる。さらに高倍率で観察してみるとこの顆粒は微細な単体銀 (0.1μ) を多数内蔵した球形物質 (直径 $2\sim 5\mu$) として観察され、このことからL-アスコルビン酸などがこの中で合成される一種の細胞内器官であると考えられる。

海綿状組織ではいずれの細胞もこの銀反応物質が多数存在しているのに対し、子葉近くの柔組織では銀反応物質を持つ細胞と全く持たぬ細胞などがあり、その細胞機能に選択性が出ている (写真21)。

写真22は子葉である。子葉は左右一対からなり、それぞれの最外層は一層の小さい表皮細胞でおおわれている。子葉内部の細胞は比較的大きくここに貯蔵物質が貯えられる。この写真の左右の子葉間に不規則な形の細胞群が (ここでは三角形に集合して) みられる。これは種皮と子葉との間に存在するもので幼若なもの

ほど多く、成熟するに従って観察されなくなる。珠心や内珠皮または胚乳などが退化しつつあるものと考えられるがそのいずれかは現在不明である。

写真23はサフラニン、ライトグリーン染色の子葉である。これまでのべてきた試料より、やや成育したものであるため、貯蔵でんぷん (S) は大きくサフラニンで好染している。ヨード・ヨードカリで染色した場合も同じ部分がヨードで染色されることから、でんぷん粒であることは確実である。このでんぷん粒は前述のとおり貯蔵でんぷんであって細胞内において酵素的に形成されたものである⁸⁾⁹⁾。このでんぷん形成体がアミロプラストである。このアミロプラストのでんぷんの形態は、葉緑体の層状構造の間にレンズ形に光合成された同化でんぷんとは異って、球形または楕円形のでんぷんが個々に点在している。

子葉中にも銀反応 (Ag) が多くL-アスコルビン酸なども豊富である。これは幼若子葉においてのみ認められ、種子が成熟し終るとこの反応はなくなり、定量的にも認められなくなる。豆の種子全般にこれと同じ現象がみられる。

写真24は子葉中の始原維管束である。子葉の貯蔵細胞よりさらに小さな細胞の集合がところどころに観察される。核をもち細胞質に富んでいる。

以上種子についてのべてきたが、この種子は左右の莢から交互に着生している。莢の腹側を縦に割ってみると左右の莢 (背部) にひとつ置きに豆 (種子) がついて分かれる。それぞれの側の豆を左右それぞれの背部管束群が栄養分を送っているものと考えられる。写真25の新江戸川は向って右側の莢へこの種子はつき、黒三度は向って左側の莢へ種子がつく。図2の横断面図では向って左側に種子がつくように描いた。

5. 新江戸川と黒三度との形態の相違

新江戸川と黒三度との形態の相違は、特に果皮にみられる。写真25のように新江戸川が横軸より背腹軸の長い楕円形であるのに比べて、黒三度は横軸と背腹軸とがほぼ同じ長さの円形である。また果皮の厚さが新江戸川に対し黒三度はおよそ2倍の厚さである。それ以外の組織では、両者間に形態上特に注意すべき差は認められなかった。

6. L-アスコルビン酸について

これまでのべてきた組織中に単体の銀粒が認められるのは、L-アスコルビン酸特異的の手法であって、他の環元性物質例えば glucose などのようなものは反応しない。これについてのテストは、川上が確認済みである。すなわち各組織中に観察された単体の銀反応部分は、定性的に L-アスコルビン酸の存在を示している。

また、定量的にはインドフェノール法によって、本観察に用いた材料の L-アスコルビン酸量を測定し、表 1 の結果を得た。平均値は新江戸川で 14.7 mg (1 月測定)、黒三度で 17.8 mg (6 月測定) であった。

Ⅲ 結 論

収穫直後の生のサヤインゲンを用いて、組織学的な形態を光学顕微鏡により観察を行った。これは、冷蔵、冷凍、解凍などによる品質におよぼす影響を究明し、その論点の基準とするためである。

豆科植物は、乾燥種子を利用する場合と生のまま食用として用いる場合がある。生の場合は子房すなわち莢のまま、野菜の一種として用いる。この子房は莢(果皮)、珠柄、臍、種子とからなる。

1. 莢は外果皮、中果皮、内果皮からなる。外果皮の最外層には毛や気孔が無数に存在する。

2. 外果皮および中果皮には同化でんぷんや L-アスコルビン酸など環元性物質が多く、光合成が盛んである。内果皮には細胞質やその他の含有体が少なく、同化にはあまり関与していないと考えられる。

3. 珠柄の中心は螺旋紋導管の集合した太い輸送路が通り、その周囲には銀反応物質が多い。L-アスコルビン酸など環元性物質を大量に含有している。

4. 種子は種皮と子葉とからなり、種皮上部にはトックリ状組織がある。この中は核のある多孔性の網目状袋の細胞で満たされている。子葉は養分を貯蔵する。貯蔵でんぷんおよび L-アスコルビン酸なども豊富である。

5. でんぷんは二種類観察される。ひとつは果皮などに存在し、葉緑体内で光合成された同化でんぷんで

あり、他は子葉細胞のアミロプラスト中で形成された貯蔵でんぷんである。二種のでんぷん粒の形態は異っている。しかしこれを詳しくつきとめるためには電子顕微鏡観察が必要である。

6. 銀反応物質は微細な単体銀 (0.1μ) でみられる場合とこれを多数内蔵した細胞内器官として観察される場合とがある。前者の単体銀は L-アスコルビン酸の存在を示し、後者は、アスコルビン酸の合成に何らかに関与している細胞内器官と考えられる。

7. L-アスコルビン酸量は成育に従って変化するが本観察に用いた材料では、新江戸川 14.7 mg、黒三度 17.8 mg であった。

参 考 文 献

- 1) 高嶋四郎・二井内清之・渡辺 斉：原色日本野菜図鑑，保育社，大阪，1978.
- 2) 山田晴美：園芸植物学名辞典。農業図書株式会社，東京，1975.
- 3) 清水 茂：野菜の生態と作型。誠文堂新光社，東京，1975.
- 4) 猪野俊平：植物組織学。内田老鶴圃新社，東京，1977.
- 5) L, リゾン・今泉 正訳：組織化学および細胞学。白水社，東京，1970.
- 6) 永原太郎・岩尾裕之・久保彰治：食品分析法。柴田書店，東京，1970.
- 7) 濱 健夫：植物形態学。コロナ社，東京，1978.
- 8) 川上いつゑ：デンプンの形態。医歯薬出版株式会社，東京，1975.
- 9) Kawakami, I. and Tamura, S.: Studies on the rice starch grain. Bull of Hiroshima Univ. Vol.-20, 1971.

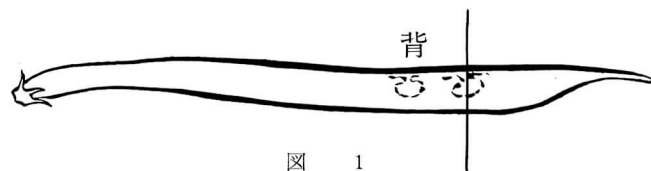


図 1

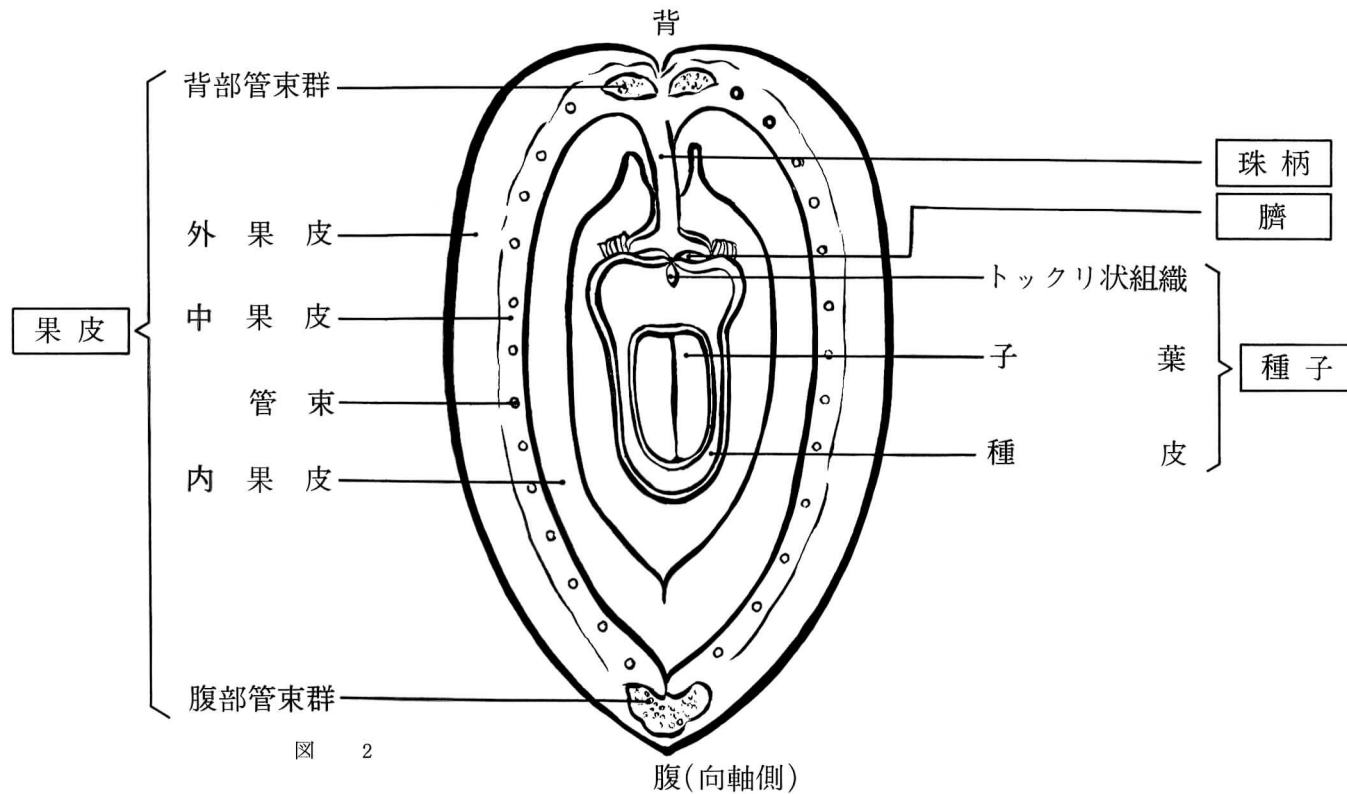


図 2

サヤインゲンの断面図

表1 L-アスコルビン酸測定値 (mg)

	新江戸川	黒三度
1	14.9	18.6
2	15.6	15.2
3	13.5	20.3
4	15.9	19.7
5	13.5	18.1
6	14.0	20.3
7	13.8	14.4
8	14.0	15.9
9	16.2	
10	15.7	
平均	14.7	17.8

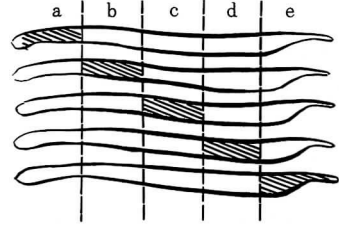


図3 試料調整

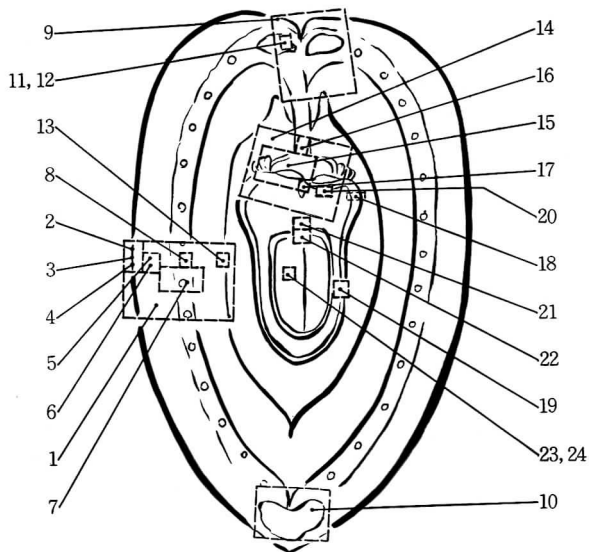


図4 サヤインゲン断面の写真部位 (数字は写真番号)

写 真 説 明

記 号 説 明

写真Ⅰ

- | | | |
|---------------|------|------|
| 1. 莢（果皮） | 新江戸川 | ×40 |
| 2. 表皮面の気孔と毛 | 新江戸川 | ×100 |
| 3. 毛 | 黒三度 | ×400 |
| 4. 気 孔 | 黒三度 | ×400 |
| 5. 外果皮の細胞 | 新江戸川 | ×400 |
| 6. 外果皮の同化でんぷん | 新江戸川 | ×400 |
| 7. 中果皮とその管束 | 新江戸川 | ×100 |
| 8. 中果皮の同化でんぷん | 新江戸川 | ×400 |

写真Ⅱ

- | | | |
|------------------|------|------|
| 9. 中果皮の背部管束群 | 新江戸川 | ×40 |
| 10. 中果皮の腹部管束群 | 新江戸川 | ×40 |
| 11. 背部管束群 | 新江戸川 | ×400 |
| 12. 内果皮とその上皮細胞 | 新江戸川 | ×400 |
| 13. 腹部管束群（微分干渉像） | 新江戸川 | ×100 |
| 14. 珠柄，臍，種皮上部 | 新江戸川 | ×40 |
| 15. 臍 | 新江戸川 | ×100 |
| 16. 珠柄の螺旋紋導管 | 新江戸川 | ×400 |

写真Ⅲ

- | | | |
|----------------------|------|------|
| 17. トックリ状組織 | 新江戸川 | ×400 |
| 18. 種皮上部の柱状の上皮組織 | 新江戸川 | ×400 |
| 19. 種皮下部の柱状の上皮組織と柔組織 | 新江戸川 | ×400 |
| 20. 種皮上部の海綿状組織 | 新江戸川 | ×400 |
| 21. 種皮上部の柔組織 | 新江戸川 | ×400 |
| 22. 子 葉 | 新江戸川 | ×400 |
| 23. 子葉の貯蔵でんぷん | 新江戸川 | ×400 |
| 24. 子葉の始原維管束 | 新江戸川 | ×400 |

- | | | |
|-----|---------|--------------------|
| EC | 外果皮 | epicarp |
| MC | 中果皮 | mesocarp |
| EnC | 内果皮 | endocarp |
| ST | 気 孔 | stoma |
| H | 毛 | hair |
| Ag | 銀（反応） | 化学記号 |
| G | 孔辺細胞 | guard cells |
| R | 呼吸腔 | respiratory cavity |
| N | 核 | nucleus |
| S | でんぷん | starch |
| VBd | 背部管束群 | vascular bundle |
| VBv | 腹部管束群 | vascular bundle |
| SP | 篩 板 | sieve plate |
| SV | 螺旋紋導管 | spiral vessel |
| T | トックリ状組織 | |

写真 I

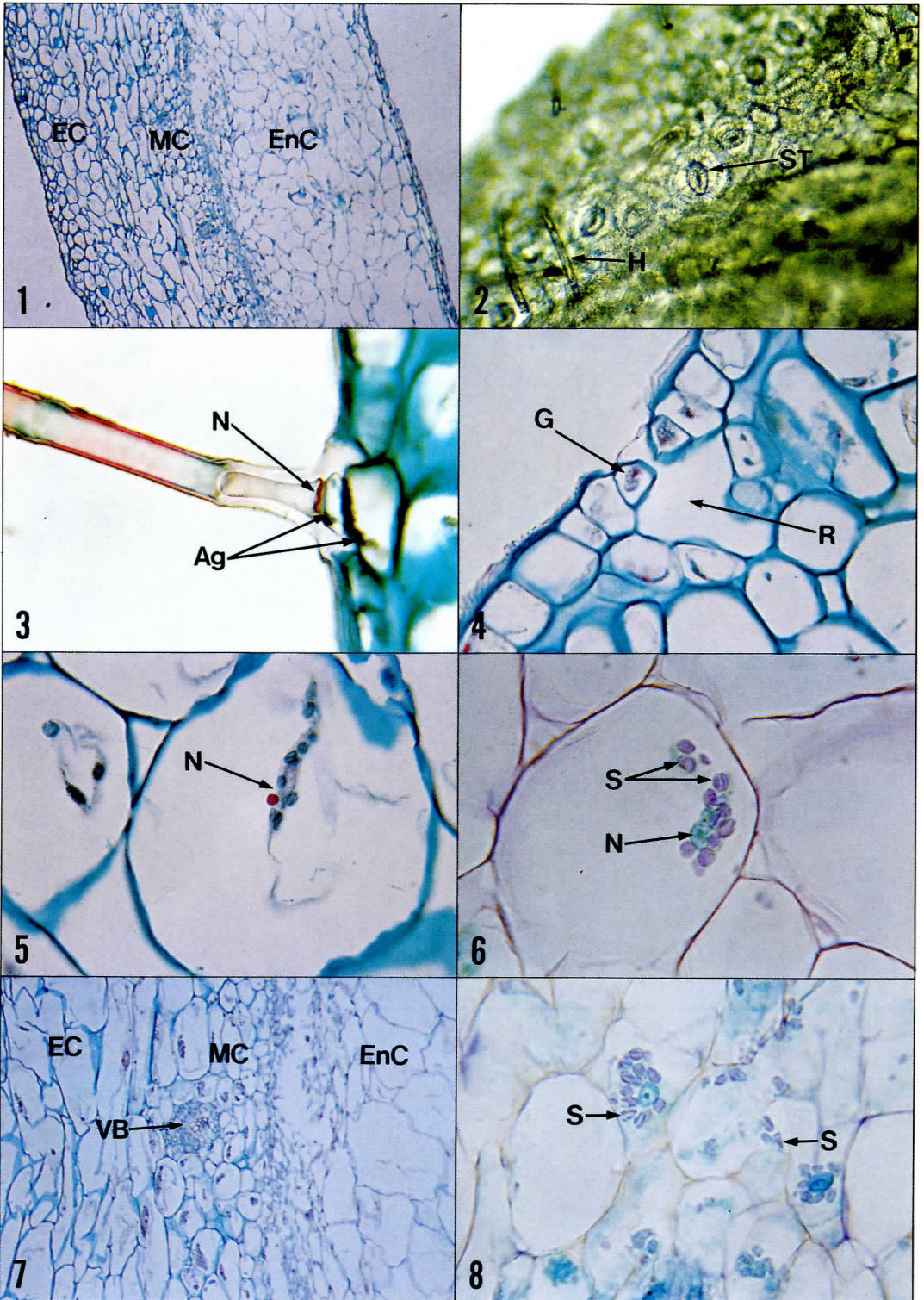


写真 II

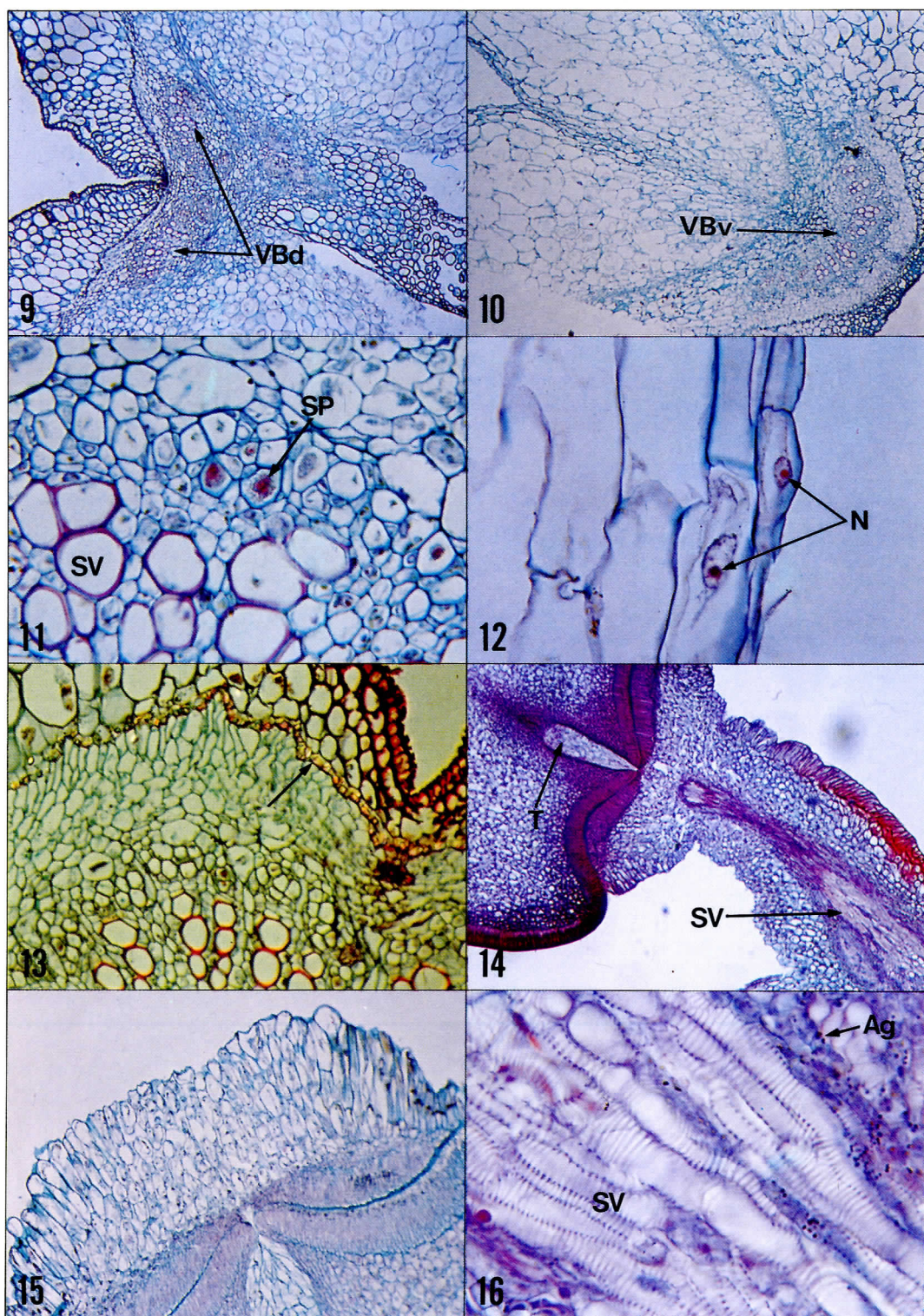
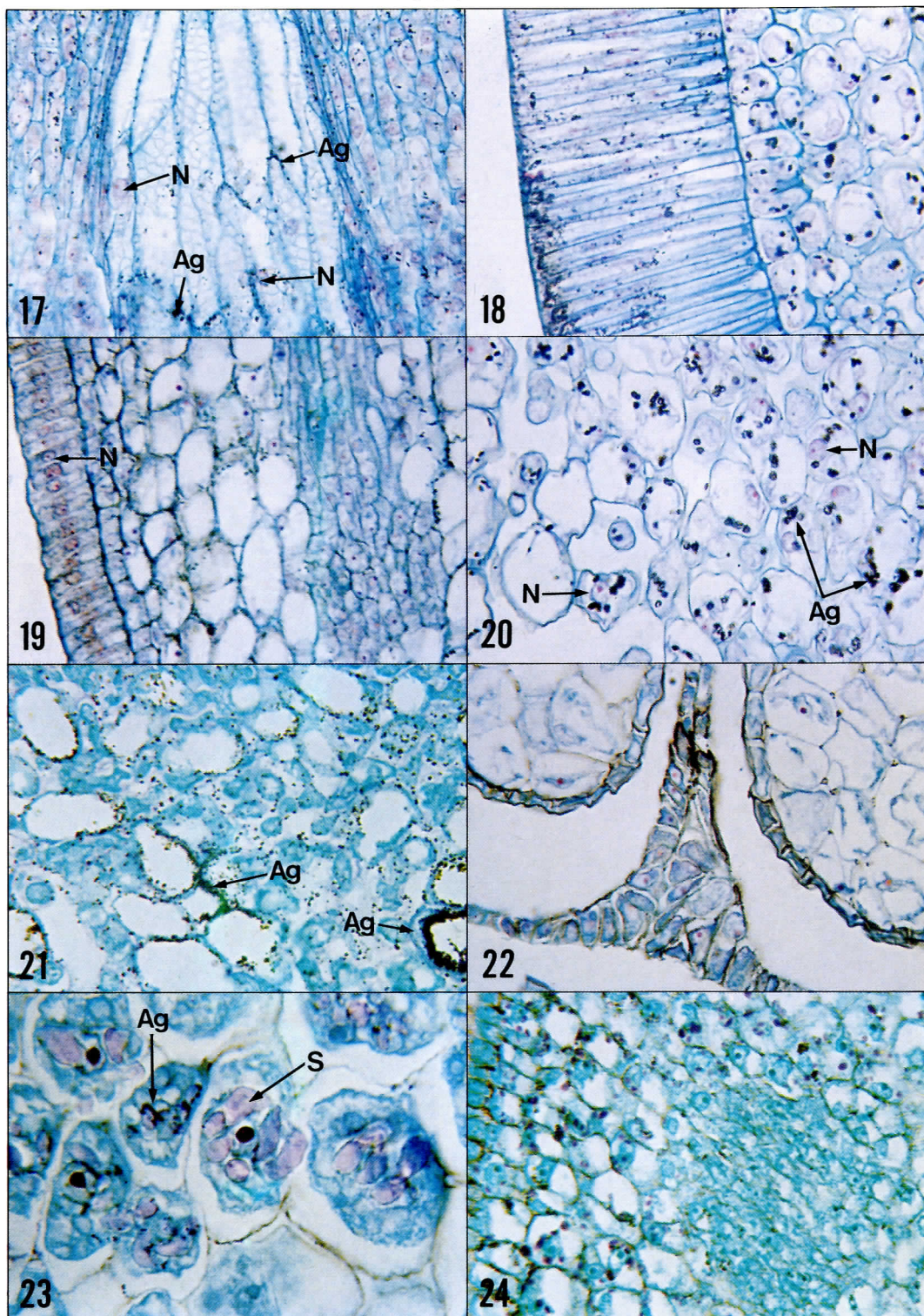
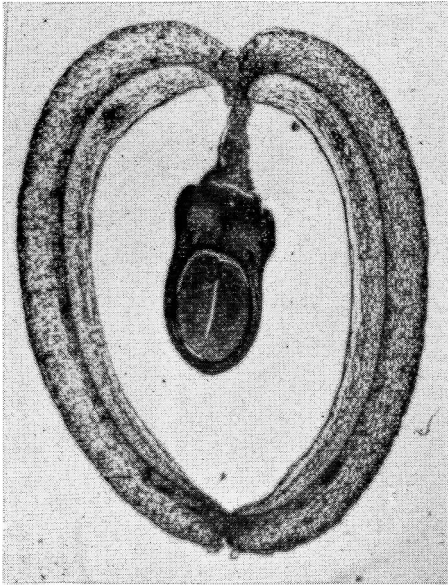
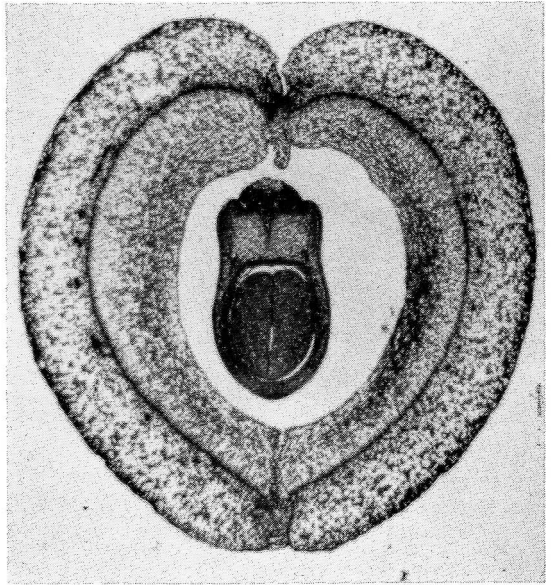


写真 III





新江戸川 × 9



黒三度 × 9

写真25

Summary

- 1) Histological studies were preliminarily performed on young legumes of the kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to have fundamental data for the further studies on the effects of freezing and thawing on the beans.
- 2) Pod of the young bean consists of three layers, i. e., epicarp, mesocarp and endocarp, each of which consists of multiple layers of cells and contains starch and is rich in ascorbic acid.
- 3) Cotyledons stores starch granules, which have been deposited in amyloplasts, and cytochemical test for ascorbic acid is positive with the cotyledons.
- 4) Chemical determination of ascorbic acid showed 14.7 mg% to 17.8 mg% in young legumes of the kidney beans.