

人蔘의 잎에서誘起된 Callus의 微細構造

朴 弘 惠 · 金 宇 甲

(高麗大學校 理工大學 生物學科)

The Fine Structure of Callus Derived from *Panax ginseng* Leaves

Park, Hong-Duok and Woo-Kap Kim

(Department of Biology, Korea University, Seoul)

ABSTRACT

The fine structure of the callus induced from epidermis of *Panax ginseng* leaves cultured on Murashige & Skoog medium plus kinetin 0.1mg/l, NAA 0.2mg/l and 2,4-D 0.5mg/l was observed. The cells composing callus tissue are mononucleus. Three types of cells were identified; cells with abundant cytoplasm, cells with relatively differentiated vacuoles and with numerous starch grains in the plastids and ones with highly differentiated vacuoles and with unsaturated lipid granules. Prolamellar body, plastid lamellae, plastid globules, stromacenter, fine tubules, crystal-containing body and DNA-like structures were observed in the stroma of the plastids. The chromoplasts were identified in some cells believed as the mother cells of secretory cells in secretory ducts. Curved or straight micro-fibrils of 100~150Å in diameter were observed in the cytoplasm. And the characteristics of cell organelles and cell inclusions and the vacuole formation in callus tissues were discussed.

緒 論

組織培養으로 callus를 誘起 增殖하거나 器管分化에 따른 形態發生學的인 研究는 Kato(1964), Halperin과 Jensen(1967), Bowes(1969), Vasil과 Aldrich (1970) 및 Abo El-Ni等(1971)에 의하여 많이 報告되어 왔다.

그러나 人蔘의 조직배양에 관해서는 다른 식물과는 달리 callus의 誘起가 잘 되지 않고 生長이 느리며 또한 기관분화(Butenko, 1964; Lee等, 1970; Harn等 1973, 1974)가 쉽게 형성되지 않아 많은 문제점을 지니고 있다. 人蔘의 胚發生과 그 分化에 관해서는 Hwang과 Miyazawa(1967)가 *Panax quinquefolium*을 재료로 하여 研究하였고, Kim(1973)은 *Panax ginseng* 主根의 光顯 및 電顯의인 微細構造와 細胞化學的으로 基本構造를 밝혔다.

Callus의 微細構造에 관해서는 Bagshaw(1969)가

*Helianthus thberosus*에서 관찰하였고 Thomas等(1972)과 Konar等(1972)이 *Ranunculus sceleratus*에서 보고하였으며, 또한 Wilson等(1974)이 *Daucus carota*의 callus의 분화과정에 따른 微細構造의 變化를 밝혔다.

그러나 人蔘 callus의 미세구조는 아직 밝혀지지 않았으므로 人蔘의 幼葉表皮에서 誘起시킨 callus의 미세구조적 특징을 追究코자 하였다.

材料 및 方法

人蔘(錦山産)의 關匣種子를 生뒀지킨 幼葉小片을 kinetin 0.1mg/l, 2,4-D 0.5mg/l 및 NAA 0.2mg/l가 함유된 Murashige와 Skoog 培地(1962)에 接種하여 25±2°C인 暗處에서 誘起된 callus clump를 실험 재료로 사용하였다.

Callus clump를 繼代培養하여 직경이 約7mm 크기의 callus clump를 1% OsO₄(phosphate buffer, pH7.0)

에 固定한 것을 Epon 812 混合液(Luft, 1961)에 包埋한 다음 Porter-Blum MT-2 Ultramicrotome으로 切片을 製作하여 uranyl acetate와 lead citrate(Reynold, 1963)로 電子染色하여 Hitachi HS-7S 電顯으로 觀察하였다.

結 果

人蔘幼葉의 表皮組織에서 誘起된 callus組織을 구성하는 모든 細胞는 單核性細胞로 되어 있었다. 이들 細胞는 細胞質이 풍부한 것(Fig. 1), 액포가 비교적 분화되어 있고 色素體內에 澱粉粒을 많이 含有하고 있는 細胞(Fig. 2) 및 액포가 매우 분화되고 불포화지질과 糖들이 多量含有하는 細胞(Fig. 3)로 區分되었다. 이들 세포들간에는 量的인 차이점은 있지만 구조적인 면에서는 서로 유사하게 나타났다.

核은 80~240A인 二重膜으로 세포질과 境界되어 있고 仁은 비교적 발달되어 있었으며 650~800A인 nuclear pore(Fig. 4)가 관찰되었다.

細胞小器管은 色素體(Figs. 4~9, 12), 小胞體(Figs. 4, 5, 11, 15, 17), ribosome(Figs. 5, 6, 9), Golgi장치(Figs. 9, 11, 16, 17), microbody(Fig. 12), mitochondria(Figs. 4, 8, 9, 12) 및 spherosome(Figs. 8, 10)이 있으며 cell inclusion에는 澱粉粒(Figs. 2, 4), 蛋白質顆粒(Figs. 8, 9) 및 脂肪粒(Figs. 3, 15)이 觀察되었다.

色素體에는 澱粉이 가득찬 白色體(Fig. 2)로서 基質內에는 電子密度가 높은 0.8~1.6 μ 의 球形顆粒이 밀집되어 나타났다(Fig. 4). 分化가 떨어진 proplastid內에는 plastid lamellae, plastid globule, 直徑이 70A의 fine tubule(Figs. 7, 8), phytoferritin(Fig. 9) 및 stromacenter(Figs. 5, 9)가 觀察되었다. 그리고 어떤 色素體의 基質에는 DNA 유사섬유(Figs. 5, 6, 9) 및 電子密度가 높은 protein crystal(Figs. 8, 9)이 가끔 觀察되었다. 細胞質이 풍부하고 액포가 매우 分化되고 불포화지질과 糖들을 多量含有하는 細胞에서는 thylakoid 구조가 전혀 없고 전자밀도가 높은 0.07~0.1 μ 의 크고 작은 球形小體가 基質內에 輪狀으로 배열하는 chromoplast가 觀察되었다(Fig. 10).

小胞體는 無顆粒性小胞體 및 顆粒性小胞體로 되어 있는데 비교적 액포가 分化된 細胞에서는 顆粒性小胞體의 cisternae는 부분적으로 확장되어 있었고(Figs. 15, 17), 또한 이러한 細胞에서는 polysome이 많이 觀察되었다(Figs. 14, 18).

Ribosome은 대부분 세포질에 유리상태로 되어 있으며, 세포질의 ribosome(直徑이 약 180A)은 색소체

ribosome(直徑이 약 120A Figs. 5, 6, 9)보다 2/3정도 컸다.

Golgi장치(dictyosome)는 平偏胞와 小胞로 構成되어 있으며(Figs. 9, 11), microbody는 65A의 單一膜으로 된 0.1~0.4 μ 의 球形體로 mitochondria 및 색소체부분에서 觀察되었다(Fig. 12).

Mitochondria는 球形에서 細長하기까지의 여러가지 형태로 나타났으며(Figs. 4, 12, 18), cristae는 발달하였으나 分枝한 것은 觀察되지 않았다. 이것은 세포질에 산재하여 있거나 또는 세포질內에 집결하여 나타났다(Fig. 12).

Spherosome의 가장자리는 電子密度가 낮고 中心部는 전자밀도가 높은 直徑이 0.3~0.7 μ 인 球形의 것이 액포가 分化된 細胞에서 흔히 觀察되었다(Fig. 10).

액포는 細胞의 中央部에 일차액포와 세포질內에 散在性으로 이차액포가 관찰되었다(Figs. 3, 6, 10, 15).

액포의 형성과정은 Fig. 13에서와 같이 원형질막이 세포질內로 pinocytic vesicle을 형성하여 이것이 차차 세포질內로 확장되어 주머니 모양이 되어 그 속에 多小胞體인 multilamellar body가 형성되는 것과 무과립성소포체의 일부가 세포질을 둘러싸서 이 膜系의 일부는 環狀으로 다층막성구조로 변하고 그 중앙부에는 가수분해효소에 의하여 파괴되는 cytolysome과 유사한 구조가 관찰되었다(Fig. 14). 또한 액포의 분화가 활발한 細胞에서는 소포체가 확장되어 Golgi장치와는 관계없이 tonoplast와 관련되어 있는 것이 관찰되었다.

細胞質內에는 150A의 미세섬유성인 구조물(Fig. 19)이 나타났고, Fig. 20은 100A의 파상구조물과 미세섬유성인 multifibrillar bundle이 존재하여 관찰되었다.

考 察

人蔘의 조직배양은 Lee등(1970)이 뿌리에서 유거시킨 callus에서 根形形成의 分裂組織分化部位를 관찰하였고, Harn等(1973)은 開匣種子의 幼胚 및 上胚軸培養에서 뿌리와 줄기의 分化를 관찰하였다.

본 실험에서는 開匣種子에서 生育된 幼苗의 幼葉小片을 培地에 接種하여 表皮細胞에서 callus를 유거시켰고 이 callus를 계대배양하여 기관의 분열조직형성이 되기 前까지의 callus clump를 재료로 이 callus 조직을 구성하는 세포의 미세구조를 자세히 관찰하였다.

Callus clump의 心部細胞는 세포질이 不充實하며 대부분 액포로 차있고 핵은 세포막의 주변에 扁在하고 있었으나 callus clump 주변세포는 비교적 細胞質이 充實하며 액포, 전분입을 함유하는 색소체 및 지질과

립의 함유량으로 앞서言及한 바와 같이 3가지 기본세포형으로 구분하였다.

이들 세포에서 세포소기관의 기본구조는 人蔘根의 유세포(Kim, 1973)의 기본구조와 별 차이가 없었으나 색소체와 multifibrillar bundle 등의 특징적인 구조가 관찰되었다.

인삼 callus세포의 색소체는 대부분 thylakoid가 분화되어 있지 않은 proplastid로서 基質內에 stromacenter(Buvat, 1959; Gunning, 1965a, b; Gunning, 1968), phytoferritin (Hyde等, 1963; Bagshaw, 1969) 또는 fraction I protein(Gunning, 1965a; Moyses, 1967)이라고 명명되어지고 있는 구조물이 관찰되었다. Fraction I protein은 ribulose diphosphate carboxylase와 carboxydismutase와 같은 효소(Sweeney, 1965; Björkman, 1967)를 지닌 단백질복합체라고 보고되어 왔는데 인삼 callus의 표본세포에는 stromacenter가 비교적 分化되어 있는 반면 澱粉粒이多數형성되어 있는 것으로 보아 CO₂ 고정반응과 밀접한 관련성을 지니고 있는 것 같다. Fig. 8과 9에서 보는바와 같이 단백질결정을 함유하는 crystal-containing body 즉 CCBs(Bagshaw, 1969)가 관찰되었는데 이 CCBs의 기질내에는 Fig. 9에서와 같이 phytoferritin과 stromacenter가 관찰되는 것으로 보아 단백질결정체를 함유하는 기능적인 proplastid인 것으로 간주된다. 이 단백질결정체는 *Equisetum limosum*의 chloroplast기질내에서도 관찰되었고(Manton, 1966), Gunning(1965a, 1968)은 세포를 고장액에 처리하면 거의 모든 세포에서 이 결정체가 관찰되나 proteinase를 처리하면 선택적으로 소실되는 것으로 보아 fraction I protein과 동일한 물질이라고 하였다. 그러나 인삼의 callus세포에서는 동일처리에 의한 절편에서 CCBs를 함유하는 세포와 함유하지 않은 세포가 혼재하는 것으로 보아 앞으로 더욱 추궁되어야 할 문제라고 생각된다.

Henningsen과 Boynton(1969)은 *Hordeum vulgare*의 염록체기질내에 fine tubules이 존재한다고 보고하였는데 본 실험에서도 Figs. 7 및 8과 같이 색소체의 가장자리 기질내에서 관찰되었다.

그밖에 색소체의 기질내에는 전자밀도가 낮은 부위(Figs. 5, 6, 9)가 있고 그 내부에는 색소체 DNA라고 인정될 수 있는 미세섬유가 관찰되었다. 색소체 DNA는 *Porphyridium*(Gantt와 Conti, 1965), *Chrysamoeba*(Hibberd, 1971), *Ochromonas*(Gibbs等, 1974) 등의 종류, *Beta vulgaris*(Herrmann과 Kowallik, 1970) 등에서 관찰된 소견과 일치하였다.

특히 spherosome 및 지질과립이 흔히 관찰되는 분

泌道の 분비세포의 母細胞라고 인정되는 특징적인 세포에서는 chromoplast가 관찰되었다. 이 세포의 미세구조는 Kim(1973)이 지적한 인삼根의 피층에 산재성으로 존재하는 분비도의 분비세포의 소견과 일치하였다.

Microbody는 動物植物細胞에서 특징적으로 나타나는 세포소기관으로서 기재되고 있는데 Kim等(1972)은 인삼의 염록조직과 주근계에서 microbody를 보고하였다. 인삼 callus에서는 Fig. 12에서와 같이 mitochondria, plastid와 더불어 가끔 관찰되었고 특히 Tsukada等(1968)과 Gruber等(1973)이 보고한 것과 같이 이 소체는 소포체와 밀접한 관련성을 지니고 있는 것 같다.

Marinos(1963)는 액포가 Golgi장치에서 유래된다고 하였으며 Pickett-Heaps(1967)는 *Chara*의 vegetative cell의 액포는 Golgi장치와 소포체에서 유래된다고 하였다. 그러나 인삼 callus의 소포체는 부분적으로 확장되어 액포막과 밀접한 관련성을 맺고 있으며 Golgi장치와는 아무런 관련성이 없다는 Mesquita(1969), Kim(1974)의 연구와 일치하였다.

Multifibrillar bundle은 核質(Villiers, 1963; Wergin等, 1970; Wilson等, 1974) 또는 細胞質內(Petzold, 1967)에서 보고되었으며, 인삼 callus에서 관찰된 것과 유사한 구조물이 *Ranunculus*의 표피세포와 embryogenic callus(Konar等, 1972; Thomas等, 1972)에서도 보고되었다. 또한 Palevitz와 Newcomb(1971)는 사관절세포의 P-protein과 밀접한 관련성이 있다는 보고가 있으나 이 구조물의 本態는 아직 밝혀지지 않았다. 인삼의 callus세포에서 관찰되는 세포질성인 직경이 150Å의 직선상 또는 100Å의 파상성인 이 구조물에 대해서는 앞으로 더욱 규명되어야 할 것으로 믿는다.

摘 要

人蔘의 開匣種子를 發芽시켜 幼葉小片을 kinetin 0.1mg/l, NAA 0.2mg/l 및 2,4-D 0.5mg/l을 첨가한 MS배지에 接種하여 葉의 표피에서 유기된 callus의 미세구조를 관찰하였다.

Callus조직을 구성하는 세포는 단핵세포로서, 세포질이 풍부한 것. 액포가 비교적 분화되어 있고 색소체내에 澱粉粒을 많이 함유하고 있는 세포 및 액포가 매우 分化되고 불포화지질과립들이 多量含有하는 세포로 구분되었다. Proplastid의 기질내에는 prolamellar body, plastid lamellae, plastid globule, stromacenter, fine tubule, crystal-containing body 및 DNA 유사섬유가 관찰되었다. 분비도의 분비세포라고 인정되는 세포에서는 chromoplast가 관찰되었다.

세포질내에는 직경이 100A~150A의 파상 빛 직선인 미세섬유가 관찰되었다. Callus세포에서 organelle과 Cell inclusion의 특성 및 역포형성과정을 논의하였다.

參 考 文 獻

- Abo El-Nil, M.M. and A.C. Hildebrandt 1971. Geranium plant differentiation from anther callus. *Am. J. Bot.* 58 : 475.
- Bagshaw, V. 1959. Changes in ultrastructure during the development of callus cells. Ph.D. Thesis, Univ. of Edinburgh.
- Björkman, O. 1967. Carboxydismutase activity in relation to light-saturated rate of photosynthesis in plants from exposed and shaded habitats. *Yb. Carnegie Insten Wash.* 65 : 454-459.
- Bowes, B. G. 1969. The fine structure of wall modifications and associated structures in callus tissues of *Andrographis paniculata* Nees. *New Phytol.* 68 : 619-626.
- Butenko, R. G. 1964. Plant tissues culture and plant morphogenesis. *Moscow.* 291.
- Buvat, R. 1959. Infrastructures des proteoplastes de la racine de *Phajus wallichii* (Orchidaceae). *C.r. Hebd. Seanc. Acad. Sci. Paris* 249 : 289-292.
- Gantt, E. and S. F. Conti. 1965. The ultrastructure of *Porphridium cruentum*. *J. Cell Biol.* 25 : 365-381.
- Gibbs, S. P., R. Mak, R. Ng, and T. Slanks. 1974. The chloroplast nucleoid in *Ochromonas danica*. II. Evidence for an increase in plastid DNA during greening. *J. Cell Sci.* 16 : 579-591.
- Gruber, P. J., W.M. Becker, and E. H. Newcomb. 1973. The development of microbodies and peroxisomal enzymes in greening bean leaves. *J. Cell Biol.* 56 : 500-518.
- Gunning, B.E.S. 1963a. The fine structure of chloroplast stroma following aldehyde OsO₄ fixation. *Ibid.* 24 : 79-93.
- _____. 1965b. The greening process in plastids. I. The structure of the prolamellar body. *Protoplasma* 60 : 111-130.
- _____, M. W. Steer, and M. P. Cochrane. 1968. Occurrence, molecular structure and induced formation of the stromacenter in plastids. *J. Cell Sci.* 3 : 445-456.
- Halperin, W. and A. W. Jensen. 1967. Ultrastructural changes during growth and embryogenesis in carrot cell cultures. *J. Ultrastruct. Res.* 18 : 423-443.
- Harn, C., K. D. Kim, and S. K. Hong. 1973. Studies on the tissues culture of *Panax ginseng*. *Kor. J. Plant Tissue Culture* 1 : 1-6.
- _____, and Y. I. Lee. 1974. Studies on the cotyledon culture of *Panax ginseng*. *Kor. J. Bot.* 17 : 171-174.
- Henningsen, K. W. and J. E. Boynton. 1969. Macromolecular physiology of plastids. VII. The effect of a brief illumination on plastids of dark-grown barley leaves. *J. Cell Sci.* 5 : 757-793.
- Herrmann, R. G. and K. V. Kowallik. 1970. Multiple amounts of DNA related to the size of chloroplast. II. Comparison of electron-microscopic and autoradiographic data. *Protoplasma* 69 : 365-372.
- Hibberd, D. J. 1971. Observations on the cytology and ultrastructure of *Chrysamoeba radians* Klebs (Chryso-phyceae). *Br. Phycol. J.* 6 : 207-223.
- Hwang, J. K. and Y. I. Miyazawa. 1967. Morphological and embryological studies on the American ginseng (*Panax quinquefolium* L.). *C.P.N. Univ.* 9 : 177-194.
- Hyde, B. B., A. J., Hodge, A. Kahn, and M. L. Birnstiel. 1963. Studies on phytoferritin. I. Identification and localization. *J. Ultrastr. Res.* 9 : 248-258.
- Kato, Y. 1964. Physiological and morphogenetic studies of fern gametophyte by aseptical culture. III. Growth and differentiation of single cells isolated from callus tissues of *Pteris vittata*. *Cytol.* 29 : 79-85.
- Kim, W. K. 1973. Ultrastructural and cytochemical studies on the main root in *Panax ginseng*. *The Science & Techn. Korea Univ.* 14 : 71-109.
- _____. 1974. Electron microscopy of cytolysome in plant cells. *Kor. J. Elec. Micro.* 1 : 25-34.
- _____, and B. H. Lee, and C. Y. Oh. 1972. Electron microscopic studies on microbody of *Panax ginseng*. *Ibid.* 2 : 33-37.
- Konar, R. N., E., Thomas, and H.E. Street. 1972. Origin and structure of embryoids arising from epidermal cells of the stem of *Ranunculus sceleratus* L. *J. Cell Sci.* 11 : 77-93.
- Lee, C.D. and S.T. Lee. 1970. Studies on morphogenetic behavior and media component in tissue culture of *Panax ginseng* Nees. *S.K.K. Univ. Journ.* 15 : 1-15.
- Luft, J. H. 1961. Improvements in epoxy resin embedding methods. *J. Biophys. Biochem. Cytol.* 9 : 409-414.
- Manton, I. 1966. Some possibly significant structural relations between chloroplast and other cell components. *Biochemistry of chloroplast.* Academic Press, London and New York. 1 : 23-47.
- Marinos, N. G. 1963. *J. Ultrastr. Res.* 9 : 177.
- Mesquita, J. F. 1969. Electron microscope study of the origin and development of the vacuoles in root tip cells of *Lupinus albus* L. *Ibid.* 25 : 242-250.
- Moyse, A. 1967. Les chloroplastes activite photosynthetique et metabolismes glucides in biochemistry of chloroplast. vol. II. Ced. T.W. Goodwin. New York and London: Academic Press. p.91-130.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiol. Pl.* 15 : 473-497.
- Palevitz, B. and E. H. Newcomb. 1971. The ultrastructure and development of tubular and crystalline P-protein in the sieve elements of certain papilionaceous legumes. *Protoplasma* 72 : 399-426.
- Petzold, H. 1967. Kristalloide Einschlusse im Zytoplasma Pflanzlicher Zellen. *Ibid.* 64 : 120-123.
- Pickett-Heaps, J. D. 1967. *Australian J. Biol. Sci.* 20 : 539.
- Reynolds, E. S. 1963. The use of lead citrate at high pH as an electron-opaque stain in electron microscopy. *J. Cell Biol.* 17 : 208-212.
- Sweeney, M. B. 1965. Rhythmicity in the biochemistry of photosynthesis in *Gonyaulax*. In *Circadian Clocks* (ed. J. A. Schoff). Amsterdam: North Holland Publishing. p. 190-194.
- Thomas, E., R.N. Konar, and H. E. Street. 1972. The fine structure of embryogenic callus of *Ranunculus sceler-*

- atms* L. *J. Cell Sci.* 11: 95-115.
- Tsukada, H., M. Mochiyuki, and T. Konishi. 1968. Morphogenesis and development of microbodies of hepatocytes of rats during pre- and natal growth. *J. Cell Biol.* 37: 231.
- Vasil, I. K. and H. C. Aldrich. 1970. A histochemical and ultrastructural study of the ontogeny and differentiation of pollen in *Podocarpus macrophyllus* D. *Protoplasma* 71: 1-37.
- Villiers, T. A. 1968. Intranuclear crystals in plant embryo cells. *Pflanzl* 78: 11-16.
- Wergin, W. P., P. J. Gruher, and E. H. Newcomb. 1970. Fine structure investigation of nuclear inclusion in plants. *J. Ultrastr. Res.* 30: 533-557.
- Wilson, H. J., H. W. Israel, and F. O. Steward. 1974. Morphogenesis and the fine structure of cultured carrot cells. *J. Cell Sci.* 15: 57-73. (1976.12.13. 접수)

EXPLANATION OF FIGURES

Abbreviation used

C	Crystal-containing body (CCBs)
CW	Cell wall
ER	Endoplasmic reticulum
FT	Fine tubule
G	Golgi body
L	Lipid
LA	Plastid lamellae
M	Mitochondria
MB	Microbody
N	Nucleus
Nu	Nucleolus
P	Proplastid
PB	Prolamellar body
PG	Plastid globule
PH	Phytoferritin
PL	Plasmalemma
R	Ribosome
S	Starch grain
SP	Spherosome
ST	Stromacenter
TP	Tonoplast
V	Vacuole

- Fig. 1. The cytoplasm consists of numerous mitochondria and densely packed ribosomes. x 3,100.
- Fig. 2. Plastids containing numerous starch grains near the nucleus. x 3,100.
- Fig. 3. In the highly vacuolated cell, the nucleus is suspended in the vacuole by a narrow transvacuolar cytoplasm strand (arrow). x 4,680.
- Fig. 4. Plastids containing numerous lipid granules and starch grains. Nuclear pores (arrows) are shown in high magnification. x 11,100, inset x 23,000.
- Figs. 5-9. Absence of starch grains is characteristic of these plastids.
- Fig. 5. Plastid containing crystalline prolamellar body, stromacenter and plastid lamellae. Note DNA-like structures (arrow) lie scattered in the stroma. x 18,700.
- Fig. 6. The diameter of cytoplasmic ribosomes are larger than that of the plastid ribosomes. DNA-like structures (arrows) are contained in plastid. x 26,700.
- Fig. 7. Plastid containing plastid lamellae, plastid globule, fine tubule and crystalline prolamellar body in the stroma. x 19,300.
- Fig. 8. Cell showing crystal-containing body, plastid lamellae and fine tubule in the plastid. Note the spherosome with a light rim, a dense annulus and a less electron dense core. x 15,600.
- Fig. 9. Plastids containing stromacenter, crystal-containing body, plastid lamellae, phytoferritin and DNA-like structures (arrow). x 53,500.
- Fig. 10. Chromoplast (arrow) is seen only in the duct cell. x 20,500.
- Fig. 11. Golgi bodies composed of straight cisternae and vesicle. x 18,700.
- Fig. 12. Aggregated mitochondria near the plastid. The mitochondria, endoplasmic reticulum and microbody are seen near the plastid. x 13,400.
- Fig. 13. Multivesicular body (arrow) containing large and small sphere associated with the plasmalemma. x 13,400.
- Fig. 14. Cytolysome-like organelle (arrow) in the cytoplasm. Cell contains Golgi body and polysomes. x 25,400.
- Fig. 15. Smooth endoplasmic reticulum enclosed by some part of cytoplasm (arrow). Note the presence of electron dense fibrillar materials in the vacuole. x 11,100.
- Fig. 16. The membrane of vacuole (tonoplast) is associated with elongated endoplasmic reticulum (arrow). x 20,500.
- Fig. 17. Note the elongated endoplasmic reticulum (arrow) in the vacuolated cell. x 9,800.
- Fig. 18. Polysomes in highly vacuolated cell. x 35,000.
- Fig. 19. Note multifibrillar bundles containing micro-fibrous structures (arrow) in the cytoplasm. x 44,600.
- Fig. 20. Note multifibrillar bundles containing micro- (arrow) and curved-fibrous structures (double arrowed) in the cytoplasm. x 25,600.

Plate 1

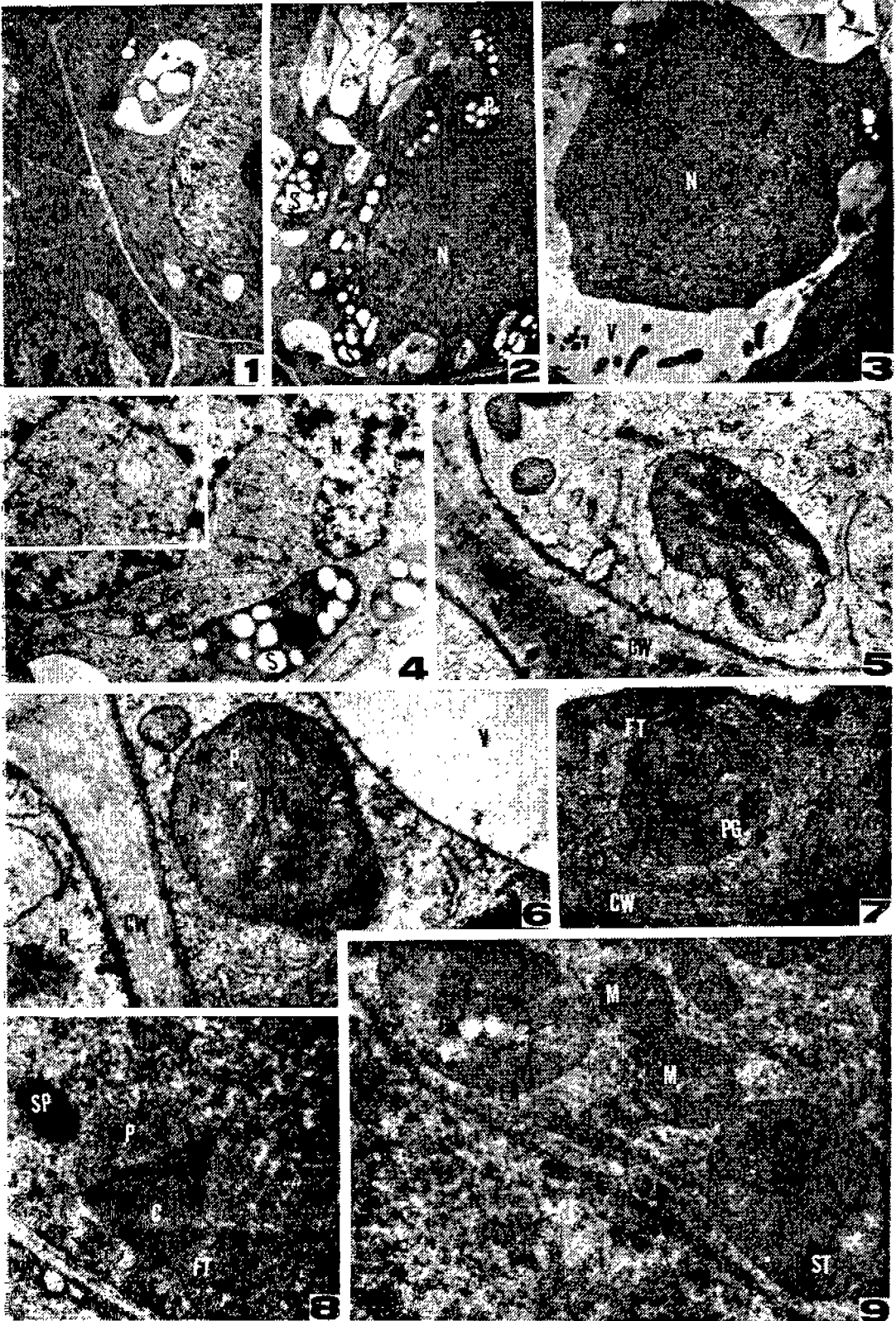


Plate 2

