

인삼 유식물체 줄기의 분비관 형성에 관한 미세구조

劉成哲 · 李昌燮 · 蔡銀珠 · *鄭炳甲 · 金宇甲
(高麗大學校 理科大學 生物學科, *高神大學 生物學科)

Ultrastructure of Secretory Duct Development in the Stem of Ginseng (*Panax ginseng* C.A.Meyer) Seedlings

Yu, Seong Cheol, Chang Seob Lee, Eun Joo Chae,
*Byung Kap Jeong and Woo Kap Kim

(Department of Biology, Korea University, Seoul and *Department of Biology, Kosin University, Busan)

ABSTRACT

Secretory ducts in the stem of *Panax ginseng* seedlings are observed with light and electron microscopes to clarify development of the epithelial cells of secretory ducts. Secretory duct initial cell is developed from procambial cell which originated from initial cell is differentiated into epithelial cell of secretory ducts. Intercellular space between the epithelial cells are gradually expanded and differentiated into duct lumen. Disintegrations of epithelial cells occur throughout all the stages of development. The cytoplasm of epithelial cells darken and the epithelial cell wall are lysed, preceding their disintegration. In the epithelial cell cell organelles are scattered in the cytoplasm. Development of vacuoles are sparse at the early stage. Starch grains decreased gradually, while lipid droplets increased. Free ribosomes are distributed throughout the cytoplasm and secretory vesicles which originated from rough endoplasmic reticulum and Golgi complex are fused with the plasmalemma. These suggest that the cellular metabolism is active. Microtubules and plasmodesmata are typically observed in the thickened epithelial cell wall. Secretions are accumulated in duct lumen.

서 론

인삼의 분비관은 근피층(Mccalfc and Chalk, 1950; Kim, 1973; Kim and Kim, 1980; Kim *et al.*, 1984), 줄기, 잎, 배축에 분포하는 데 (Kim and Kim, 1980) 근피층의 것은 형성층에서 분화하여 환상 배열 됨으로써 근령을 측정할 수 있는 지표가 되며 (Kim, 1973), Kim과 Kim(1980)은 근피층의 분비관 상피세포에서는 산성지질이, 분비관 내강에서는 중성지질이 검출됨을 확인하여 지질도관(lipid duct)이라 명명 하였다. Kim등(1984)은 분비물질이 분비관 상피세포의 소포체 및 골지체에서 합성된후 분비소낭에 의해 분비되어 exocytosis에 의해 세포벽사이에 축적된 후 분비관내강으로 배출 된다고 하였다. 또한, Kim(1988)은 인삼근의 지질함량 및 지방

질 조성에 대한 분석에서 피층에 높은 함량의 중성지질이 존재하는 것은 이곳에 위치한 지질도관에서 합성, 분비된 중성지질때문이라고 하였다. 이상과 같이 인삼 분비관에 대한 연구는 주로 2기 식물체 주근에 존재하는 분비관의 분비 물질의 성분 및 분비기작에 치중되어 왔으며 초기 분비관 발생 및 형성과정에 관한 연구는 이루어진 바 없기에 본 연구는 인삼의 각 부위에 분포하는 분비관 중 우선 유식물 줄기의 분비관 발생 및 분비관 상피 세포의 초기 형성과정에 따르는 미세구조적 변화상을 밝히고자 하였다.

재료 및 방법

경기도 강화에서 재배되고 있는 4-5년생 인삼(*Panax ginseng* C.A.Meyer) 개갑종자내의 하배측부위와 유식물의 줄기를 시기별로 적출하여 공시재료로 사용하였다. 공시재료를 4% paraformaldehyde-5% glutaraldehyde (Sorenson's phosphate buffer, pH 6.8)에 전고정, 2% OsO₄에 후고정한 것을 alcohol 농도 상승순으로 탈수 propylene oxide로 치환하여 Epon 혼합액(Luft, 1961)에 포매하였다.

포매된 재료는 LKB-V형 ultramicrotome으로 1 μm 두께의 절편을 제작하여 methylene blue 및 basic fuchsin으로 염색하여 광학현미경으로 관찰하였고, 은색절편을 제작하여 uranyl acetate와 lead citrate로 이중염색하여 투과전자 현미경(JEM 100 CX-11, 80 kv)으로 관찰하였다.

결 과

분비관은 배의 하배측에서 형성되며(Fig. 1) 유식물의 줄기에서는 분비관 상피세포와 sheath cell이 분비관 내강을 둘러 싸는 완전한 모양을 이루었는데, 이는 시원 세포에서 기원하는 전형성층 세포가 분화하여 이루어진 분비관 시원세포가 병축 및 수층분열을 계속하여 분비관 상피세포로 분화되고 이들 세포사이의 간극이 점차적으로 확대되어 분비관내강을 형성하였다(Figs. 2및3). 분비관 상피세포의 세포벽은 비후되었고 세포간극에는 세포벽성분으로 보이는 섬유상물질들이 관찰되었으며(Fig. 5), 인접한 세포간극은 상피세포의 세포벽이 용해되면서 서로 통합되는 양상이 관찰되었다(Fig. 6). 초기분비관 상피세포질은 염색상이 비교적 낮았으며 세포질 전역에 유리 리보솜이 분포하였고 lipid droplet을 생성하는 조면소포체가 세포벽과 인접하여 위치하였다(Fig. 5). 구형의 미토콘드리아(Figs. 5및6)가 관찰되었고 Golgi complex에서 유래된 Golgi vesicle들은 세포간극과 인접한 세포벽 부근에서 주로 관찰되었으며(Figs. 4및5) 구형의 액포에는 미세한 전자밀도를 갖는 과립들이 산재해 있었다(Fig. 6). 분비관 시원세포가 분열을 거듭하여 형성된 분비관 상피세포는 4-5개의 세포로 구성되었는데, 상피세포의 간극핵은 비교적 둥글고 전자밀도가 비교적 높은 인을 가지고 있었으며 염색질은 비교적 고루 분포하였다. 또한, 전분과립을 함유하는 색소체가 관찰되었으나, 점차적으로 전분 과립은 없어지며 소포체에서 형성된 lipid droplet이 증가됨이 관찰되었다(Figs. 7-10). 분비관 내강의 섬유상물질들은 점차 중앙부위로 이동됨이 관찰되었고(Figs. 7및8) 확장된 분비관 내강에서는 myelin-like figure가 나타났다(Fig. 9). 또한, 분비관과 접한 상피세포의 세포벽과 상피세포들간의 세포벽은 매우 불규칙하였다(Figs. 9및10). 분비관 내강과 상피세포의 형성이 끝나면, 내

강과 접한 상피세포들간의 세포벽용해가 일어나는데 이는 세포벽의 중염으로부터 시작되었다(Figs. 11 및 12). 내강과 접한 개개의 비후된 상피세포벽은 모양이 불규칙하였고, 내강으로 물질이 분비됨이 관찰되었다(Fig. 12). 세포벽이 용해 되어 배출된 세포벽 성분과 상피세포에서 분비된 물질들이 내강쪽 세포벽에 축적 되었으며 섬유상을 이루어 긴 가닥을 형성하였다(Fig. 14). 이 시기에 상피세포의 세포질에는 lipid droplet이 관찰되지 않았으며(Fig. 14) 세포벽과 인접하여 조면소포체와 Gogi complex에서 유래된 vesicle들이 multivesicular body를 형성하여 원형질막과 융합됨이 관찰되었고 유리리보솜, 다수의 색소체 그리고 cristae가 발달된 미토콘드리아들이 나타났으며 액포는 확장되었고 액포내에 분비과립들이 관찰되었다(Fig. 12). 분비관 상피세포들은 각기 발달양상에서 차이를 나타냈는데(Fig. 15) 퇴화 되는 세포들은 특징적으로 세포질의 darkening 현상으로 인하여 짙게 관찰되었으나(Figs. 16 및 17) 대체로 세포소기관의 윤곽은 구분되었다. 내강에는 점차적으로 다층막성구조가 증가되었고(Figs. 16 및 17) 이와접한 퇴화되는 상피세포의 세포벽은 비후도의 차이를 보이며 점차 얇아졌고(Fig. 17) 분비관 내강에서는 구형의 분비물질이 관찰되었다(Fig. 18). 퇴화된 상피세포의 용해로 인한 세포잔유물로 여겨지는 물질이 내강에서 관찰되었다(Fig. 19). 이전 시기보다 염색상이 짙은 세포질에는 조면소포체가 세포벽과 인접하게 관찰되었는데 여기서 생성되는 소낭들이 원형질막과 융합되었고 세장형의 미토콘드리아와 잘 발달된 Golgi complex가 나타났다(Fig. 19). 또한 이전 시기에 관찰되지 않았던 microtubule이 비후된 세포벽 근처에서 집중적으로 관찰되었으며(Fig. 20), 원형질 연락사가 세포벽을 관통하고 있었고 주위로 조면소체가 위치하였다(Figs. 21 및 22). 이와 인접하여 grana 구조나 osmiophilic granule을 함유하는 다양한 단계의 색소체가 관찰되었으며(Figs. 21-23), 세포벽의 비후도의 차이가 심하였고 일차벽공이 관찰되었는데 주위에는 Golgi complex에서 유래되는 다수의 Golgi vesicle들이 관찰되었다.(Fig. 23).

고 찰

관속식물의 분비관은 이생적이나 파생적, 혹은 이 두가지의 혼합형으로 형성 되는데 이생적으로 형성되는 분비관은 분비관 시원세포의 세포간극이 확장되어 이루어지고 분비관 시원세포는 분열을 거듭하여 분비관 상피세포를 형성하게 된다(Fahn and Evert, 1974; Schnepf, 1969). 파생적으로 형성되는 분비관은 상피세포에 둘러 싸여 있는 중앙의 세포가 용해되어 분비관 내강이 형성되고 분비관 상피세포의 용해로 인하여 확장되며 주위의 유세포들은 세포소기관의 변화없이 분비관 상피세포로 대체된다(Fahn and Joel, 1977; Joel and Fahn, 1980 a,b,c). 인삼근계의 피층에 분포하는 분비관은 형성층에서 분화된 상피세포에 의해 이생적으로 형성되며(Kim and Kim, 1980; Kim *et al.*, 1984). 인삼 유식물 출기에 분포하는 분비관도 최초로 전형성층 부근에서 관찰되었고 분비관 상피세포사이의 세포간극이 확장하여 형성되었으며 이어서 상피세포의 세포벽이 용해되면서 확대되었고 인접한 세포간극이 연결되는 양상이 관찰되었던바, 이로써 인삼유식물 출기에서의 분비관은 최초 이생적으로 형성 됨을 알 수 있었다. 성숙한 분비관 상피세포의 세포질은 전자밀도가 높았으며 상피세포의 대부분은 중앙 액포가 차지함으로 인하여 세포 소기관들은 주로 세포벽과 인접하여 위치하였고(Kim *et al.*, 1984) 전자밀도가 높은 osmiophilic material을 갖는 미토콘드리아(Joel and Fahn, 1980 b; William *et al.*, 1976; Fahn and Benayoun, 1976; Benayoun and Fahn, 1979; Fahn and Evert, 1974), 구형의

osmiophilic granule이 윤상으로 배열되어있는 chromoplast (Joel and Fahn, 1980 b; Fahn and Benayoun, 1976; Benayoun and Fahn, 1979), 구형의 microbody (Kim *et al.*, 1984; Trachtenberg and Fahn, 1981; Galatis *et al.*, 1979), 세포질 전역에 고루 분포하는 조면소체와 활면소포체 (Esau, 1974; Fahn and Evert, 1974). 그리고 분비소낭을 생성하는 Golgi complex (Joel and Fahn, 1980 a,b,c) 등이 특징적으로 관찰되었다고 하였으나, 인삼 유식물 줄기의 분비관 상피세포의 세포질은 초기에는 전자밀도가 매우 낮았으며 원색소체와 조면소포체가 급격히 증가하였고 세포질 전역에 분포하는 유리리보솜이 관찰되었으며 조면소체와 Golgi complex에서 유래된 분비소낭들이 multivesicular body (Fahn and Benayoun, 1976)를 형성하여 원형질막과 융합하는 양상이 관찰되었고 액포의 발달은 미약하였다. 또한 전분 과립이 점차 사라지는 대신 lipid droplet의 수가 증가하여 내강과 접한 세포벽 쪽으로 이동됨이 관찰되었으며 드물게 osmiophilic granule들이 세포질과 색소체 내에서도 관찰되는 등 세포내소기관들의 분비활동이 활발함을 알 수 있었다. 분비관을 둘러싸고 있는 분비관 상피세포들은 각각 발달양상에서 차이를 보이며 급격한 퇴화현상이 나타나는데 (Fahn, 1979; Joel and Fahn, 1980 a,b,c; Randall, 1980; James, 1980) Joel과 Fahn (1980 a)은 *Mangifera indica* resin duct의 상피세포는 분비과정의 마지막 단계에서 세포질의 darkening현상이 일어난 후 이 상피세포가 분해됨으로써 내강이 확장되었고 이런 현상은 실제적으로 단백질의 주요 변화에 기인되며 세포질내의 소기관의 주요 변화는 Golgi complex가 팽대되고 소낭들이 주위를 둘러싸다고 하였다. 본 연구에서는 분비관 내강이 확장되는 시기에 내강과접한 상피세포의 급격한 퇴화현상으로 세포질의 darkening현상이 나타났는데 대체로 세포소기관의 윤곽은 구분되었으며 상피세포의 세포벽은 점차 얇아졌고 내강에는 점차적으로 다층막성 구조가 형성되었다. 또한 분비관 내강에는 이미 용해된 상피세포의 잔유물로 여겨지는 물질이 관찰되는 등 상피세포의 용해는 세포벽으로부터 시작됨을 알 수 있었다. Joel과 Fahn(1980 b)은 *Mangifera indica*의 분비관과 접한 세포벽근처에 커다란 extracytoplasmic space가 나타났으며 lamellae나 vesicular 구조, 또는 osmiophilic material로 차 있다고 하였고, Fahn과 Evert(1974)는 *Rhus glabra*의 분비관내강에는 섬유상물질이 관찰된다고 하였는데, 본 연구에서는 확장된 분비관 내강에서 섬유상 구조가 관찰되었고 분비물질이 내강 쪽 세포벽에 축적되고 있었으며 내강의 중앙부위로 이동됨을 알 수 있었다. *Opuntia ficus-indica*의 점액세포 (Trachtenberg and Fahn, 1981), *Rhus glabra* (Fahn and Evert, 1974), *Ruta graveolens* (Peterson *et al.*, 1978)의 분비관 상피세포에서는 원형질 연락사가 일차세포벽에 발달되었다고 하였고, 인삼근계의 분비관 상피세포에서는 관찰되지 않았다고 하였으나 (Kim *et al.*, 1984), 본 연구에서는 분비관이 확장되는 시기에 원형질연락사가 상피세포의 세포벽을 관통하고 있음이 관찰되었다. 분비관 상피세포에서 관찰되는 microtubule은 분비물질의 분비과정에서 기능적으로 연관된다고 하였는데 (Oross and Thomson, 1982; Galatis *et al.*, 1978) 본 연구에서는 microtubule은 상피세포의 비후된 세포벽 근처에서 집중적으로 관찰되었던 바 이는 기계적인 기능과 함께 분비물질의 수송역할을 담당하는 것으로 사료된다. 결론적으로, 인삼 유식물 줄기의 분비관은 전형성충세포의 분화로 이루어진 분비관 상피세포의 간극이 팽창하여 이생적으로 형성되었으며 분비관 발달의 전 시기를 통하여 인접 상피세포간의 세포벽 용해로 확장되었다. 이어서 파생적으로 발달되는 것으로 생각되는 상피세포의 darkening현상과 용해된 세포의 잔유물로 생각되는 물질이 내강에서 관찰되었으나 이는 좀더 연구를 진행해야 할 문제로 사료된다.

적 요

인삼(*Panax ginseng* C.A.Meyer) 유식물 줄기의 분비관 발생 및 분비관 상피세포의 초기 형성 과정에 따르는 미세구조적 변화상을 광학 및 전자현미경으로 관찰하였다. 시원세포에서 기원하는 전형성층세포가 분화하여 이루어진 분비관 시원세포는 분열하여 분비관 상피세포로 분화되었고 이들 세포사이의 간극이 점차적으로 확장되어 분비관 내강이 형성되었다. 발달의 전 시기에 걸쳐 세포벽의 용해와 퇴화된 상피세포의 darkening 현상이 관찰되었다. 상피세포의 세포질에는 세포내소기관들이 고루 분포하였으나, 액포의 발달은 미약하였고 진분과립이 사라지는 대신 조면소포체에서 생성되는 lipid droplet이 증가하였다.

유리리보솜이 세포질 전역에 분포하였고 조면소포체와 Golgi complex에서 유래된 분비소낭들이 원형질막과 융합하는 등 분비관동이 발달하였다. 특징적으로 microtubule과 원형질인락사가 비후된 상피세포의 세포벽에서 관찰되었으며 분비관내강에는 분비물질이 축적됨이 관찰되었다.

참 고 문 헌

- Benayoun, J. and A. Fahn. 1979. Intercellular transport and elimination of resin from epithelial duct-cells of *Pinus halepensis*. *Ann. Bot.* **43** : 179-181.
- Esau, K. 1974. Ultrastructure of secretory cells in phloem of *Mimosa pudica* L. *Ann. Bot.* **38** : 159-164.
- Fahn, A. 1979. Secretory tissues in plants. Academic press. New York. pp.185-209.
- Fahn, A. and J. Benayoun. 1976. Ultrastructure of resin ducts in *Pinus halepensis*. Development, possible sites of resin synthesis, and mode of its elimination from the protoplast. *Ann. Bot.* **40** : 857-863.
- Fahn, A. and R.F. Evert. 1974. Ultrastructure of the secretory duct of *Rhus glabra* L. *Amer. J. Bot.* **61** : 1-14.
- Fahn, A. and D.M. Joel. 1977. Development of primary secretory ducts in the stem of *Mangifera indica* L. In *Tropical Botany*(Mabberly, D.J. and C.K. Lau, eds.). suppl. of the Garden s bull. Singapore. pp. 161-164.
- Galatis, B., P. Apostolakos and C. Katsaros. 1978. Ultrastructural studies on the oil bodies of *Marchantia paleacea* Bert. I. Early stage of oil body cell differentiation: origination of the oil body. *Can. J. Bot.* **56** : 2252-2267.
- James, D.M. 1980. Release of whole cells of *Nopales*(Cactaceae) into secretory canals. *Bot. Gaz.* **141** : 15-18.
- Joel, D.M. and A. Fahn. 1980a. Ultrastructure of the resin ducts of *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae). 1. Differentiation and senescence of the shoot ducts. *Ann. Bot.* **46** : 225-233.
- Joel, D.M. and A. Fahn. 1980b. Ultrastructure of the resin ducts of *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae). 2. Resin secretion in the primary stem ducts. *Ann. Bot.* **46** : 779-783.
- Joel, D.M. and A. Fahn. 1980c. Ultrastructure of the resin ducts of *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae). 3. Secretion of the protein-polysaccharide mucilage in the fruit. *Ann. Bot.* **46** : 785-790.
- Kim, W.K. 1973. Ultrastructure and cytochemical studies on the main root in *Panax ginseng* C.A. Meyer. *The Sci. and Tech. Kor. Univ.* **14** : 71-109.
- Kim, W.K. and E.S. Kim 1980. Structure and function of the secretory ducts in *Panax ginseng* C.A. Meyer. *Korean J. Electron Microscopy* **10** : 77-86.
- Kim, W.K., C.S. Lee and B.K. Jeong. 1988. Distribution of lipid in *Panax ginseng* root. *Korean J. Ginseng*

Sci. **12** : 97-103.

- Kim, W.K, S.C. Yu and B.K. Jeong. 1984. Ultrastructural and cytochemical studies on secretory duct cells of *Panax ginseng*. *Korean J. Electron Microscopy.* **14** : 33-46.
- Luft, J.H. 1961. Improvements in epoxy resin embedding methods. *J. Biophys. Biochem. Cytol.* **9** : 409-414.
- Mecalfé, C.R. and L. Chalk. 1950. Anatomy of dicotyledons. Clarendon Press. Oxford.
- Oross, J.M. and W.W. Thomson. 1982. The ultrastructure of the salt glands of *Cydonia* and *Distichlis* (Poaceae). *Amer. J. Bot.* **69** : 939-949.
- Peterson, R.L., M.G. Scott and B.E. Ellis. 1978. Structure of a stem-derived callus of *Ruta graveolens*: meristems, leaves, and secretory structure. *Can. J. Bot.* **56** : 2717-2729.
- Randall, J.A. 1980. Development anatomy of secretory cavities in the microsporophylls of *Ginkgo biloba* L. *Amer. J. Bot.* **67** : 912-917.
- Schnepf, E. 1969. Über den feinaufbau von Öldrüsen. IV. Die Öldrüsen von Umbelliferen: *Heracleum spondylium* und *Dorema ammoniacum*. *Protoplasma* **67** : 375-390.
- Trachtenberg, S. and A. Fahn. 1981. The mucilage cells of *Opuntia ficus-indica*(L) Mill: development, ultrastructure and mucilage secretion. *Bot. Gaz.* **142** : 206-213.
- William, W. T., K.A. Platt-Aloia and A.G. Endress. 1976. Ultrastructure of oil gland development in the leaf of *Citrus sinensis* L. *Bot. Gaz.* **137** : 330-340.

(1989. 6. 3 接受)

Explanation of Figures

- Figs. 1-3** Early stage of secretory ducts(SD) development in procambial tissues. Epithelial cells(arrow) can be distinguished to the parenchyma cells(PC). EP, Epidermal cell. X600, X400, X500.
- Figs. 4-6** Schizogenous development of secretory duct.
- Fig. 4** A number of Golgi vesicles from well-developed Golgi complex(G) are near the epithelial cell wall. Free ribosomes are scattered in the cytoplasm. X32,000.
- Fig. 5** Intercellular space(ics) developed between epithelial cell walls are observed, in which has fibrillar material and droplet(arrow). Lipid droplets(L), plastid(P) containing osmiophilic granule, and Golgi vesicles produced from developing Golgi complex(G) are observed in the cytoplasm of the epithelial cell. X23,400.
- Fig. 6** The connecting process between neighboring intercellular space(ics) is revealed. Round-shaped nucleus(N), mitochondria(M) and vacuole(V) are shown in the epithelial cell. X18,300.
- Figs. 7-10** Early stage of developmental processes of secretory duct.
- Figs. 7, 8** A secretory duct consists of 4-5 epithelial cells. Duct lumen(DL) has fibrillar matrix(arrow). Nucleus(N) is round-shaped containing electron-dense nucleolus(Nu). Starch grains are gradually decreased and lipid droplets(L) are increased. A number of proplastids(Pp) are developed. X3,400, X5,800.
- Figs. 9,10** Myelin-like structure(arrow) appears in the duct lumen(DL). Epithelial cell wall is irregular. Rough endoplasmic reticulum(RER) has a close relation with lipid droplet(L), and developing Golgi complex(G) and vacuoles(V) are observed in the cytoplasm. X11,600, X7,800.
- Figs. 11-14** Cell wall dissolution of epithelial cells.
- Figs. 11, 12** Lysis initiation begins at middle lamella(ML) of cell wall(CW). Osmiophilic granules(OG), mitochondria(M) and a number of proplastid(Pp) are observed in the epithelial cell. Secretory vesicles originated from rough endoplasmic reticulum make up membrane bounded vesicle(arrow) and merged with plasmalemma. Vacuoles(V) are gradually enlarged and contain secretory materials. N, Nucleus; P, Plastid. X15,000, X31,700.
- Fig. 13** Thickened epithelial cell wall which contact with duct lumen(DL) is irregular. Secretory material(arrow) are secreted to the duct lumen through the cell wall(CW). X8,000.
- Fig. 14** Lysed cell wall material and secreted material of epithelial cell are accumulated in the side of the duct lumen(DL) and appeared like a long strand of thread(arrow). X9,100.
- Figs. 15-18** Disintegrated epithelial cells.
- Fig. 15** Each of the epithelial cell shows a difference in developmental processes, A number of proplastid(Pp) are observed in the developing epithelial cell. X7,400.
- Figs. 16,17** Typically, darkening of cytoplasm in the disintegrated epithelial cell is seen, but cell organelles are seen distinctly. Multivesicular structure(Mvs) is seen to be increased in the duct lumen(DL) and disintegrated cell wall(arrow) become thin. N, Nucleus; Nu, Nucleolus. X8,600, X14,600.
- Fig. 18** Sphere shaped secretory materials(arrow) are observed in the duct lumen(DL). CW, Cell wall; V, Vacuole. X7,500.
- Figs. 19-23** The developed epithelial cell are shown.
- Fig. 19** Disintegrated, lysed cell debris(arrow) observed in duct lumen(DL). Electron dense cytoplasm is observed. It seems that secretory vesicles are from Golgi complex(G) and that rough endoplasmic reticulum are fused with plasmalemma. Well differentiated mitochondria(M) are seen. X36,000.
- Fig. 20** Microtubules(Mt), which were not seen in previous stage are observed in near the thickened cell wall. X33,000.
- Figs. 21-22** Plasmodesmata(Pd) pass through epithelial cell wall(CW), plastid(P) containing osmiophilic granule and grana structure appeared. Rough endoplasmic reticulum(RER) and mitochondria(M) can be observed. DL, Duct lumen. X16,000, X25,000.
- Fig. 23** Primary pit(Ppt) is seen in epithelial cell wall. Golgi vesicles(Gv) originated from Golgi complex(G) containing well differentiated cisterna are observed in near the cell wall. P, Plastid. X20,000.









