

인삼 분비관의 구조와 기능

김 우 갑 · 김 은 수
고려대학교 이과대학 생물학과

Structure and function of the secretory ducts in *Panax ginseng* C.A. Mayer

Woo-Kap Kim and Eun-Soo Kim
Dept. of Biology, Korea University

ABSTRACT

The distribution of the secretory ducts, fine structures of the secretory epithelial cells, and the ingredients of the metaplasmic inclusions were studied at light and electron microscopical levels in seeds, stems, leaves, and roots of ginseng.

The secretory ducts occurred in the hypocotyl of the embryo, in the cortex of the roots, and also both inside and outside of each vascular bundle in the stems and leaves. Especially, it is considered that the circular layers of the secretory ducts in roots may represent their ages. The epithelial cell has well developed nucleolus, mitochondria and smooth endoplasmic reticulum.

Sudanophil and osmiophilic inclusions were found in the epithelial cytoplasm and duct lumen. But these inclusions were not observed when extracted with pyridin or alcohol. In contrast to the lumen with red color, the epithelial cells were blue in color as stained with Nile blue, suggesting that the former inclusions are neutral lipid while the latter are acidic lipid.

The electron density of the cell inclusions was quite high as fixed with osmium tetroxide, indicating that most of these secretory materials seem to be unsaturated lipid.

Therefore, since ginseng secretory ducts are closely associated with the lipid metabolism, it should be called lipid canal or lipid duct.

서 론

고려인삼의 성분에 관한 연구는 비록 많이 이루어져 왔으나 그 성분의 합성부위와 수송과정에 관한 형태적인 연구는 시도되지 않고 있었다. 특히 그 성분중의 일부를 합성 또는 수송한다고 믿어지는 분비관에 관하여는 Kim(1973)에 의하여 그 일부가 밝혀졌을 뿐 분비상피세포의 미세구조와 분비물질 형성에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

관속식물의 분비구조는 외부비성인 trichomes, glands, nectaries, osmophores, hydathodes와 내부비성인 것으로서 idioblast인 oil cell, mucilage cell, tannin cell, crystal-forming cell, 분비관(secretory canal)인 mucilage canal, laticifers, resin duct, gum duct, balsam duct등이 있는데 특히 분비관의 경우는 그 구조 보다는 분비물질에 따라 그 명칭이 불리워져 왔다. 그러나 Kissler(1958)는 분비세포의 분비물질은 여러가지 성분이 혼합되어 있기 때문에 한 가지 분비물질에 의한 분비관의 명칭 및 분류방식은 정확지 못하다고 하였다. 인삼의 분비관은 지질대사와 관련이 있는 것이

는 것으로서 idioblast인 oil cell, mucilage cell, tannin cell, crystal-forming cell, 분비관(secretory canal)인 mucilage canal, laticifers, resin duct, gum duct, balsam duct등이 있는데 특히 분비관의 경우는 그 구조 보다는 분비물질에 따라 그 명칭이 불리워져 왔다. 그러나 Kissler(1958)는 분비세포의 분비물질은 여러가지 성분이 혼합되어 있기 때문에 한 가지 분비물질에 의한 분비관의 명칭 및 분류방식은 정확지 못하다고 하였다. 인삼의 분비관은 지질대사와 관련이 있는 것이

으로서 그 명칭을 지질도관으로 지칭하였지만(Kim, 1973), 이를 더욱 뒷받침 하기 위해서는 분비물질의 성분 및 세포화학적 방법을 이용한 상피세포의 미세구조적인 연구가 필요하게 되었다.

이에 저자들은 인삼의 주근계 뿐만 아니라 줄기, 잎 및 배조직등의 모든 부위에서 분비관의 존재여부, 분비상피세포의 미세구조, 분비물질의 성분, 분비물의 합성과정 등을 규명하고자 본 실험에 착수하였다.

재료 및 방법

강화산 1, 2, 3, 4년 및 5년생 인삼의 뿌리, 줄기, 잎 등과 개갑종자의 배를 실험재료로 사용하였다.

광학현미경 관찰을 위해 이들의 소편을 Lillie's neutral buffered formalin, FAA, Carnoy액(Sass, 1958) 및 Lewitzky액 내에서 고정한 후 동결절편과 paraffin 절편을 만든 다음 Sudan III, Sudan IV, Sudan black B(Jensen, 1962), Fleming 3중염색(Sass, 1958), Azure B(Flaxand & Himes, 1952), Ninhydrin반응(McManus & Mowry, 1960), PAS반응(Hotchkiss, 1948), IKI반응(Jensen, 1952), saponin반응(Edward, 1956) 등을 시도하였다.

전자현미경 관찰을 위하여 배와 줄기, 잎, 뿌리의 피층부 및 관속부를 각각 2mm³ 크기로 절취하여 4°C에서 OsO₄ 및 KMnO₄ 단일고정, glutaraldehyde-formaldehyde-OsO₄(Karnovsky, 1965), 이중고정 등을 실시하였다(0.1M Sodium cacodylate buffer, pH 7.4). 또한 acid phosphatase 및 ATPase활성을 조사하기 위하여 2.5% glutaraldehyde내에 1시간 고정한 시료를 50μ 절편으로 만들어서 Barka-Anderson(1962) 및 Wachstein-Meisel(1957) 반응기질 내에서 각각 30~60분간 처리시킨 다음 반응기질에 사용된 완충액(0.1M sodium cacodylate buffer, pH 7.4)으로 1시간 세척하고, 1% OsO₄내에서 3시간 후고정하였다.

고정이 끝난 시료는 ethanol 농도 상승 순으로 탈수한 뒤 propylene oxide로 완전 탈수하여 Epon 812 혼합액(Luft, 1961)내에 포매하였다. Porter-Blum MT-2 ultramicrotome으로 semi-section을 만들어 0.5% toluidine blue 또는 0.5% methylene blue로 간이염색하고 관찰 대상 부위를 확인한 다음 은색절편을 취했다. OsO₄ 및 glutaraldehyde-formaldehyde-OsO₄ 고정한 시료는 uranyl acetate와 lead citrate(Reynolds, 1963)로 절편 전자염색하였고, 전현세포화학적 처리를 가한 절편은 비염색 상태에서 각각 Hitachi HS-7S 전자현미경(50KV)으로 관찰하였다.

결과 및 고찰

뿌리의 분비관은Kim (1973)의 연구결과와 같이 주피로부터 피층내부에 이르기까지 환상으로 배열하였으며 특히 근형에 따라서 이들 환상층은 비례적으로 증가하였다(Fig. 1). 분비관은 5~8개의 단층상피세포로 구성되어었는데 이들은 10.5~26.5μ에 이르는 다양한 모양의 내강(lumen)을 형성하였고 때에 따라서는 상호 밀접하게 근접 또는 융합하는 양상이 관찰되기도 하였다(Fig. 4, 6).

Fahn et al. (1974)은 줄기의 두께가 증가함에 따라서 오래된 분비관의 크기도 증가한다고 하였으나, 인삼 줄기에 있어서는 분비도관의 발달이 대체로 미약하므로 인하여 근형에 따른 크기의 차이는 크지 않았다. 줄기에서는 내강이 협소한 분비관이 유관속을 중심으로 하여 피층과 수층에 각각 한 개씩 배열하여 존재하였다(Fig. 2).

잎에서는 줄기와 비슷한 모양의 분비관이 엽맥을 이루는 유관속의 배측면과 향측면에 각각 한 개씩 나타났는데 발달이 미약함으로 인하여 크기가 아주 작았고 상피세포의 모양도 상호 규칙적이었다(Fig. 3).

배에서는 배축의 기본분열조직 및 자엽의 증양면에 원시적인 분비관이 관찰되었다.

분비물질의 성분규명의 일환으로 실시한 sudan III, sudan IV 및 sudan black B와 Nile blue치리에 있어서 이들 분비관내의 분비물질 및 분비상피세포내의 후형질성 과립들이 강한 양성반응을 나타내었다(Fig. 4, 5, 6). 특히 Nile blue반응(Cain, 1947)에 있어서는 분비관내 물질이 oxazone에 반응하는 赤色이, 상피세포내에는 oxazine에 반응하는 靑色이 나타난 바 분비관내의 물질은 중성지질이고 상피세포내의 후형질성 과립들은 산성지질임을 알 수 있었다(Fig. 5). 또한 pyridin과 alcohol로 지질을 추출한 다음 위와 같은 세포화학적 반응들을 시켰을 때에는 음성반응으로 나타남으로 인하여 이들 분비물질은 지질성분임을 입증하였다.

인삼이 속하고 있는 Araliaceae(두릅나무과)의 식물은 secretory space에 관한 세포들이 분열을 거듭함으로써 space의 신장을 이루게 하고 결국管狀의 분비관을 형성시킨다고 하였는데(Esau, 1965) 본 실험에 있어서도 이와같은 이생간극에 의한 분비관 형성을 관찰할 수 있었다.

인삼 분비관의 상피세포는 핵을 비롯하여 미토콘드리아, 소포체, 리보솜, 색소체, dictyosome등의 세포소기관, 분비물질인 지질과립과 저장물질인 전분립이 나타났다(Fig. 7, 8, 9). 핵은 전자밀도가 높은 약

1.6 μ 의 비교적 발달한 인을 지니고 있었으며 열색질이 주로 핵막 내측에 분포하고 있었다(Fig. 7). 미토콘드리아는 구형에서 장타원형에 이르는 형태를 지녔는데 cristae는 발달하였다(Fig. 7, 12, 13).

Schnepf(1969, b)는 *Heracleum oil duct*의 분비세포에서 Heinrich(1970)는 *Poncirus*의 oil gland 분비세포에서 활면소포체만을 관찰한 데 비하여 Fahn과 Evert(1974)는 윗나무 Secretory duct에서 조면소포체만을 관찰하였다고 보고하였다. 그러나 본 실험에 있어서는 조면소포체와 활면소포체가 함께 관찰되었고 특히 관상의 활면소포체와 여기에서 분지한 것으로 보이는 많은 vesicle들이 함께 관찰되었다(Fig. 8).

리보솜은 유리상태의 polysome을 형성하기도 하였으나 대부분은 소포체에 붙어 조면소포체를 이루었다.

색소체에서는 특히 전자밀도가 상당히 높은 염주상 과립을 지니는 chromoplast가 나타났다(Fig. 9). dictyosome은 가끔 관찰되었으나 그리 발달하지는 않았다(Fig. 12).

분비상피세포의 대부분을 차지하고 있는 액포는 기본유조직이 상피세포로 점차 분화함에 따라 미성숙 액포 역시 계속 분화하므로써 상피세포내에선 궁극적으로 한개의 큰 액포를 형성하는 것으로 생각되는데 원형질막이 세포질쪽으로 함입이 일어나면서 점차 발달하여 생긴 plasmalemmasome과 활면소포체가 세포질을 둘러싸서 자식성 액포로 되어지는 양상의 액포형성 과정이 주로 관찰되었다(Fig. 10, 11). 특히 전자의 경우 Fig. 10에서 보는 바와 같은 microvesicle들을 함유하고 있는 액포들과 또는 myelin상의 다층막성 구조내에 vesicle들을 함유한 것 등의 다양한 액포형성 과정도 관찰되었다.

ATPase활성은 지질과립 주변과 특히 미토콘드리아의 cristae에서 강한 활성이 나타난 바 이곳에서의 활발한 대사작용을 암시하였다(Fig. 12, 13). 그러나 acid phosphatase의 활성은 거의 반응이 나타나지 않았다.

상피세포내의 전분과립은 대체로 원형이며 치밀한 외연부와 허술한 중앙부를 이루고 있었는데 이들은 상피세포내 분비대사를 하기 위한 세포의 영양공급원이라고 사료된다.

분비상피세포의 미세구조와 더불어 이들의 분비물질이 어느 기관에서 합성되어 분비되는가 하는 점은 중요한 문제이다. Schnepf(1974)는 세포내 소기관내에 Osmophilic droplets가 나타난다고 해서 그 기관이 바로 분비과정에 관여하는 증거가 될 수는 없다고 하였으나 대부분의 연구에 있어서 이러한 견해는 받아들여지지 않고 있었다. 여러 소기관 중 소포체는 특히

lipid와 oil을 분비하는 세포에서는 잘 발달되어 있다고 하였다(Wooding and Northcote, 1965; Kroh, 1967; Fahn and Rachmilevitz, 1970; Rachmilevitz and Fahn, 1973; Fahn and Rienhold, 1973). Thomson et al.(1976)은 ribosome뿐만 아니라 특히 활면소포체가 분비물질(oil)을 합성한다고 하였다. 인삼분비상피세포에서는 때에 따라 관상의 긴 활면소포체가 높은 전자밀도의 지질과립을 둘러싸고 있는 것이 관찰되었는데 이러한 활면소포체는 분비물질 수송 및 응축에 어떤 관련이 있는 것으로 생각된다. 또한 Citrus잎(Thomson et al., 1976)과 Ruta자방(Heinrich, 1969)에서는 색소체가 분비작용과 관련이 없다고 보고 되었지만 대부분의 분비상피세포의 세포 소기관중에서 색소체는 소포체와 더불어 분비물질 합성장소 또는 저장고로서 여러 학자들에 의해 가장 많이 주장되어 왔다(Wooding and Northcote, 1965; Amelunxen and Arbeiter, 1967; Fahn and Evert, 1974; Peterson and Scott, 1978). 본 실험에 있어서도 전자밀도가 높은 지질과립들이 Chromoplastid내에 염주형태로 존재함으로써 인하여 이들 연구 결과들과 같은 조건을 나타내었다(Fig. 9). Fahn et al.(1974)은 상피세포에서 osmophilic droplets가 주변의 sheath cell에서 보다 그 크기가 작고 수도 많다고 하였지만, 인삼 분비상피세포내의 지질성 분비과립들은 주변 유조직에 존재하는 지질과립들에 비하여 그 크기가 월등히 컸으며 양적으로도 많이 분포하였다. 특히 lumen쪽의 세포벽 근처 세포질부위와 액포 가까이에 크고 불규칙하게 발달하였다(Fig. 14, 15).

분비물질이 duct lumen으로 분비되는 과정은 아직 확실히 밝혀지지 않고 있다. 다만 Fahn et al.(1974)이 세포내 여러 소기관에서 분명히 나타나는 osmophilic materia의 대부분이 lumen까지는 도달하지 못하고 오히려 분비물질의 작은 분자들이 원형질막과 세포벽을 통과한 다음 lumen에서 크게 응축되어 진다고 보고한 바 있었다. 그러나 인삼에서는 커다란 형태의 분비물질이 세포벽을 사이에 두고 세포내, 외부에 관찰되었는데 이것은 아마 지질성 분비물질들이 세포막을 통하여 직접 빠져 나오는 것으로 추측된다.

인삼에 있어서 분비 기작의 과정 뿐만 아니라 분비물질의 합성부위를 좀더 확실하게 알기 위해서는 앞으로 자기방사법을 이용한 전자현미경적인 연구가 진행되어야만 하겠다.

적 요

인삼의 근피층에서 확인된 분비관의 분포, 분비상피

세포의 미세구조, 후형질성 함유물의 성분등을 광학 및 전자현미경을 이용하여 추구하고 있다.

1) 분비관은 배측, 근피층, 엽맥 유관속의 배측면과 향측면, 줄기의 유관속을 사이에 두고 피층과 수층 및 髓內에서 관찰되었다.

2) 근피층에 존재하는 분비관은 형성층에서 분화합이 확인되었고, 분비관의 환상배열층은 根鬚을 추정하는 구조적인 지표가 된다고 믿어진다.

3) 분비상피세포는 仁, 미토콘드리아, 소포체가 매우 발달되었으며, ribosome, chromoplast, leucoplast, dictyosome 과 저장과립인 전분립이 관찰되었다.

4) 상피세포는 단층이고 세포질과 분비관내에는 sudanophyl, osmophyl inclusion이 확인되었지만 pyridin 및 alcohol로 lipid를 추출하였을 때에는 이들 함유물이 관찰되지 않았다.

5) Nile blue반응에서 상피세포내에는 oxazine에 반응하는 산성지질이, 분비관에는 oxazone에 반응하는 중성지질이 검출되었다.

6) 세포내 분비과립은 OsO₄단일고정시 전자밀도가 매우 높았다. 따라서 이 물질의 주성분은 불포화성지질인것 같으며 인삼의 분비관은 지질대사와 밀접한 관련성이 있는 것으로 믿어지므로 인삼이 지니는 분비관은 지질분비관(lipid canal 또는 lipid duct)으로 명명됨이 바람직하다.

references

Amelunxen, F. and H. Arbeiter. 1967. Untersuchungen an den Spritzdrusen von *Pictamnus albus* L.Z. *Pflanzenphysiol.* 58 : 49-69.

Esau, K. 1977. Anatomy of seed plants. 2nd ed. John Wiley and Sons, New York.

Fahn, A., and T. Rachmilevitz. 1970. Ultrastructure and nectar secretion in *Lonicera japonica*. In N.K.B. Robson, D.F. Cutler, and M. Greory (ed.), New research in plant anatomy. Academic Press, London. Suppl. J. Linn. Soc., Bot. p. 51-56.

Fahn, A., and R.F. Evert. 1974. Ultrastructure of the secretory ducts of *Rhus glabra* L. *Am. J. Bot.* 61 : 1-14.

Heinrich, G. 1966. Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen zur Genese der Exkrete in den lusigenen Exkretäumen von *Citrus medica*. *Flora (Jena)*, 156 : 451-456.

_____ , 1969. Elektronenmikroskopische Beobachtungen zur Entstehungswiese der Exkretbehälter von *Ruta graveolens*, *Citrus limon* und

Poncirus trifoliata. *Oesterr. Bot. Z.* 117 : 397-403

_____ , 1970. Elektronenmikroskopische Beobachtungen an den Drusenzellen von *Poncirus trifoliata*; zugleich ein Beitrag zur Wirkung ätherischer Öle auf Pflanzenzellen und eine Methode zur Unterscheidung fluchtiger von nichtfluchtigen lipophilen Komponenten. *Protoplasma*, 69 : 15-36.

Jensen, W.A. 1962. Botanical histochemistry. W.H. Freeman and Co., San Francisco.

Kim, W.K. 1973. Ultrastructural and cytochemical studies on the main root in *Panax ginseng* C.A. Meyer.

Kisser, J. 1958. Die Ausscheidung von atherischen Ölen und Harzen. *Handb. Pflanzenphysiol.* 10 : 91-131.

Kroh, M. 1967. Bildung und transport des Narbensekrets von *Petunia hybrida*. *Planta.* 77 : 250-260.

Mauseth, J.D. 1980. Release of whole cells of *Nopales* (Cactaceae) into secretory canals. *Bot. Gaz.* 141(1) : 15-18.

Peterson, R.L. and Scott, M.G., 1978. Structure of a stem-derived callus of *Ruta graveolens*: meristems, leaves, and secretory structures. *Can. J. Bot.* 56 : 2717-2729.

Rachmilevitz, T., and A. Fahn. 1973. Ultrastructure of nectaries of *Vinca rosea* L., *Vinca major* L. and *Citrus senensis* Osbeck CV. Valencia and its relation to the mechanism of nectar secretion. *Ann. Bot.* 37 : 1-9.

Schnepf, E. 1969a. Über den Feinbau von Öldrüsen. III. Die Ölgänge von *Solidago canadensis* und die Exkretschläuchen von *Arctium lappa*. *Protoplasma* 67 : 205-212.

_____ , 1969b. Über den Feinbau von Öldrüsen. IV. Die Ölgänge von Umbelliferen: *Heracleum spondylinum* und *Dorema ammoniacum*. *Protoplasma* 67 : 375-390.

_____ , 1974. Gland cells. In Dynamic aspects of plant ultrastructure. Edited by A.W. Roberts. McGraw-Hill Book Co. (U.K.), Maidenhead, Berkshire. pp. 331-357.

Thomson, W.W., K.A. Platt-Aloia, and A.G. Endress. 1976. Ultrastructure of oil gland development in the leaf of *Citrus sinensis* L. *Bot. Gaz. (Chicago)*, 137 : 330-340.

Wooding, F.B.P., and D.H. Northcote. 1965. The

fine structure of the mature resin canal cells of *Pinus pinea*. *J. Ultrastruct. Res.* 13 : 233-244.

Explanation of the Figures

- Fig. 1. Photomicrograph of transverse section of cortex in root, showing the three circular layers of secretory ducts representing its age. (X200)
- Fig. 2. Transverse section of stems, showing two secretory ducts (arrows) inside and outside of the vascular bundle. (X200)
- Fig. 3. Transverse section of leaves, showing two secretory ducts (arrows) like Fig. 2. (X200)
- Fig. 4. Transverse section of the cortex in roots, stained with sudan W, shows that all epithelial cells are filled with the secretory droplets. And also duct lumen(DL) contains a large secretory materials. (X400)
- Fig. 5. secretory materials show red color in the duct lumen and blue color in the epithelial cells when stained with Nile blue. (X400)
- Fig. 6. Two secretory ducts at the level of fusion, showing the sudanophilic materials in the epithelial cells (E). (X400)
- Fig. 7. Electron-micrograph of secretory epithelial cells, showing nucleus(N), mitochondria(M), vacuoles(V), duct lumen(DL). (X11,700)
- Fig. 8. Well-developed rough ER (RER) and vesicles were observed in the epithelial cells fixed in potassium permanganate alone. Note the lipid droplet having high electron density in upper region. (X15,000)
- Fig. 9. Portion of the chromoplast(CP) containing osmiophilic granules, and rough endoplasmic reticulum in the epithelial cell. (X15,000)
- Fig. 10. The osmiophilic droplets in the epithelial cells protrude into the vacuoles. (X12,000)
- Fig. 11. Epithelial cells, showing their various processes of the vacuole formations. (X13,200)
- Fig. 12. Photomicrograph of the mitochondria and dictyosome, representing their activity for the ATPase. (X17,100)
- Fig. 13. Cristae of mitochondria show the highly positive reaction when glutaraldehyde-fixed tissue are incubated in medium containing ATP and Mg^{2+} , (X38,100)
- Fig. 14. Osmium tetroxide-fixed epithelial cells, showing the secretory droplets throughout the peripheral cytoplasm. (X8,000)
- Fig. 15. Both secretory droplets in the epithelial cells and secretory materials(SM) in the duct lumen are frequently present together. (X8,000)







