Korean J. Ginseng Sci.
Vol. 13, No. 1, 71–78 (1989)

인삼과실의 과피구조에 관한 연구

劉成哲 · 鄭炳甲 · 金宇甲
고려대학교 이과대학 생물학과
(1989년 4월 24일 접수)

Studies on Structure of Pericarp in Ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) Fruit

Seong-Cheol Yu, Byung-Kap Jeong and Woo-Kap Kim
Department of Biology, Korea University, Seoul 136-701, Korea
(Received April 24, 1989)

Abstract□The structural changes in the pericarp of *Panax ginseng* fruit cells are studied during maturation periods. The pericarp can be divided into exocarp, mesocarp and endocarp. The exocarp consists of one layer of epidermal cells which is covered by a thin cuticle and hypodermal cells. A central vacuole and peripheral cytoplasm are observed in the exocarp and mesocarp. Also, irregular wall arrangement are observed during the differentiation. The endocarp is clearly marked off from the others by secondary wall thickening and lignification. Secretory materials produced by the Golgi complex and rough endoplasmic reticulum vesicles appear to accumulated in the cell wall. These secretory materials are considered major components of the seed coat during the differentiation.

Keywords□*Panax ginseng* C.A. Meyer, pericarp structure ginseng fruit

서 론

과실은 종자와 함께 다양한 방법으로 식물산포장치로서의 기능을 담당하는데 원시적인 식물군에서는 종자산포장치와 종자는 독립적으로 과실에서 발달하고, 진화한 피자식물의 산포체는 주로 과실이나 또는 더욱 발달한 식물군은 종자로써 산포된다.[1] 이런 역할을 담당하는 종자와 과실 사이에는 기능상으로나 형태상에 변화가 많으므로 이를 구성하는 과피는 해부학적 측면에서 뿐만 아니라 농업적으로도 중요시되어 왔다.[2,3] 과피는 크게 2층 또는 3층으로 현저하게 분화되어 있으나 분화 정도에 차이가 있으며 이를 구성하는 조직에 따라 여러가지 유형으로 구분되어 있다.[1] 또한, 배유세포의 발달과 성숙에 따라 이를 둘러싸고 있는 과피층은 팽창되거나 변형되기도 하고 또한 압축되기도 함이 관찰되었다.[4] 과피의 발달과 성숙에 따른 구조적인 변화에 관한 연구가 많이 이루어져 왔으나 조직의 견고성으로 인하여 광학현미경을 이용하거나 외부형태를 그림으로 표시하는 정도로 수행되어 왔다. 인삼은 채종한 종자를 후숙과정[5,6]을 거쳐야 하는 특수성을 지니고 있어 Kim 등[7]이 후숙과 개갑에 따른 종피의 구조적인 변화를 밝혔고 내과피와 종피와의 관계를 설명하였으며, Kim and Kim[8]이 과벽세포의 유색체 형성을 미세구조적인 측면에서 밝혔으나 과피의 구조에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 과피의 발달에 따른 형태와 미세구조적인 변화를 밝히고자 광학현미경과 전자현미경을 사용하여 실험을 실시하였다.

재료 및 방법

경기도 광릉에서 재배하는 6년생 인삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer)의 미성숙과 성숙 과피의 소편을 해부현미경하에서 적출하여 4% paraformaldehyde-5% glutaraldehyde로 고정시킨 후 OsO_4로 재고정하여 alcohol 탈수, propylene oxide로 치환한 뒤 Epon 혼합액[9]에 포매하였다. 이 시료를 1 μm 두께의 절편을 제작한 뒤 methylene blue-basic fucbsin을 염색하여 광학현미경으로 관찰하였으며 동일한 부위에서 은색절편을 취하여 uranyl acetate와 lead citrate로 이중염색한 후 투과전자현미경 (JEM 100 CX- II, 80 kV)으로 관찰하였다.

결 과

1. 광학현미경적 관찰

과피는 크게 외과피, 중과피, 그리고 내과피의 3층으로 구분되었다(Figs.1-4).

외과피는 과벽으로 분화되는 단층의 표피세포들과 여러 층의 하표피세포들로 구성되어 있는데 단층의 표피세포들은 염색상이 짙은 각피층에 의해 덮혀 있었고 주로 수층분열을 하였으나 병층분열이 관찰되기도 하였다(Fig.1). 하표피세포들은 표피세포층 바로 밑에 위치하였는데 난형과 타원형의 불규칙한 세포들로 구성되었고 세포벽은 비교적 얇았으며 전분과립을 함유하였다. 또한, 세포간극이 발달되었으나 염색상은 관찰되지 않았다(Figs.1, 2).

중과피는 전형적인 유세포들로 구성되었는데 세포의 배열이 불규칙하였으며 세포간극에는 염색상이 관찰되었고 분열하는 세포와 세포벽이 퇴화되는 세포들도 관찰되었다(Fig.3).

내과피는 과실이 발달함에 따라 세포벽의 비후와 목질화로 인하여 인접한 중과피층과 쉽게 구별되었는데 가장 안쪽의 단층세포는 모양이 규칙적으로 배열되었고 그 바깥쪽의 세포들은 2차벽이 비후되어 원형질막이 세포벽과 분리되었다. 또한, 바깥쪽으로 유연벽공을 갖는 3-4층의 세포들과 세포벽이 소실되는 tube cell들이 관찰되었다(Fig.4).

2. 전자현미경적 관찰

외과피의 하표피세포들은 발달과정 동안 세포질은 점차 소실되어 세포벽 가까이 위치하였고 세포의 중앙부위에는 액포가 관찰되었다(Figs.5-7). 중엽과 원형질연락사가 관찰되었고 세포벽과 세포간극에는 섬유상 물질들이 나타났다(Figs.5, 7).

세포질에는 염색상이 짙은 장방형의 핵이 관찰되었는데 염색질은 고루 분포하였으나 주로 핵막 가까이 치우쳐 있었고 특징적으로 구형의 인이 뚜렷하게 관찰되었다(Fig.5).

세포내 소기관으로는 구형의 미토콘드리아, 활면소포체, 그리고 염색상이 짙은 전분과립이 관찰되었고 Golgi complex는 다수의 vesicle에 의해 둘러싸여 있었으며 이런 vesicle들은 점차적으로 이동하여 원형질막과 융합함이 관찰되었다(Fig.7).

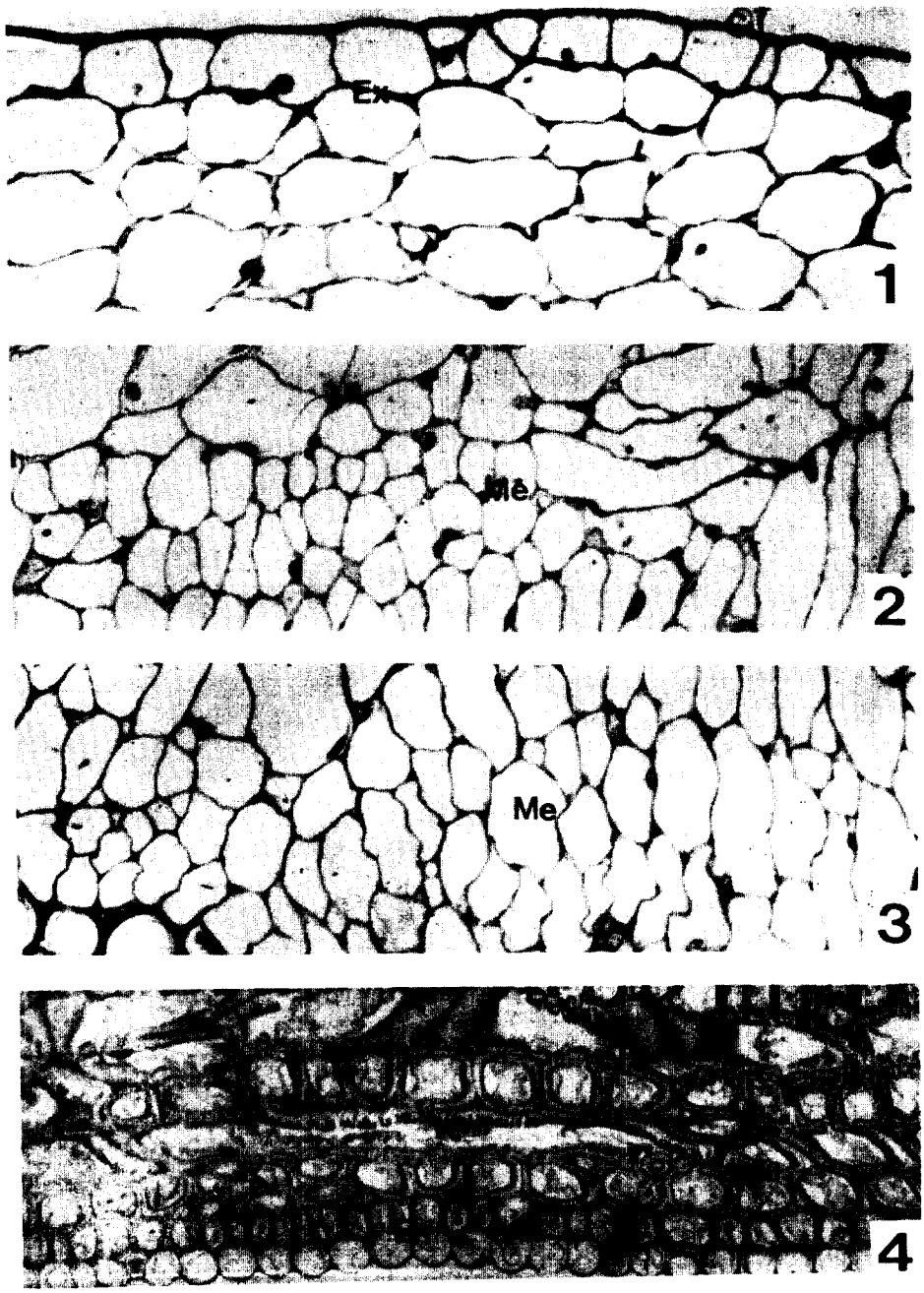
중과피 세포의 세포질은 중앙액포가 관찰되었고 유리리보솜이 산재해 있었으며 그라나구조를 갖는 유색체, 잘 발달된 조면소포체와 구형의 미토콘드리아 그리고 특징적으로 microbody가 관찰되었다(Figs.8-11). Golgi complex는 5-6층의 cisterna를 갖고 있었으며 Golgi vesicle(Fig.10)과 Golgi vacuole(Fig.11)이 생성됨이 관찰되었다. 발달과정 동안에 세포벽은 비후가 시작되어 비후도의 차이로 인하여 곤봉상을 나타냈고 원형질막과 세포벽이 분리되는 양상이 관찰되었다. 또한 세포벽에서 섬유상 물질이 관찰되었다(Figs.8-10).

내과피의 바깥층 세포는 2차벽의 비후와 목질화가 진행됨에 따라 원형질막이 세포벽과 분리되었다(Figs.12, 13).

핵은 세포의 중앙에 위치하였고 염색질은 고루 분포하였으며 특징적으로 원형질막을 따라 5-6층의 조면소포체가 배열되어 있었다. 구형의 미토콘드리아, 조면소포체와 연결된 osmiophilic granule이 관찰되었고(Fig.12) 다각형구조의 protein crystal이 세포질이 소실된 중앙부위에서 관찰되었으며(Fig. 13), 조면소포체와 Golgi complex에서 형성된 다수의 vesicle들이 모여있음이 특징적으로 관찰되었다(Fig.14).

고 찰

과피를 이루는 조직들은 종에 따라 상이하며 과실의 성숙과정 동안에 일어나는 구조적인 변화는 기능

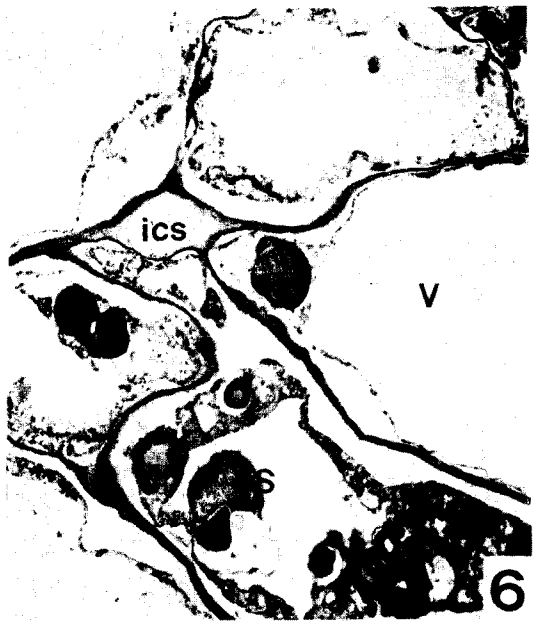


Figs. 1-4. Light micrographs of pericarp.

Fig. 1. Exocarp(Ex) consist of epidermal and hypodermal cells. Epidermal cells are covered by a thin cuticle(Cu). Most epidermal cells are dividing anticlinally, although periclinal division is observed. Hypodermal cells are irregular shaped. ×800.

Fig. 2,3. Mesocarp(Me) had an appearance typical of parenchyma cells. Starch grains are common in cells of the outer mesocarp. ×900, ×900.

Fig. 4. Endocarp(En). Wall thickness, lignification and bordered-pit are observed. The innermost cells consist of one layer of thin-walled cuboidal cells. ×1,050.



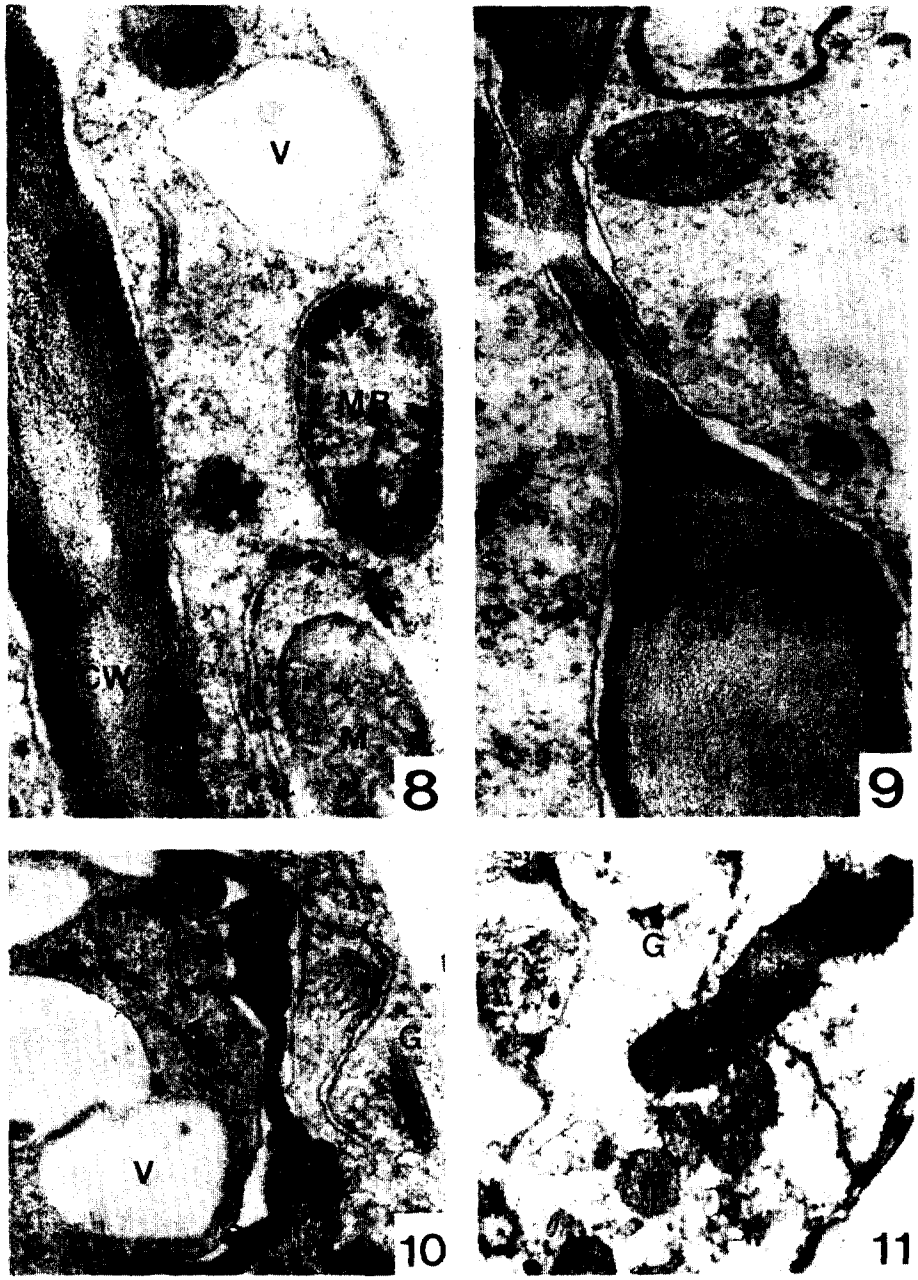
Figs. 5-14. Electron micrographs of pericarp.

Figs. 5-7. Hypodermal cells of exocarp.

Fig. 5. Middle lamellae(ML) is observed in cell wall(CW). Adjacent portion of cell wall, the nucleus(N), nucleolus(Nu) and mitochondria(M) are observed. V: Vacuole, ×15,000.

Fig. 6. Peripheral cytoplasm and large central vacuole(V) is observed. Intercellular space(ics) is common with occasional area of wall conjunction in the intercellular cavity. Also, electron densed starch grains(S) are observed. N: nucleus, ×5,100.

Fig. 7. The plasmodesmata(Pd) traversed hypodermal cell wall. Myelin structure and vacuolar inclusion are observed. Golgi vesicles are closely associated with the vacuole(V). G: Golgi complex, ×32,800.



Figs. 8-11. Mesocarp cells.

Fig. 8. Free ribosomes, Mitochondria(M), well differentiated rough endoplasmic reticulum(RER) and typically, microbody(MB) are observed. Osmiophilic inclusion is observed in cytoplasm. CW: Cell wall, ×47,000.

Fig. 9,10. Club-shaped cell wall(CW) is observed. Cell with thickened during development. Cytoplasm is isolated from cell wall. Golgi complex(G) is observed in associated with the rough endoplasmic reticulum(RER). V: Vacuole, ×32,000, ×40,000.

Fig. 11. Chromoplast(Ch) contained well differentiated grana structure. Golgi vacuoles appear to form at the cisterna of Golgi complex(G). M: Mitochondria, ×18,000.

Figs. 12-14. Endocarp cells.

Fig. 12. Round-shaped nucleus(N), mitochondria(M) and Golgi complex(G) are observed. Typically, well differentiated rough endoplasmic reticulum (RER) is appeared. ×17,500.

Fig. 13. Cell wall(CW) is thickened. Cytoplasm is peripheral. Protein crystal(PC) is observed in central regions. ×14,300.

Fig. 14. Electron-densed vesicles produced by rough endoplasmic reticulum(RER) and Golgi complex(G). Electron-densed materials are surrounded by secretory vesicles. ×23,300.

적인 면과 관련이 있는 것으로 알려져 있다.

많은 종의 과실에서 과벽세포를 구성하는 외과피의 단층표피세포는 각피질로 덮혀 있었는데,[4,10-19] 인삼의 외과피 표피세포에도 염색상이 짙은 각피질이 관찰되었다.

Sterling[10]은 벚나무의 과피에 대한 연구에서 외과피는 비교적 얇으며 표피와 후각조직인 아표피로 구성되며 다육성인 중과피 및 견고한 내과피로 구성되었다고 하였고, Bradbury 등[12,13]은 밀의 과피는 1층내지는 여러 층의 유세포로 구성되며 cross cell과 tube cell은 목화되었다고 하였다. Brassicaceae의 외과피와 중과피는 세포벽이 얇으며 내과피는 비후되어 있었고,[1] Neubauer[14]는 중과피를 6-8층의 유세포층과 4-6층의 유세포층의 2개의 층으로 구분하였고 내과피는 단층의 난형세포들로 구성되었다고 하였다. 또한, Deshpande and Untawale[15]은 *Indigofera enneaphylla* 과실의 세포벽은 탄닌과 리그닌물질의 축적으로 인하여 비후되었으며 세포질이 소실됨을 관찰하였고, Morrison[16]은 밀의 과피의 세포벽은 osmiophilic, cuticle-like lamellae 구조를 이루었고 cross cell과 tube cell의 비후된 세포벽에서 유연벽공[4,11,20]이 관찰되었다고 하였으며 King[17] 등은 과피는 성숙에 따라 세포벽이 비후되며 중엽을 따라 세포벽이 용해된다고 하였다. 또한, 세포벽에는 섬유상물질이 관찰되었고 발달 중인 중과피와 하표피 세포벽에서 원형질연락사와 일차벽공이 관찰된다고 하였다. 중엽은 일차적으로 펙틴물질로 구성되는데[1] 인삼의 과피에서도 외과피의 하표피층과 중과피의 세포벽에서 중엽과 원형질연락사가 관찰되었고 세포벽과 세포간극에서 섬유상 물질들이 관찰되었다. 또한, 중과피 세포들은 세포벽의 비후도의 차이가 심하였고 내과피 세포들은 이차벽의 비후와 아울러 목질화가 진행되고 있음으로 미루어 보아 이런 변화는 점차적으로 외과피와 중과피의 세포들은 퇴화되어 소실되고 내과피 세포들은 점차 종피로서의 기능을 수행하는 구조적인 변화로 여겨진다.

King 등[17]은 1-4개의 전분과립을 갖는 색소체는 발달과정 동안에 plastoglobuli를 함유하여 유색체로 전환된다고 하였는데 이는 grana differentiation의 결과라고 하였다.[21,22] 또한, Kim and Kim[8]은 인삼의 과벽세포에서 색소체가 유색체로 전환됨을 보고하였는데 본 연구에서도 동일함이 관찰되었다.

King[17] 등은 세포질에는 유리리보솜, 조면소포체, 그리고 활면소포체가 널리 분포하였으며 후기에 주로 관찰되는 조면소포체는 단백질 합성부위나 대사활동을 하는 세포와 관련된다고 하였고 Golgi complex에서 유래된 Golgi vesicle들은 원형질막과 융합하여 효소와 다당류 분비기능을 갖는다고 하였다.[23,24]

인삼과피의 세포질에서도 유사한 기능이 관찰되었는데 후기에 내과피에서 주로 관찰되는 조면소포체에서는 osmiophilic granule이 생성됨이 관찰되는 등 분비기능이 활발하게 진행됨을 알 수 있었다. 분비된 물질들은 단백질성인 것으로 사료되며 이는 세포벽에 축적되어 후에 종피의 주요성분이 되는 것으로 Kim[7] 등이 종피가 Sudan III, IV 및 Sudan Black B와 IKI 반응에 음성을 나타냈다는 견해와도 일치하는 것이다.

분화가 진행될수록 외과피와 중과피는 퇴화되며 내과피는 기계적인 보강작용을 할 수 있는 3층의 보강세포로 구성되어 실질적인 종피의 기능을 수행하게 된다.

요 약

인삼과실의 발달에 따른 과피의 구조적 변화를 광학 및 전자현미경으로 관찰하였다.

인삼과피는 크게 외과피, 중과피 및 내과피로 구분되었으며 외과피는 큐티클로 덮혀있는 단층표피와 하표피층으로 구성되었다. 외과피와 중과피층은 세포질의 대부분을 액포가 차지하고 있었고 세포의 배열이 불규칙적이었으며 분화가 진행될수록 세포벽의 용해가 일어나는 등 세포의 퇴화현상이 관찰되었다. 내과피 세포는 이차세포벽의 비후와 목질화 현상으로 다른 층과 쉽게 구별이 되었으며 이는 기계적인 보강조직으로의 분화라고 사료된다. Golgi complex와 조면소포체에서 생성되는 분비물질들은 세포벽에 축적되는데 이는 내과피가 종피로 분화될 때 종피의 주요 구성물질을 이루는 것으로 사료된다.

인용문헌

1. Esau, K.: *Anatomy of seed plants.* John, Wiley and Sons, New York, p.429 (1977).
2. Thornton, M.L.: *Ass. Offic. Seed Anal.* **56,** 116 (1966).
3. Thornton, M.L.: *Ass. Offic. Seed Anal.* **56,** 120 (1966).
4. Rost, T.L.: *Bot. Gaz.* **134,** 32 (1973).
5. Kim, J.H.: *J. Nat. Acad. Natural Sci. Ser. R.O.K.* **5,** 18 (1964).
6. Hwang, J.K. and Yang, H.C.: *Kor. J. Breeding* **5,** 84 (1973).
7. Kim, W.K., Kim, E.S. and Jeong, B.K.: *Korean J. Bot.* **29,** 295 (1986).
8. Kim, E.S. and Kim, W.K.: *Korean J. Electron Microscopy* **14,** 61 (1984).
9. Luft, J.H.: *J. Biophys. Biochem. Cytol.* **9,** 409 (1961).
10. Sterling, C.: *Bull. Torrey Bot. Club* **80,** 457 (1953).
11. Esau, K.: *Plant antomy.* John, Wiley and Sons, New York, p.586 (1965).
12. Bradbury, D., Cull, I.M. and MacMasters, M.M.: *Cereal Chem.* **33,** 329 (1956).
13. Bradbury, D., MacMasters, M.M. and Cull, I.M.: *Cereal Chem.* **33,** 342 (1956).
14. Newbauer, B.F.: *Amer. J. Bot.* **58,** 655 (1971).
15. Deshpande, P.K. and Untawale, A.G.: *Bot. Gaz.* **132,** 96 (1971).
16. Morrison, I.N.: *Can. J. Bot.* **53,** 2077 (1975).
17. King, G.A., Henderson, K.G. and Ross, E.L.: *Bot. Gaz.* **148,** 443 (1987).
18. Bechtel, D.B. and Pomeranz, Y.: *Amer. J. Bot.* **64,** 966 (1977).
19. Bouharmont, J.: *Cellule,* **66,** 373 (1967).
20. Lilien, H.K. and Lavee, S.: *J. Hort. Sci.* **46,** 103 (1971).
21. Schiff, J.A.: *The biochemistry of plants,* Academic Press, New York, p.209 (1980).
22. Chalmers, D.J. and van den Ende, B.: *Aust. J. Plant Physiol.* **2,** 623 (1975).
23. Jones, D.D. and Morre, D.J.: *Physiol. Plant* **29,** 68 (1973).
24. Chrispeels, M.J.: *Ann. Rev. Plants Physiol.* **27,** 19 (1976).