한국전자현미경학회지 제12권 2호 1982
Kor. Jour. Electron Microscopy, Vol. 12, No. 2, 1982

배추흰나비(*Pieris rapae* L.)와 누에나방(*Bombyx mori* L.)의 變態에 따른 脂肪體의 微細構造 變化에 관한 硏究

한성식**·김지현*·김창환*·김우갑*

Fine structural studies on changes of fat bodies in *Pieris rapae* L. and *Bombyx mori* L. during metamorphosis.

Han S.S.,** J.H. Kim,* C.W. Kim*, W.K. Kim*

Abstracts

The fat bodies of cabbage worm(*Pieris rapae*) and silk worm(*Bomyx mori*) during metamorphosis was comparatively studied by electron microscope.

1. Cell oranelles: Golgi apparatus were not observed in both species. It is observed that RER of cabbage worms initiate to degenerate in prepupa stage with complete degeneration at adult stage, while that of silk worms shows similar degenerative pattern. However, mitochondria of cabbage worms are transformed into autophagic vacuole from prepupa stage until adult stage whereas those of silk worm shows a decrease in number in prepupa stage but maintains a certain level until adult stage.

2. Storage substance in cell: Lipid droplets in cabbage worms were observed to increase in numbers during larval stage but afterward decrease in number with an enlargement in size. However immediately after their pupal stage, they almost disappear. On the contrary lipid droplets in silk worms show rather increase in number until adult stage. Protein storage granules in bothspecies were arised from autophagic vacuoles(lysosome). Fat cells of cabbage worm in adult stage turn out to be residual bodies which last until final stage, but those of silk worm rapidly decrease. Glycogen particles in both species reach maximum at last larval instar and theo gradually decrease thereafter.

3. Fat body sheath: The average width of fat body sheath was measured to be 0.2μm and 0.6μm and surface of fat cells adjacent to fat body sheath in silk worm is heavily infolded.

서 론

昆虫의 發生過程을 보면 變態라는 특징적인 체내 및 체외의 변화를 하게 된다. 이는 hormone의 활동 아래 構造的, 生理的으로 심한 변화를 일으킴으로써 이루어진다. 따라서 궁극적으로 細胞組織의 신생 또는 분화를 보여 주며 더 나아가서 細胞 이하 單位인 小器官에서도 심한 변화를 초래하게 된다. 이에 따라 昆虫에서

**강원대학교 병리곤충학과
*고려대학교 생물학과
**Dept. of Plant Pathology and Entomogy, Kangweon National University
*Dept. of Biology, Korea University

體內의 中間物質代謝의 중심이 되는 중요한 器官인 脂肪體 역시 變態期 동안 심한 변화를 보여주게 된다.

變態期 동안 脂肪體內 脂肪細胞의 脂質, 炭水化物, 蛋白質 등 貯藏物質의 변화에 관하여 많은 연구가 이루어져 왔으며(Kilby 1963, Donald 등 1979, Odhiambo 1967, 金등 1969, Nair와 George 1964, Walker 1966, Nair와 Karnavar 1968, Locke와 Collins 1965, 1967, 1968, Wigglesworth 1967), 특히 脂肪體와 血蛋白, *vitellogenin*형성, *hrmone* 分泌器官과의 관계 등도 최근에 이르기까지 많은 연구가 진행되고 있다. 脂肪體의 微細構造에 관하여는 Walker(1965), Ishizaki(1965), Odhiambo(1967), Larsen(1970), Locke와 Collins(1965) 등이 연구 보고한 바 있다. 그러나 이들의 보고는 대개가 어느 특정한 發生時期의 脂肪細胞를 관찰하였을 뿐 전 變態期間 동안 그 變化相을 비교 관찰한 보고는 거의 없다.

따라서 본 연구는 나비류인 배추흰나비(*Pieris rapae* L.)와 나방류인 누에나방(*Bombyx mori* L.)의 脂肪體를 대상으로 하여 이 두 종의 各 變態期 동안 脂肪細胞의 미세구로의 변화를 관찰함은 물론 이 두 種間의 미세구조적 차이점을 비교검토 하였다.

실험재료 및 방법

材料 : 배추흰나비와 누에나방의 幼虫들을 각기 실내에서 사육하여 그 發生期들을 임의적으로 幼虫期, 前蛹期, 蛹期, 成虫期로 나누었으며 다시 각기를 시간별로 세분하여 材料로 使用하였다.

方法 : 共히 各期의 材料는 腹部 表皮下에 붙어 있는 脂肪體를 解剖顯微鏡下에서 摘出하였다. 摘出된 脂肪體는 4°C Paraformaldehyde-Glutaraldehyde(Karnovsky, 1965) 용액에서 2.5시간 동안 前固定시킨 後 Millonig's phosphate buffer(pH7.4)로 3回 세척한 후 다시 2% OsO_4용액에 2.5시간 정도 後固定시킨 다음 상기 buffer 용액으로 세척하였다. 脫水는 Acetone 농도상승순으로 시행한 후 Epon-Araldite 혼합액으로 포매하였다. 그후 Sovall MT-2 Ultramicrotome으로 銀色切片을 제작하였으며 銅 grid에 부착시켜 uranyl acetate 포화수용액과 lead citrate로 이중염색하여 Hitachi HS-7S型 透過電子顯微鏡으로 관찰하였다.

결　과

① 배추흰나비 脂肪體의 微細構造變化

幼虫期 : 幼虫初期의 脂肪細胞는 細胞 중앙부위에 원형 혹은 타원형의 核이 잘 관찰되었으며 염색질은 비교적 고르게 分散되어 있었다. 核膜 사이에는 核孔들이 많이 관찰되었고 核膜의 外膜表面에는 리보소옴들이 부착되어 있었다. 細胞質에는 부분적으로 확장된 조면소포체들이 불규칙한 배열을 하고 있었고 이 cistern內의 電子密度는 다소 높게 나타났다. 유리리보소옴 혹은 polysome들도 많이 관찰되었다. 미토콘드리아는 세장형 내지 구형으로 나타났고 microtubule들은 소수 관찰되었다. 그러나 Golgi appartus는 관찰되지 않았다. 貯藏顆粒으로서는 脂肪小滴이 3~5個 정도 관찰되었으며 글리코겐 粒子들도 소량 관찰되었다(Fig. 1).

幼虫中期를 거쳐 末期로 發生되어 감에 따라 核은 불규칙하게 일그러졌으며 미토콘드리아는 세장형으로 길게 변형되었다. 이때 미토콘드리아의 기질의 電子密度는 幼虫初期보다 높아졌다. 조면소포체는 관상소포체가 균일하여 포개졌다. 細胞質 一部에서는 vesiculation 현상이 나타났는데 이 현상은 發生時間이 경과될수록 커져서 前蛹直前에는 核과 核 주변부의 소수 細胞小器官을 제외한 細胞全般에 걸쳐 관찰되었다. 前蛹前에는 vesiculation된 부위에 多量의 글리코겐 粒子가 관찰되기도 하였으나 時間이 경과되면서 감소되었다(Fig. 2).

前蛹期 : 核의 形態는 불규칙하였으며 核質全般에 걸쳐 電子密度는 幼虫에 比하여 높아졌다. 또 核內에는 核質의 퇴행현상이 뚜렷하여졌으며 一部 염색질들은 幼虫時期보다 높은 電子密度를 지니고 있었다. 細胞小器官은 극소수의 조면소포체와 리보소옴들만이 불규칙하게 核주변에 위치하였으며 이들이 존재하는 部位는 공통적으로 電子密度가 높음으로써 어둡게 관찰되었다. 또한 核주변부위에서는 크기가 다양한 다수의 lysosome들이 관찰되었으며 이 시기 이후에는 미토콘드리아가 전혀 관찰되지 않았다. 나머지 細胞質에서는 소수의 커다란 脂肪小滴이 관찰되었으며, 소량의 글리코겐 粒子도 관찰되었다(Fig. 3).

Lysosome 중에는 작은 lysosome들이 서로 모여 成長하는 것이 관찰되었는데 또다른 구조로는 타원에 가까우며 內部에는 낮은 電子密度를 보여주는 顆粒이 다수 관찰되었다. 이때 조면소포체의 배열은 一定하였다(Fig. 4).

蛹期 : 이 時期에서도 핵은 매우 불규칙하였으며 核質의 퇴행현상은 계속 관찰되었고 염색질 역시 前蛹期와 유사하게 변하고 있었다. 細胞質에서는 크기가 서로 다른 lysosome들이 관찰되었다. 크게 成長한 lysosome의 內部에는 작은 lysosome들이 서로 융합되어

있는 것으로 나타났다. 또한 글리코겐 粒子도 가끔 관찰되었으며 1~2個의 거대한 脂肪小滴이 관찰되었다. 細胞小器官은 前蛹期와 유사하게 계속적인 퇴행성변화를 보여주었다(Fig. 5).

成虫期 : 核은 幼虫期와는 비교할 수 없을 만큼 일그러져 있었다. 細胞小器官은 核주변부에 극소수의 粗面小胞體들이 겨우 형체를 알아 볼 수 있을 정도였다. 貯藏顆粒의 변화로는 우선 脂肪小滴이 전혀 관찰되지 않았다. 또한 작은 lysosome들의 융합에 의하여 lysosome이 성장하게 되는데 성장한 lysosome들은 점차 多面體로 變化하게 되며 이때 내부 역시 균질성으로 變하여 결국 殘體로 되었다. 이 시기에는 이러한 殘體들로서 細胞質이 채워지게 되었다(Fig. 6).

② 누에나방 脂肪體의 微細構造變化

幼虫期 : 이 시기의 脂肪細胞는 배추흰나비 幼虫과 유사하였다. 즉 細胞중앙부위에는 거의 원형에 가까운 核이 위치하고 있었다. 核質內에는 1~4個의 仁이 매우 뚜렷하게 관찰되었으며 염색질은 고루 퍼져 있었다. 核膜에는 역시 核孔이 잘 발달되어 있었다. 細胞質內의 細胞小器官들 중에서 우선 미토콘드리아를 보면 세장형이며 기질의 電子密度 역시 높게 관찰되었다. 粗面小胞體는 다소 확장되어 있는 부분이 있긴하였지만 대체적으로 간격이 균일하였다. Microtubule이 가끔 관찰되었으나 Golgi apparatus는 거의 관찰되지 않았다.

貯藏物質로서는 우선 소수의 脂肪小滴이 細胞質에 흩어져 있으며 vesiculation된 細胞質에는 다량의 글리코겐 粒子가 관찰되었다. 서로 인접한 脂肪細胞는 비교적 밀접하고 붙어 있었으나 곳에 따라서는 *tight junction*이 관찰되기도 하였다(Fig. 7, 8).

前蛹期 : 細胞質 전역이 透明化되어 있었으며 核은 다소 불규칙하며 核주변에만 극소수의 細胞小器官이 잔존하고 있었다. 미토콘드리아와 粗面小胞體 역시 소수만이 관찰되었다. 貯藏物質의 변화로 우선 脂肪小滴의 수가 많아졌다. 또한 核주변부에서부터 lysosome이 형성되었으며 이때 電子密度는 매우 높았다. 시간이 경과될수록 그 수도 증가하였으며 크기도 증가하였다(Fig. 9).

蛹期 : 核은 정상적인 형태를 갖추고 있었다. 즉 인과 염색질이 幼虫과 거의 비슷한 상태이었다. 細胞質에서 미토콘드리아, 粗面小胞體를 幼虫期와 비교하여 볼 때 수나 양적인 면에서는 뚜렷한 감소를 보여 주었지만 核주변부와 細胞膜 부위에 잔존하고 있었고, 리보소옴 역시 소수 존재하였다. 貯藏物質에서 脂肪小滴은 수적으로 감소되었지만 크기는 점차 비대하여 졌고, lysosome들은 내부가 균질한 顆粒으로 관찰되었다. 細胞質에는 가끔 글리코겐 粒子가 무리를 이루고 나타났다. 또한 일부 細胞質에는 microtubule들이 잘 관찰되었다(Fig. 10, 11). 이때 미토콘드리아를 보면 幼虫期와 같이 세장형이었으며 cristae도 잘 관찰되었다. 또한 일부에서는 작은 lysosome의 융합과정이 관찰되었다(Fig. 12).

蛹末期로 되면 均質化된 lysosome 즉 電子密度가 높음으로써 어둡게 관찰되었던 dark body들이 점차 변화 내지 감소를 일으키고 있었으며, 細胞質일부에는 粗面小胞體, 미토콘드리아, microtubule, 리보소옴들이 흩어져 있었다(Fig. 13).

成虫期 : 이 時期에서 가장 큰 변화는 脂肪小滴들이 더욱 비대하게 되면서 dark body들이 급격히 크기나 수에 있어서 감소되었다. 미토콘드리아를 비롯한 細胞小器官들은 蛹期와 비슷한 양상을 보여 주었다(Fig. 14)

③ 脂肪體 鞘의 比較

누에나방 幼虫에서의 脂肪細胞들은 배추흰나비에 비하여 상당히 밀접하게 붙어 있었다. 그 외부에서 脂肪體를 둘러 싸고 있는 脂肪體鞘를 비교하여 보면 배추흰나비의 脂肪體鞘는 폭이 약 0.2μm이었으며(Fig. 15), 누에나방의 것은 약 0.6μm이었다(Fig. 16). 또한 鞘에 인접된 脂肪細胞는 배추흰나비의 脂肪細胞 표면은 滑面인데 비하여 누에나방의 것은 주름이 심하게 되어 있었으며 이러한 주름진 부위에는 높은 電子密度를 보여주는 物質을 함유한 액포들이 다수 나타났다(Fig. 14, 16).

고 찰

細胞小器官에서 배추흰나비의 경우 幼虫期에서는 미토콘드리아가 누에나방과 유사하게 세장형이었으나 前蛹期부터는 관찰되지 않았다. 이와 때를 같이 하여 lysosome이 形成되기 시작하였는데, 이러한 lysosome은 미토콘드리아와 결합되어 autophagic vacuole로 관찰되었다. 이 시기에 粗面小胞體의 급격한 감소가 이루어졌는데 작은 lysosome들은 서로 합쳐져서 점차 커지는 것으로 관찰되었다. 그 이후 成虫期 까지 미토콘드리아는 전혀 관찰되지 않았다. 粗面小胞體는 前蛹期 이후 核 주변부와 細胞膜 주변에 극히 작은 수로 存在하였으며, ribosome 역시 극히 적었고 이러한 상태로 成虫期까지 남아 있었다.

그러나 누에나방의 경우 미토콘드리아는 前蛹期부터 급격히 감소하였지만 蛹期와 成虫期로 變態되는 동안

소수가 존재하였다. 이는 Walker(1965)가 *Blaberus discoidalis* Serv 幼虫에서 粗面小胞體와 Golgi apparatus는 잘 관찰되지 않았으나 미토콘드리아는 정상적으로 존재한다고 報告하였던 것과 비교하면 또 다른 차이점을 알 수 있었다. 또한 Ishizaki(1965)는 *Philosamia cynthia ricini*에서 細胞小器官이 蛹時期以前에 감소하였다가 다시 증가함을 보고하였다.

이러한 결과들을 볼 때 變態期 동안의 細胞小器官의 변화를 좌우하는 것은 成虫期 이후에 얼마나 더 생존하느냐에 요인이 있음을 짐작할 수 있으며 몇 종간의 差異點은 生態의 差異에 달려 있다는 것을 알 수 있었다.

그러나 小胞體의 경우 본 실험에 사용된 두 종 모두 粗面小胞體만이 관찰되었을 뿐 滑面小胞體가 관찰되지 않았던 사실은 특기할만하다. 왜냐하면 脂質代謝가 특이함을 단적으로 보여 주고 있기 때문이다. 이에 관련하여 Odhiambo(1967)는 脂肪小滴과 mitochondria 사이에 microtubule이 연결되어 있음을 보고하였다. 따라서 본 실험에서 글리코겐이나 脂質合成은 滑面小胞體와는 관계가 없었음도 특기할 만한 사실이다. 核의 경우 누에나방과는 달리 배추흰나비에서는 前蛹부터 퇴행성의 변화를 보여주었다. 즉 核質內의 fragmentation 현상이 두드러지며 電子密度가 높음으로 인하여 전체적으로 어둡게 변한다는 사실이다. 核孔 또한 幼虫期에는 많이 관찰이 되었지만 그 以後에는 수가 감소되어 있었다. 核이 어둡게 관찰되는 것은 粗面小胞體를 포함한 核 주변 일부에서도 유사하였다. 이러한 변화는 누에나방에서는 볼 수 없었던 현상으로 脂肪細胞 자체의 퇴화를 보여 주는 것으로 생각되었다.

貯藏物質에서 우선 脂質을 보면 金 등(1969)은 배추흰나비의 脂肪細胞에서 작은 脂肪小滴은 鹽基好性과 酸好性의 성질이 있으며 중간 크기의 小滴은 燐脂質, 커다란 脂肪小滴은 中性脂質임을 밝혔는데 이러한 事實은 *Anthrenus vorax*(Nair와 George, 1964), Locust (Odhiambo, 1967)에서도 지적한 바 있다. 본 실험에서 관찰되었던 누에나방의 終蛉幼虫 및 蛹, 成虫의 脂肪小滴도 역시 中性脂質일 것으로 생각되었다.

蛋白質顆粒은 前蛹以後 核 주변부에서 형성이 되지만 lysosome임이 본 연구를 통하여 명백히 알 수 있었다. 배추흰나비의 경우는 이들 lysosome들이 서로 융합되어 점차 크기가 증대되며 蛹 末期부터 점차 각을 지니는 顆粗 즉 殘體로 變形되었다. 成虫의 細胞質은 이러한 殘體만이 가득차게 되었다. 따라서 이들의 성분을 보아서는 蛋白質을 함유하고 있지만 殘體로 명명하는 것이 타당하리라 생각된다. 누에나방의 경우 역시 核 주변의 lysosome에서 유래되어 원형의 電子密度가 높은 顆粒으로 變하지만 成虫期를 전후해서 급격히 감소된다. 즉 體內代謝에 利用된 것으로 생각되었다. 이러한 結果와 유사한 研究로는 Walker(1965)가 바퀴에서, Ishizaki(1965)가 *Philosamia cynthiaricini*에서, Locke와 Collins(1965)는 *Calpodes ethylius* 등에서 報告된 바 있지만 그 顆粒 자체에 대한 名命이 다양한 상태였다.

脂肪體 鞘에 관하여 *Blaberus discoidalis*(Walker, 1965)는 두께가 3μm이며 3層으로 되어 있으나 本 實驗에서 배추흰나비는 0.2μm, 누에나방은 0.6μm이었다. 또한 누에나방에서는 배추흰나비와는 달리 鞘에 接한 脂肪細胞面은 주름이 심하며 이 부근에서 物質의 分泌作用이 왕성함을 관찰할 수 있었다.

이러한 두 種間의 脂肪細胞를 變態에 따라 비교한 결과 흥미 있는 差異點을 발견할 수 있었던 바, 種(species), 屬(genus), 科(family), 혹은 目(order)間의 差異點들은 앞으로도 계속 추구하여야 할 과제들이다.

결 約

變態期間 동안 배추흰나비(*Pieris rapae*)와 누에나방(*Bombyx mori*)의 脂肪體를 적출하여 電子顯微鏡으로 比較觀察한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

① **細胞小器官**：두 種 모두 Golgi apparatus는 관찰하기 힘들었다. 粗面小胞體는 배추흰나비에서는 前蛹期부터 퇴화되기 시작하여 成虫期에서는 거의 완전히 퇴화되었으며 누에나방도 이와 유사하였다. 그러나 미토콘드리아에 있어서 배추흰나비의 경우 前蛹期부터 autophagic vacuole로 변하여 成虫期까지 전혀 찾아 볼 수 없었으나 누에나방의 경우에는 수적으로는 감소하였지만 成虫期까지 脂肪細胞內에 殘存하고 있었다.

② **細胞貯藏 物質**：脂肪小滴에 있어서 배추흰나비의 경우 成虫期에 수적으로 증가된 후 成虫期 直後 완전히 소실되었으나 누에나방의 경우에는 오히려 成虫期까지 증가되었다. 蛋白質顆粒은 두 종 모두 前蛹初期에 autophagic vacuole 즉 lysosome에서 유래되나 배추흰나비의 경우 成虫期 脂肪細胞에서는 殘體로 변하여 끝까지 잔존하게 되지만 누에나방의 경우에는 成虫期에서 오히려 급격히 감소하였다. 글리코겐 粒子는 두 종 모두 幼虫期에 최대로 나타났다가 그 以後 감소되었다.

③ **脂肪體 鞘**：배추흰나비에서 脂肪體 鞘는 폭이 약

0.2μm이나 누에나방에서는 약 0.6μm이었으며 누에나방의 경우 脂肪體 鞘에 인접한 脂肪細胞 표면에는 주름이 심하였다.

참고문헌

Donald G.C., E.M. Donald & K.J. Mullins. 1979: Cytological changes in the fat body of the American cockroack, *Periplaneta americana*, in relation to dietary nitrogen levels. Annals of the Entomological Society of America 72, 2, 197~205.

Ishizaki H. 1965: Electron microscopic study of changes in subcellular organization during metamorphosis of the fat body cell of *Philosamia cynthia ricini*(Lepidoptera) J. Insect Physiol. 11, 845~855.

Kilby B.A. 1963: The biochemistry of the insect fat body Adv. Insect Physiol. 1, 111~174.

Kim C.W., W.K, Kim, K.R. Lee, H.R. Kim 1969: A histological study on the fat body and free fat cells during growth and metamorphosis in *Pieris rapae* L. Kor. J. 12, 2.

Larsen W.J. 1970: Genesis of mitochondria in insect fat body. J. cell Biol. 47, 373~383.

Locke M. & J.V. Collins. 1965: The structure and formation of protein granules in the fat body of an insect. J. cell Biol. 26, 857.

Locke M. & J.V. Collins. 1967: Protein uptake in multivesicular bodies in the molt/intermolt cycle of an insect. Science. Wash. 155, 467~469.

Locke M. & J.V. Collins. 1968: Protein uptake into multivesicular bodies and storage granules in the fat body of an insect. J. cell Biol. 36, 453~483.

Nair K.S. S. & J.C. George. 1964: A histological and histochemiacl study of the larval fat body of *Anthrenus vorax* Waterhouse(Dermestidae, Coleoptera) J. Insect Physiol. 10, 509~517.

Nair K.S. S. & G.K. Karnavar 1968: A cytological study of changes in the fat body of *Trogoderma granarium* during metamorphosis, with special reference to the proteinaceous globules. J. Insect Physiol. 14, 1651~1659.

Odhiambo T.R. 1967: The fine structure and histochemistry of the fat body in the Locust, *Schistocerca gregaria*. J. Cell Sci. 2, 235~242.

Walker P.A. 1966: Morphological and experimental studies of the fat body of moths during development with some ultrastructural observations on the fat body of the adult cockroach. Ph. D. thesis Univ. of Birm.

Walker P. A. 1965: The structure of the fat body in normal and starved cockroaches as seen with electron microscope. J. Insect Physiol. 11, 1625~1631.

Wigglesworth V.B. 1967: Cytological changes in the fat body of Rhodnius during starvation, feeding and oxygen want. J. Cell Sci. 2, 243~256.

Figure Legends

Fig. 1~6. Electron micrographs of fat cells of *Pieris rapae* L.

Fig. 1. Middle larval stage; Spherical nucleus is observed. Nuclear envelope has a number of nuclear pores. Round shaped mitochondria and RER with expanded cistern are arranged in irregular form. A few lipid droplets are also observed. X 8,300.

Fig. 2. Late larval stage; Some irregular shaped nucleus(N) and filamentous shaped mitochondria(M) are seen. Vesiculation is observed in cytoplasm. X 12,500.

Fig. 3. Prepupal stage; Degredation of the nucleus is easily observed and around the nucleus a number of lysosomes(Ly) appear. The rest region of cytoplasm is vesiculated clearly transparent. X 4,700.

Fig. 4. Prepupal stage; The size of lysosomes increases and large lipid droplets are observed. X 4,400.

Fig. 5. Small numbers of RER are omnipresented around the nucleus whereas lysosomes increase in number. Glycogen particles appear in cytoplasms and nucleus is completely fragmented. X 10.000.

Fig. 6. Adult stage; Residual bodies are observed. X 5,900.

Fig 7.~14. Electron micrographs of fat cells of *Bombyx mori.*

Fig. 7. Middle larval stage; Spherical nucleus is located in the center and there are great number of mito-

chodria, RER. ribosomes in number. Lipid dropletes(L) and glycogen particles in cytoplasm. X 4.300.

Fig. 8. Late larval stage; Nucleus has distinctive nucleoli. Cell organelles, lipid droplets and glycogen particles(G) are also great in number. X 3,300.

Fig. 9. Prepupal stage; Lysosomes appear around the nucleus and gradually increase in number. There are a great number of lipid droplets in cytoplasm. X 3.200.

Fig. 10. Just pupal stage; Numerous microtubules are observed in cytoplasm. X 8,200.

Fig. 11. Just pupal stage; Protein storage granules in higher electron density and larger lipid droplets are observed to be scattered. Glycogen particles appear in clusters. X 3,700.

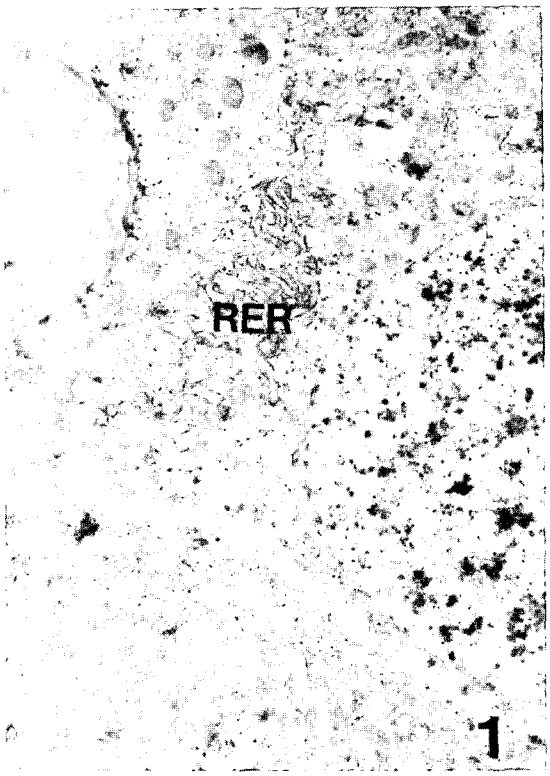
Fig. 12. Pupal stage; Mitochondria are present around the nucleus. X 4,400.

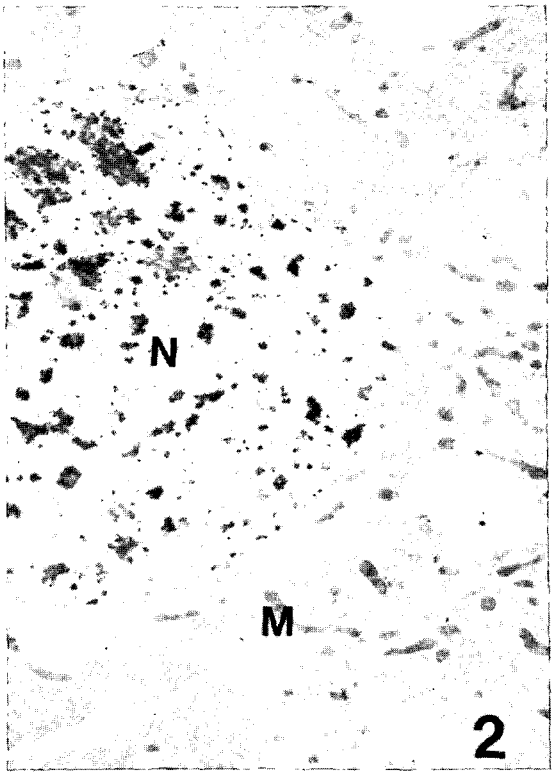
Fig. 13. Late pupal stage; RER, mitochondria, microtubules are shown. X 6,400.

Fig. 14. Adult stage; Protein storage granules are rapidly reduced in number but lipid droplets increase. X 4,300.

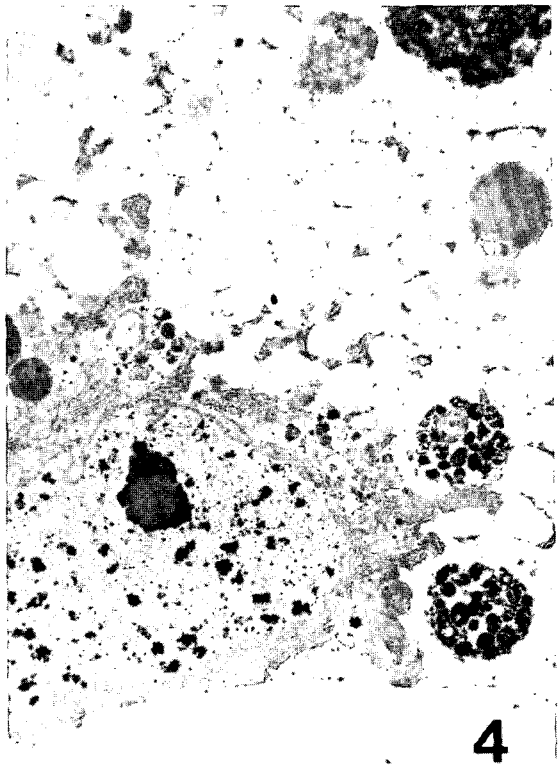
Fig. 15. Fat body sheath of cabbage worm. X 5,300.

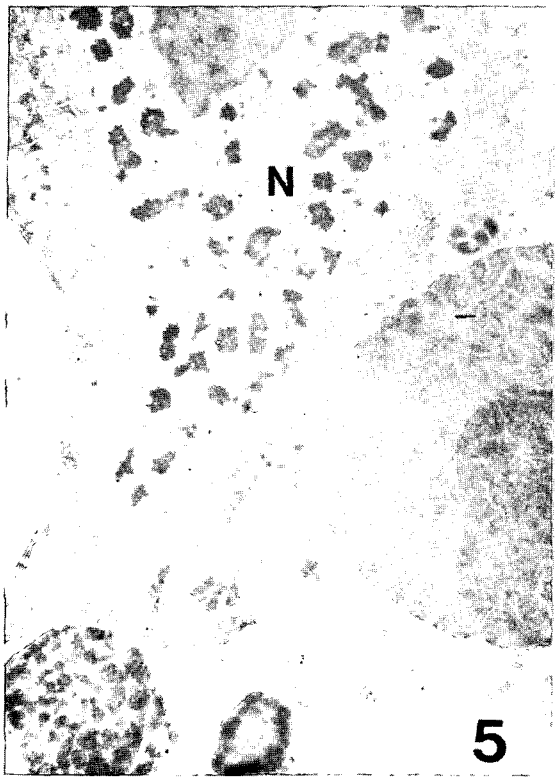
Fig. 16. Fat body sheath of silk worm. Fat cells near sheath are heavily infolded. X 12,400.


RER
1

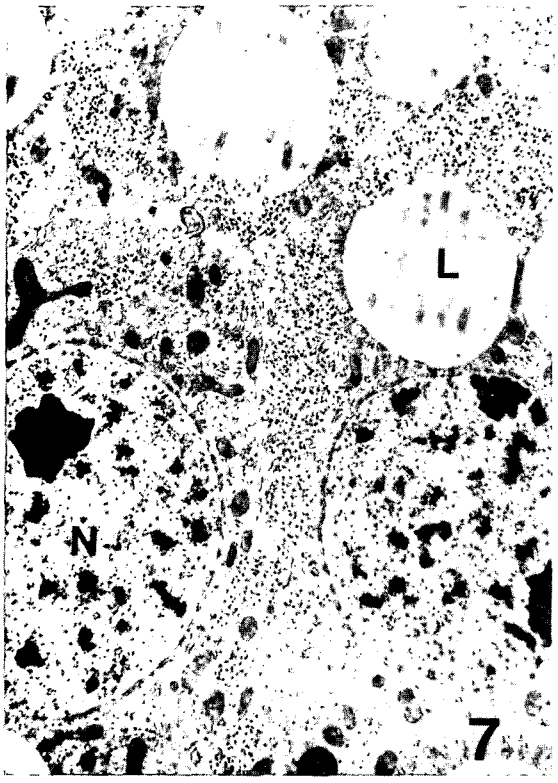

N
M
2

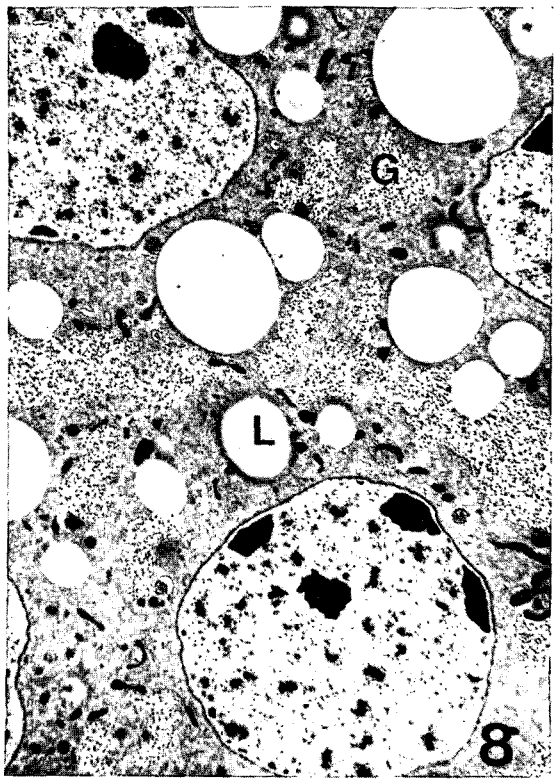
Ly
3

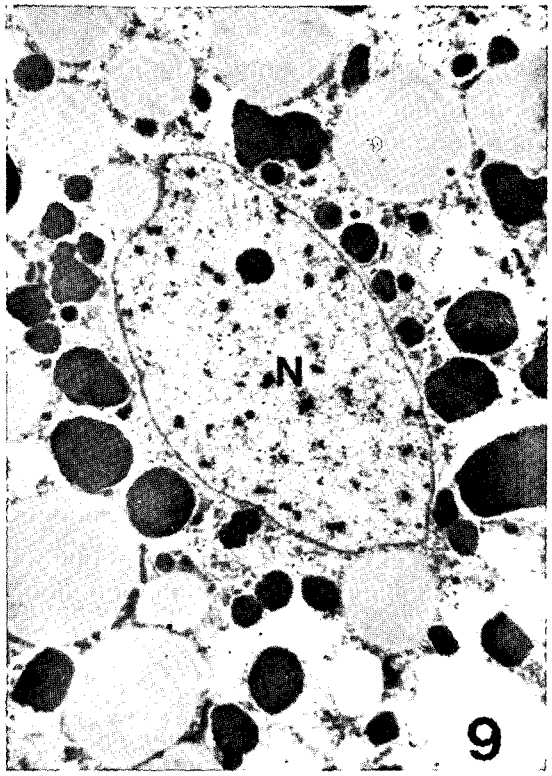

4

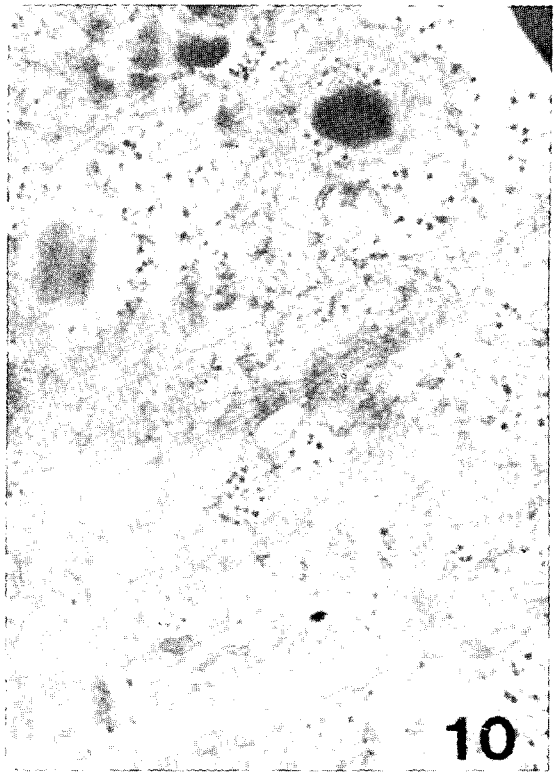

N
5

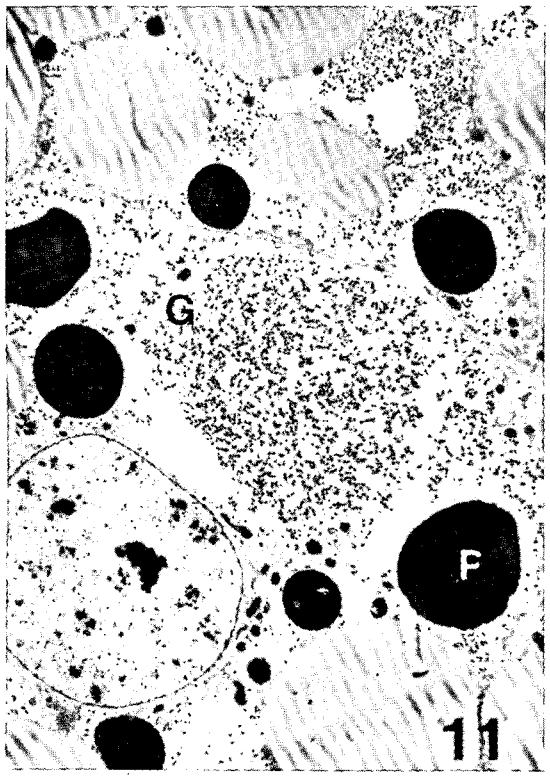
6

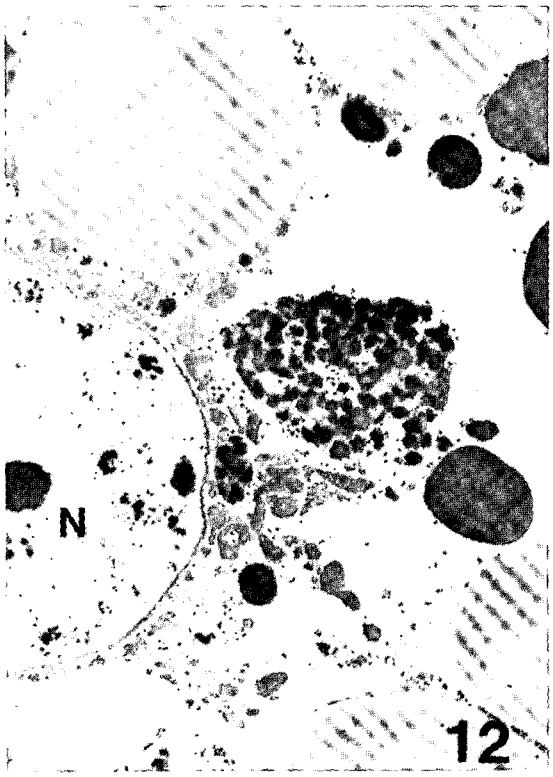

L
N
7

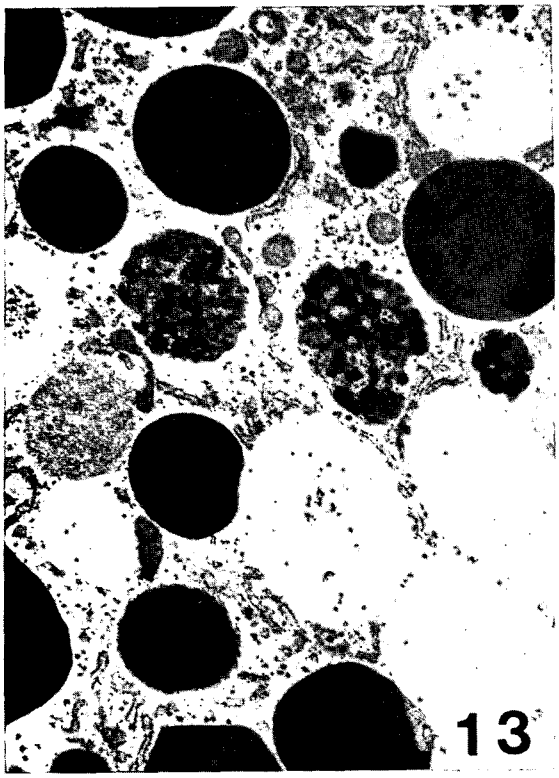

G
L
8


N
9

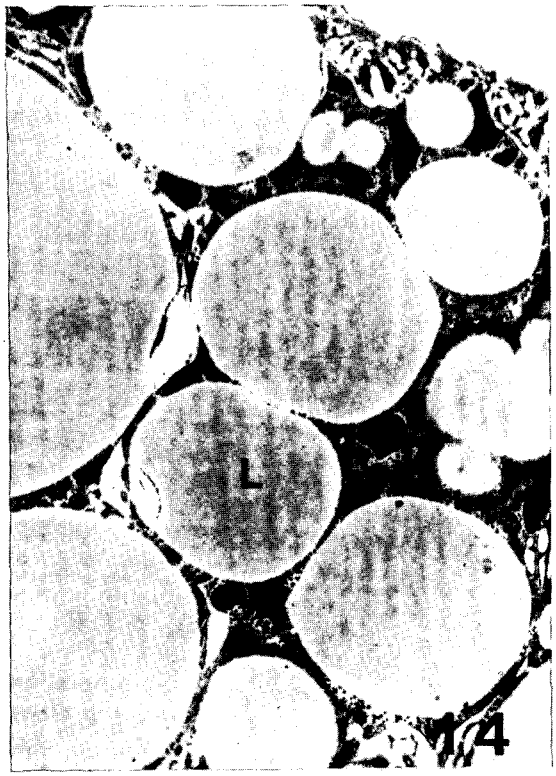

10


G
P
11

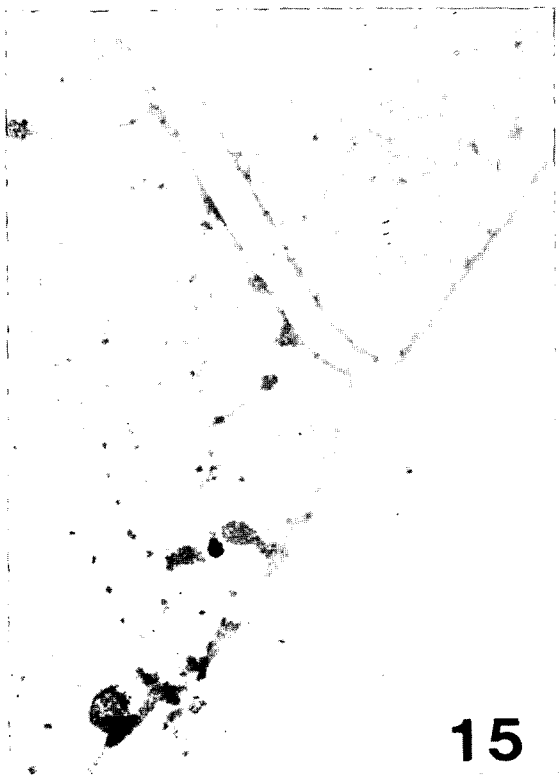

N
12



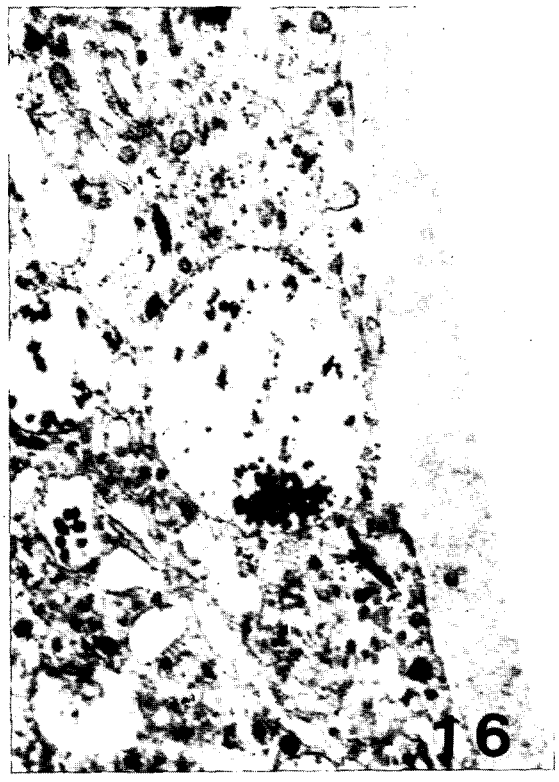
13



14



15



16