

꼬리명주나비(*Sericinus montela* Grey) 유충혈구의 미세구조

Ultrastructure of the Laval Hemocytes in *Sericinus montela* Grey (Lepidoptera: Papilionidae)

채순용¹·김상석¹·권선방²·양희영²

Soon Yong Chae¹, Sang Seock Kim¹, Sun Bang Kwon², and He Young Yang²

ABSTRACT Ultrastructure of the larval hemocytes in *Sericinus montela* Grey was observed with the transmission and scanning electron microscope. The 5 cell types, according to Brehélin and Zachary (1986), identified in the hemocytes of the last instar *S. montela* larva were; prohemocyte, plasmatocyte, granular cell, spherule cell and oenocytoid. Prohemocytes could be easily characterized by a relatively large nucleus and poorly developed cytoplasmic organelles. Plasmatocytes were relatively large spindle-shaped or oval cells with fibrous bundles. The spindle-shaped plasmatocytes, especially, were characterized by a well developed, elongated nucleus. Granular cells had various granules, either morphologically or in electron density, and highly developed cytoplasmic organelles in the cytoplasm. They had numerous cytoplasmic processes. Spherule cells were characterized by cytoplasmic spherules containing fine materials, which are released into the hemolymph upon maturity of the cell. Oenocytoids consisted of electron dense materials and the organelles in cytoplasm were poorly developed.

KEY WORDS *Sericinus montela* Grey, hemocyte, ultrastructure

초 록 본 연구는 꼬리명주나비(*Sericinus montela* Grey)의 유충을 재료로 하여 투과전자현미경과 주사전자현미경을 이용하여 혈구의 미세구조를 관찰하였다. 꼬리명주나비 종령유충의 혈구는 구조와 특징에 따라 5종류로 구분되었다. 원시혈구(Prohemocyte)는 세포내에 하나의 큰 핵과 미분화된 세포내 소기관을 가지고 있었다. 부정형혈구(Plasmatocyte)는 섬유다발을 가진 방추형 또는 난형의 비교적 큰 세포로, 특히 방추형의 세포는 길게 발달한 핵을 갖고 있었다. 과립혈구(Granular cell)는 세포질내에 다양한 과립과 잘 발달한 소기관을 함유하고 있었으며 원형질 돌기를 많이 가지고 있었다. 소구형혈구(Spherule cell)는 세포질내에 미세한 물질을 함유한 소구(spherule)를 가지고 있으며 성숙한 세포는 소구내의 물질을 헬립프내로 방출시켰다. 편도혈구(Oenocytoid)는 세포질내 전자밀도가 높은 물질로 채워져 있으며 소기관은 잘 발달되어 있지 않았다.

검 색 어 꼬리명주나비, 혈구, 미세구조

곤충의 혈구에 관한 연구는 1930년대를 전후하여 광학현미경적 수준에서 이루어지기 시작하여 혈구의 형태와 기능이 조금씩 밝혀지기 시작하였으며(Smith 1938, Yeager 1945), 1970

년대에 이르기까지 혈구의 구조(Arnold와 Salkeld 1967), 변태에 따른 혈구의 변화(Granados와 Meehan 1973)와 혈액응고(Gregoire 1970)등에 관한 연구가 많이 이루어졌다. 전자

1 한국인삼연구소(Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Taejon, Korea)
2 한남대학교 생물학과(Department of Biology, Hannam University, Taejon, Korea)

현미경의 도입으로 인하여 연구가 활발해짐에 따라 곤충혈구의 미세구조와 기능이 더욱 확실하게 밝혀졌다(Akai와 Sato 1973, Ratcliffe와 Gagen 1976, Yang 1987, Kim 등 1990). 또한 근래에 와서 곤충 혈구의 면역 작용에 관한 관심이 증가하면서 세포성 면역 기작에 대한 많은 연구가 수행되고 있다(Gagen과 Ratcliffe 1976, Ratcliffe와 Gagen 1976, Raina 1976, Wago 1982, Brehélin과 Zachary 1986, Han과 Gupta 1988).

곤충 혈구의 분류에 관해서는 현재까지도 곤충의 다양성과 연구자들의 견해차이등으로 인해서 혈구에 대한 명칭이 복잡하게 명명되어져 왔는데, Jones(1962)는 원시형혈구(Prohemocyte), 부정형혈구(Plasmatocyte), 과립혈구(Granular cell), 소구형혈구(Spherule cell), 지방혈구(Adipohemocyte) 및 Crystal cell 등으로 분류 정리하였으며, Gupta(1985)는 곤충의 혈구를 Prohemocyte, Plasmatocyte, Granulocyte, Spherulocyte, Adipohemocyte, Oenocytoid, Coagulocyte, Podocyte, Vermicyte 등 9가지로 분류하였다. 또한 Brehélin과 Zachary(1986)는 곤충의 혈구를 Prohemocytes, Plasmatocytes, Oenocytoids, Spherule cells, Thrombocytoids, 그리고 4가지의 Granular haemocyte로 구분하였다. 이와 같이 곤충의 혈구 형태는 6~9가지로 분류되는데, 곤충은 종에 따라 일반적으로 3~6가지의 혈구 종류를 갖는 것으로 알려져 있다(Akai와 Sato 1973, Lai-Fook 1973, Kim 등 1990). 한편 곤충혈구의 외부형태에 관한 주사전자현미경적 연구는 소수만이 수행하였을 뿐 아직 많은 연구는 이루어지지 않았다(Akai와 Sato 1976, Wago 1980b, Wago와 Kitano 1985, Kim 등 1990).

곤충 혈구의 중요한 기능중의 하나는 이물질이 침입하였을 경우 이를 탐식하여 소화시키는 면역작용인데, 이러한 혈구의 포식작용, 그리고 피낭형성시 관여하는 주된 세포들은 부정형혈구와 과립혈구들이다(Akai와 Sato 1973, Sato 등 1976, Wago와 Ichikawa 1979, Wago 1980a,

b). 과립혈구의 이물질에 대한 포식작용은 부착, 허족의 신장, 그리고 세포질내로의 함입등의 3단계로 이루어진다고 보고하였으며(Wago 1984), 피낭형성시에는 먼저 과립혈구들이 이물질 주위에 부착하고 부정형혈구들이 그 주위를 둘러싼다고 하였다(Ratcliffe와 Gagen 1976). 본 연구는 꼬리명주나비(*Sericinus montela* Grey) 종령유충의 혈구의 기능을 연구하기에 앞서 투과전자현미경과 주사전자현미경을 이용하여 혈구의 기능과 밀접한 관련이 있는 미세구조를 구명하고 외부형태를 확인하여 혈구의 종류를 분류하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

실험재료는 대전근교에서 채집하여 쥐방울덩굴(*Aristolochia contorta* Bunge)을 먹이로하여 실온에서 실내사육한 꼬리명주나비(*Sericinus montela* Grey)의 종령유충을 사용하였다.

투과전자현미경 관찰

꼬리명주나비 종령유충의 앞다리를 절단하여 유출되는 혈림프를 4°C의 고정액(2.5% paraformaldehyde-glutaraldehyde, pH 7.2)이 들어 있는 시험관에 모아 15분간 고정한 후 원심분리(1,500 ppm, 15분, 4°C, Beckman TJ-6 Centrifuge)시켜 혈구만을 2시간 동안 전기한 고정액으로 전고정하였다. 전고정된 재료는 인산완충용액(pH 7.2)로 20분간 3회 세척하고 이어 1% osmium tetroxide(OsO_4)에 2시간 동안 후고정하였다. 고정이 끝난 재료는 상기 방법으로 다시 세척한 후 acetone series로 탈수한 다음 Epon-812 혼합액에 포매하여 60°C에서 36시간 동안 중합 반응을 시켰다. 포매된 재료는 ultramicrotome (LKB 2088)으로 초박절편을 은색으로 제작하고 copper grid에 부착한 다음 uranyl acetate와 lead citrate로 이중염색하여 투과전자현미경(JEOL, 100S)으로 관찰하였다.

주사전자현미경 관찰

위의 재료를 상기의 방법으로 고정, 세척한 후 alcohol series로 탈수한 다음, 혈구들을 시료대 위에서 자연 건조시켰다. 건조된 재료는 Ion coater(Eiko IB-3)에서 약 150 Å 두께로 Au-coating하여 주사전자현미경(ESI-SS40)으로 관찰하였다.

결 과

혈구의 종류와 미세구조

곤충 혈구의 종류와 명칭에 관해서는 학자에 따라서 다소 차이가 있기 때문에 본 연구에서는 명명상의 혼선을 피하기 위하여 1986년 Brehélin과 Zachary가 제시한 기준을 이용하였다. 세포의 내부구조 및 형태를 기준으로 하여 꼬리명주나비의 종령유충 혈구를 관찰해 본 결과 원시혈구(Prohemocyte), 부정형혈구(Plasmacyte), 과립혈구(Granular cell), 소구형혈구(Spherule cell), 편도혈구(Oenocytoid)등으로 구분되었다.

원시혈구(Prohemocyte)는 세포의 표면에 원형질돌기가 없이 약간의 굴곡만 있는 비교적 매끈한(Fig. 10) 작은 구형 또는 난형의 세포로 직경이 5~7 μm 이었으며 구성비는 전체 혈구종류의 5% 정도였다. 핵은 세포질에 비해 매우 크고 중앙에 위치하였고 핵내에는 염색질이 산재되어 있었다. 세포질에는 미토콘드리아와 소수의 조면소포체 및 소액포가 약간 존재하였다(Fig. 1).

부정형혈구(Plasmacyte)는 방추형 또는 난형의 세포로 방추형인 경우는 원형질돌기를 거의 갖지 않았으나 난형의 세포는 많이 가지고 있었다. 세포의 크기는 원시혈구에 비해 상당히 커서 방추형의 세포는 길이가 15~20 μm 이고 폭이 4~5 μm 이었으며, 구성비는 약 20% 정도이었다. 핵은 구형보다는 분엽상이 많았으며 보통 중앙에 위치하나 때로는 한쪽에 치우쳐 존재하는 것도 있었다. 세포질에는 미토콘드리아와 조면소포체, 리보솜, 액포등이 잘

발달되어 있었으며, 세포 표면에 원형질막의 함입으로 인한 음작용포가 많이 존재하는 경우도 관찰되었다(Figs. 2, 5, 7). 또한 주사전자현미경으로 관찰한 외부의 형태는 방추형인 경우 표면에 작은 구멍과 약간의 원형질돌기를 지닌 세포였다(Fig. 11).

과립혈구(Granular cell)는 보통 구형 또는 난형으로 원형질돌기를 많이 가지고 있으며 크기는 10~20 μm 로 다양하였고 세포질 내에 여러가지 과립들을 함유하고 있었다(Fig. 6). 구성비는 모든 혈구 종류중에서 가장 높아 50~60%에 달하였으며, 핵은 난형으로 중앙에서 약간 치우쳐 존재하였다. 세포질 내에는 마토콘드리아, 조면소포체, 리소솜, 액포등이 다른 타입의 혈구들보다 매우 잘 발달되어 있었다. 과립들은 전자밀도가 상이한 과립과 지질같은 과립등으로 구별되었으며, 세포에 따라 과립의 크기도 다양하게 나타났다(Fig. 6). 세포의 표면은 원형질돌기가 매우 잘 발달되어 굴곡이진 난형의 세포들이 관찰되었다(Fig. 12).

소구형혈구(Spherule cell)는 일반적으로 구형 또는 난형으로 세포질 내에 전자밀도가 균일한 소구(spherule)들을 가지고 있었고 크기는 직경이 약 10 μm 정도이었다. 구성비율은 16%정도이고, 세포내 소구는 크기가 매우 다양하였다. 일부의 소구들은 서로 융합되어 있으며 또한 소구의 내용물이 세포 밖으로 유출되는 것도 관찰되었다(Fig. 9). 세포질내의 소기관은 약간의 조면소포체를 제외하고는 거의 나타나지 않았으며, 대부분 직경이 1~2 μm 인 소구형과립으로 가득차 있었고 핵은 상당히 위축된 상태로 중앙에 위치해 있었다(Fig. 3). 주사전자현미경을 통해 본 외부형태는 소구형과립이 볼록하게 응기되어 다소 굴곡이 심한 난형의 세포로 관찰되었다(Fig. 14).

편도혈구(Oenocytoid)는 일반적으로 난형 또는 부정형으로 매우 크며(16~18 μm) 핵은 세포질에 비해 상당히 작고 중앙에서 약간 치우쳐 존재하였다. 구성비는 가장 낮아 3%정도이었다고, 세포질내의 소기관은 조면소포체와 액포

가 약간 존재하였을 뿐 다른 세포소기관들은 거의 발달하지 않았으며 세포질은 다른 종류의 혈구들보다 전자밀도가 높은 물질로 채워져 있었다(Fig. 4). 또한 특이하게 섬세한 미세섬유(직경: 20 Å)로 이루어진 섬유다발이 핵과 세포질 내에 2~4개 정도 존재하였다(Figs. 7, 8). 외부표면의 형태는 원형질돌기를 갖지 않은 매끄러운 구형의 세포이었다(Fig. 13).

고 찰

본 연구에서는 Brehélin과 Zachary(1986)가 제시한 기준을 이용하여 꼬리명주나비 종령유충의 혈구를 원시혈구, 부정형혈구, 과립혈구, 소구형혈구 그리고 편도혈구로 구분하였다.

원시혈구(Prohemocyte)는 세포내에 세포질에 비해 매우 큰 핵을 갖고, 세포질 내의 소기관은 거의 존재하지 않는 것이 특징으로 다른 혈구들의 초기단계라고 생각되는데 Lai-Fook(1973)는 이 원시혈구세포를 "stem cell"이라고 표현하였다. Shrivastava와 Richards(1965)는 prohemocyte에서 plasmatocyte와 granular cell을 거쳐 adipohemocyte로 변한다고 하였고, Akai와 Sato(1971)는 원시혈구세포가 조혈기관(hemopoietic organ)에서 유래한다고 보고하였다. 꼬리명주나비의 원시혈구(Prohemocyte)는 그 구성비가 다른 혈구들에 비해 상당히 낮았으며, 세포질내 소기관의 발달정도가 미미한 것으로 보아 다른 혈구들의 stem cell로 여겨진다.

부정형혈구(Plasmatocyte)의 형태에 관해서 Nittono(1960)는 누에에서 방추형의 세포가 체액 유출시 난형, 구형 및 아메바형으로 신속히 변화가 일어난다고 하였으나, Raina(1976)는 목화다래나방(*Pectinophora gossypiella*)에서 방추형과 난형의 세포가 발생상 서로 다른 단계의 세포라고 하였다. 또한 Clark와 Havey(1965)는 이 부정형 혈구세포가 상처회복시에 관여하고, Schmit와 Ratcliffe(1978)는 이물질 침입으로 인한 피낭형성시 관여하는 자기방어

의 기능을 가지고 있다고 보고하였다. 꼬리명주나비의 부정형혈구는 형태와 소기관의 분화 정도로 보아 섬유다발을 가진 방추형과 난형의 세포가 관찰되었으며, 특히 방추형의 세포는 원형질돌기, 리소솜, 액포 등의 소기관의 발달 정도가 난형의 세포와 현저히 다르게 나타나는 것으로 보아 발생상 다른 경로의 세포로 생각된다.

곤충의 혈구들중에서 가장 많은 분포를 보이고 세포내 소기관이 가장 잘 발달되어 있는 세포는 과립혈구(Granular cell)인데 꼬리명주나비의 과립혈구의 변이도 매우 심하였다. 이러한 과립혈구에 대한 명칭은 모양과 작용에 따라 다양하여 Gregoire와 Florkin(1950)은 coagulocyte와 hyaline cell, Ogel(1955)은 amoebocyte와 phagocyte, Wigglesworth(1956)는 adipohemocyte, Ratcliffe(1986)는 cystocyte 등으로 다양하게 불리어졌으며, Brehélin과 Zachary(1986)는 곤충에 있어서 과립의 미세구조와 특징에 따라 4가지의 과립혈구로 분류하였다. Arnold와 Salkeld(1967)는 이 과립혈구가 함유하고 있는 과립을 중성다당류라 하였으며, Akai와 Sato(1973), Wago와 Ichikawa(1979) 그리고 Wago와 Kitano(1985)등은 다당류와 지질의 혼합물이라고 하였다. 또한 Wigglesworth(1956)에 의하면 이 과립혈구는 탈피과정에 관여한다고 하였으며 Gregoire(1970)는 혈액응고과정, Wago(1980b, 1984)는 이물질에 대한 식작용에 관여한다고 보고하였다. 본 연구에서는 전자밀도가 높은 과립, 전자밀도가 낮은 과립, 지질과 같은 과립등을 함유하고 있는 모든 세포를 이 세포의 범주에 포함시켰으며, 세포소기관의 발달과 혈구세포 표면의 돌기가 매우 발달한 것으로 보아 식작용에 관여하는 것으로 여겨진다.

소구형혈구(Spherull cell)는 일반적으로 원형질돌기가 없는 난형 혹은 구형의 세포로 Gupta와 Sutherland(1967)는 이 세포의 소구형과립은 중성 혹은 산성 점액다당류로, Nittono(1960)는 점액다당류와 점액단백질의

혼합물로 채워져 있다고 보고된 바 있으며, Raina(1976)는 목화다래나방의 소구형과립내에는 과립성, 미세섬유같은 물질들로 가득 채워져 있다고 하였다. 또한 Akai와 Sato(1973)는 누에에서 이 혈구의 소구형과립내에 직경이 15~17 nm인 미립자들이 가득차 있다고 하였다. Yeager(1945)에 의하면 이 소구형혈구가 용화시기에 기관을 따라 상피밑에 배열하고 여기서 tyrosine을 분비한 후 자신은 소멸된다고 하였다. 꼬리명주나비에서 이 소구형혈구는 전자밀도가 거의 균일한 물질로 채워진 1~2 μ m 크기의 여러개의 소구형과립을 가지고 있고, 조면소포체를 제외한 다른 소기관은 없었으며, 핵이 매우 위축된 상태로 나타났다. 이 소구형혈구가 성숙한 형태로 보이는 세포에서는 소구형과립내의 내용물을 exocytosis에 의해 혈림프내로 방출시켰는데 이러한 내용물들은 혈단백의 중요한 재료가 되는 것으로 사료된다.

편도혈구(Oenocytoid)는 주로 나비목 곤충에서 알려져 있는데 Akai와 Sato(1973)는 누에의 편도혈구는 단백질을 함유하고 있다고 보고하였고, 또한 Nittono(1970)는 광학적 수준에서 단백질 침전물을 이 편도혈구에서 확인하였으며, Raina(1976)는 이 세포의 섬유다발같은 물질들이 혈단백의 근원이 될 것이라고 추정하였다. 본 연구에서의 편도혈구는 다른 종류의 혈구들보다 큰 난형의 세포로 관찰되었으며, 세포질 내에는 다른 세포들보다 전자밀도가 높은 물질들로 채워져 있고 리보솜은 약간 존재하였으나 다른 세포내 소기관은 거의 발달되지 않았다.

인 용 문 헌

- Akai, H. & S. Sato. 1971. An ultrastructural study of the haemopoietic organs of the silkworm, *Bombyx mori*. J. Insect Physiol. 17: 1665~1675.
- Akai, H. & S. Sato. 1973. Ultrastructure of the larval hemocytes of the silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). Int. J. Insect Morphol. & Embryol. 2: 207~31.
- Akai, H. & S. Sato. 1976. Surface ultrastructure of the larval hemocytes of the silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). Int. J. Insect Morphol. & Embryol. 5: 17~21.
- Arnold, J.W. & E.H. Salkeld. 1967. Morphology of the haemocytes of the giant cockroach, *Blaberus giganteus*, with histochemical tests. Can. Ent. 99: 1138~1145.
- Brehélin, M. & D. Zachary. 1986. Insect hemocytes: A new classification to rule out the controversy, pp. 36~48. In M. Breherin(ed.), Immunity in invertebrate. Springer-Verlag. New York.
- Clark, E.W. & W.R. Harvey. 1965. Cellular membrane formation by plasmatocytes of diapausing *Cecropia* pupae. J. Insect Physiol. 11: 161~175.
- Gagen, S.J. & N.A. Ratcliffe. 1976. Studies on the *in vivo* cellular recognitions and fate of injected bacteria in *Galleria mellonella* and *Pieris brassicae* larva. J. Invertebr. Pathol. 28: 17~24.
- Granados, R.R. & D.J. Meehan. 1973. Morphology and differential counts of haemocytes of healthy and wounded tumor virus infected *Agallia constricta*. J. Invertebr. Pathol. 22: 60~69.
- Gregoire, C. & M. Florkin. 1950. Blood coagulation in the Arthropods. I. The coagulation of insect blood as studied with the phase contrast microscope. Physiol. Comp. 2: 126~139.
- Gregoire, C. 1970. Haemolymph coagulation in Arthropods. Symp. Zool. Soc. Lond. 27: 45~74.
- Gupta, A.P. & D.J. Sutherland. 1967. Phase contrast and histochemical studies of spherule cells in cockroaches (Dictyoptera). Ann. Entomol. Soc. Amer. 60: 557~565.
- Gupta, A. P. 1985. Cellulal elements in the hemolymph, pp. 401~451. In G.A. Kerkut & L.I. Gilbert(eds.), Comprehensive insect physiology biochemistry & pharmacology. Pergamon Press. New York.
- Han, S.S. & A.P. Gupta. 1988. Arthropod immune system. (V) Activated immunocytes (granulocytes) of the german cockroach, *Blattella germanica* (L.) (Dictyoptera: Blattellidae) show increased number of microtubules and nuclear pores during immune reaction to foreign tissue. Cell Struct. Funct. 13: 333~343.
- Jones, J.C. 1962. Current concepts concerning insect hemocytes. Amer. Zool. 2: 209~246.
- Kim, C.S., I.B. Yoon & W.K. Kim. 1990. Ultrastructure of the hemocytes in *Lymantria dispar* L. Kor. J. Ent. 20: 223~230
- Lai-Fook, J. 1973. The structure of the hemocytes of *Calpodis ethlius* (Lepidoptera). J. Morph. 139: 79~104.

- Nittono, Y. 1960. Studies on the blood cells in the silkworm, *Bombyx mori* L. Bull. Seric. Exp. Sta. Tokyo. 16: 171~266.
- Ogel, S. 1955. A contribution to the study of blood cells in Orthoptera. Commus. Rac. Sci. Univ. Ankara, (C)4: 16~38.
- Raina, A.K. 1976. Ultrastructure of the larval hemocytes of the pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Lepidoptera: Culechidae). Int. J. Insect Morphol. & Embryol. 5: 187~195.
- Ratcliffe, N.A. & S.J. Gagen. 1976. Cellular defence reactions of insect hemocytes *in vivo*: nodule formation and development in *Galleria mellonella* and *Pieris brassicae* larvae. J. Invertebr. Pathol. 28: 373~382.
- Ratcliffe, N.A. 1986. Insect cellular immunity and the recognition of foreignness. Symp. Zool. Soc. Lond. 56: 21~43.
- Rowley, A.F. & N.A. Ratcliffe. 1976. The granular cells of *Galleria mellonella* during clotting and phagocytic reactions *in vitro*. Tissue & Cell 8: 437~446.
- Sato, S., H. Akai & H. Sawada. 1976. An ultrastructural study of capsule formation by *Bombyx* haemocytes. Ann. Zool. Japan. 49: 177~188.
- Schmit, A.R. & N.A. Ratcliffe. 1978. The encapsulation of araldite implants and recognition of foreignness in *Clitumnus extradentatus*. J. Insect Physiol. 24: 511~521.
- Shrivastava, S.C. & A.G. Richards. 1965. An autoradiographic study of the relation between hemocytes and connective tissue in wax moth, *Galleria mellonella* L., Biol. Bull. (Woods Hole) 128: 337~345.
- Smith, H.W. 1938. The blood of the cockroach, *Periplaneta americana* L. Cell structure and degeneration and cell count. New Hampshire Agric. Expt. Sta. Tech. Bull. 71: 1~23.
- Wago, H. & Y. Ichikawa. 1979. Hemocytic reactions to foreign cells in the silkworm, *Bombyx mori*, during post-embryonic development. Appl. Ent. Zool. 14: 36~43.
- Wago, H. 1980a. Humoral factors promoting the adhesive properties of the granular cells and plasmatocytes of the silkworm, *Bombyx mori*, and their possible role in the initial cellular reactions to foreignness. Cell Immunol. 54: 155~169.
- Wago, H. 1980b. Observation of the early processes of phagocytosis by the granular cells of the silkworm, *Bombyx mori*. Appl. Zool. 15: 489~491.
- Wago, H. 1984. *In vitro* evidence for the requirement of the filopodial elongation for the progress of phagocytosis by phagocytic granular cells of the silkworm, *Bombyx mori*. Developmental and Comparative Immu. 8: 7~14.
- Wago, H. & H. Kitano. 1985. Morphological and functional characterization of the larval hemocytes of the cabbage white butterfly, *Pieris rapae crucivora*. Appl. Ent. Zool. 20: 1~7.
- Wigglesworth, V.B. 1956. The haemocytes and connective tissue formation in an insect *Rhodnum prolixus* (Hemiptera). Quart. J. Micr. Sci. 97: 89~98.
- Yang, H.Y. 1987. Fine structure of the hemocytes of some coleopterous insects. Kor. J. Entomol. 17: 25~37.
- Yeager, J.F. 1945. The blood picture of the southern armyworm (*Prodenia eridania*). J. Agr. Res. 71: 1~40.

(1992년 11월 18일 접수)

- Figs. 1~9.** Transmission electron micrographs of hemocytes in the last instar larva of *Sericinus montela* Grey
- Fig. 1.** A prohemocyte showing a large nucleus and poorly developed organelles. x 6,200
- Fig. 2.** A spindle-shaped plasmatocyte showing relatively well developed organelles and fibrous bundle in nucleus (arrows). x 6,300
- Fig. 3.** An oval-shaped spherule cell containing numerous spherules (sp), poorly developed organelles and relatively well developed rough endoplasmic reticulum (RER). Small spherules were being fused with large spherules (arrows). x 8,300
- Fig. 4.** An oval-shaped oenocytoid containing poorly developed organelles and showing electron dense materials. x 4,600
- Fig. 5.** An oval-shaped plasmatocyte with a large number of cytoplasmic processes (cp) contains well developed rough endoplasmic reticulum. x 12,000
- Fig. 6.** A round-shaped granular cell with numerous granules of different size and density. x 13,200
- Fig. 7.** An oval-shaped oenocytoid showing numerous small vacuoles and fibrous bundles in nucleus and cytoplasm (arrows). x 7,700
- Fig. 8.** Higher magnification of fibrous bundle (arrow), which is composed of tiny microfibrils. x 62,000
- Fig. 9.** A low magnification electron micrograph of hemocytes showing large oenocytoid(Oe), medium-sized granular cell(Gr) and spherule cell(Sp) being released into the hemolymph (arrow). x 4,200
- Figs. 10~15.** Scanning electron micrographs of hemocytes in the last instar larva of *Sericinus montela* Grey
- Fig. 10.** Typical round-shaped prohemocyte. x 9,300
- Fig. 11.** Typical spindle-shaped prohemocyte. x 5,000
- Fig. 12.** Oval-shaped granular cells. x 5,100
- Fig. 13.** Round-shaped oenocytoid (Oe) and granular cells (Gr). x 5,000
- Fig. 14.** Round-shaped spherule cell. x 5,600
- Fig. 15.** A low magnification scanning electron micrograph of hemocytes showing oenocytoid (Oe), plasmatocyte (Pl), granular cell (Gr) and spherule cell (Sp). x 2,400

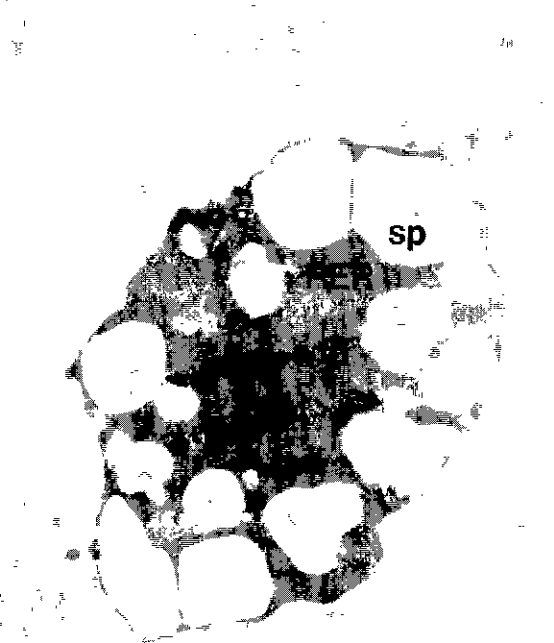
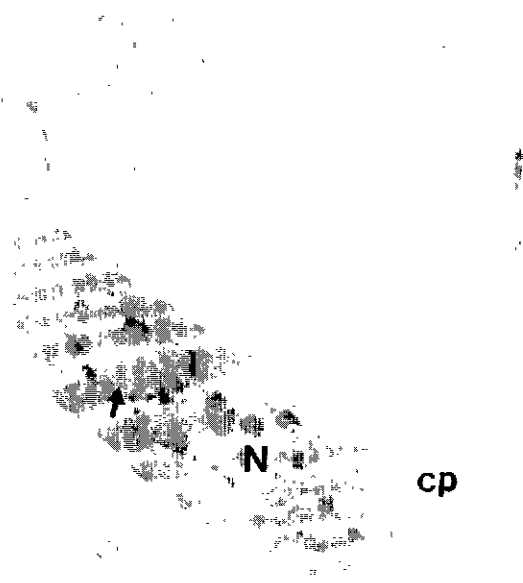
Abbreviation

- cp: cytoplasmic process
 ER: endoplasmic reticulum
 Gr: granular cell
 gr: granule
 ly: lysosome
 M: mitochondria
 N: nucleus
 Oe: oenocytoid
 Pl: plasmatocyte
 Pr: prohemocyte
 RER: rough endoplasmic reticulum
 SP: spherule cell
 sp: spherule
 v: vacuole

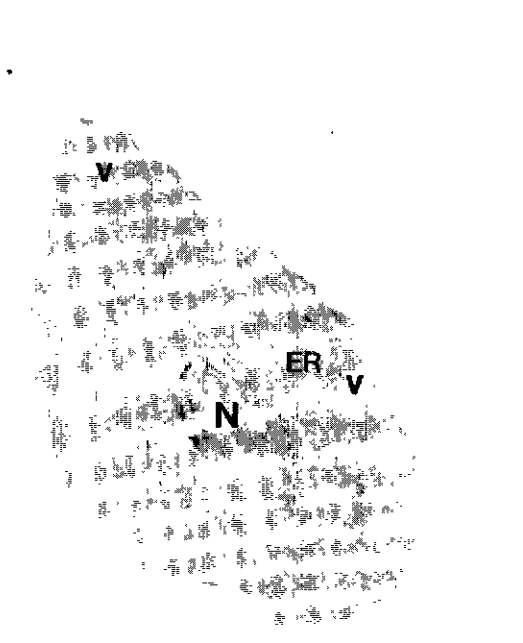
Figs. 1~9. Transmission electron micrographs of hemocytes in the last instar larva of *Sericinus montela* Grey



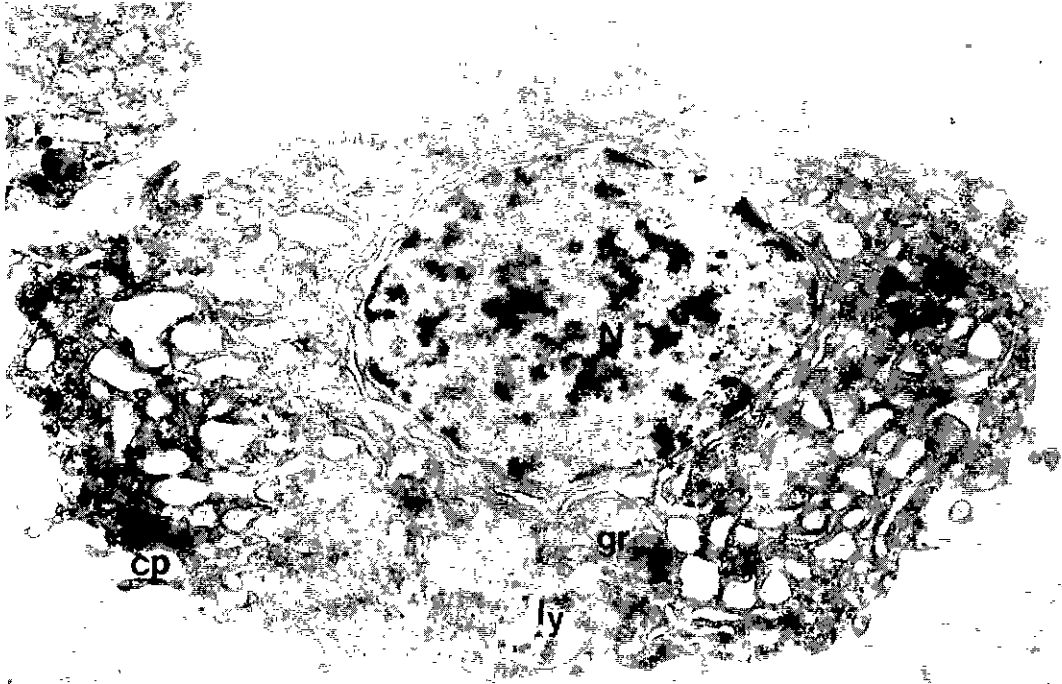
2



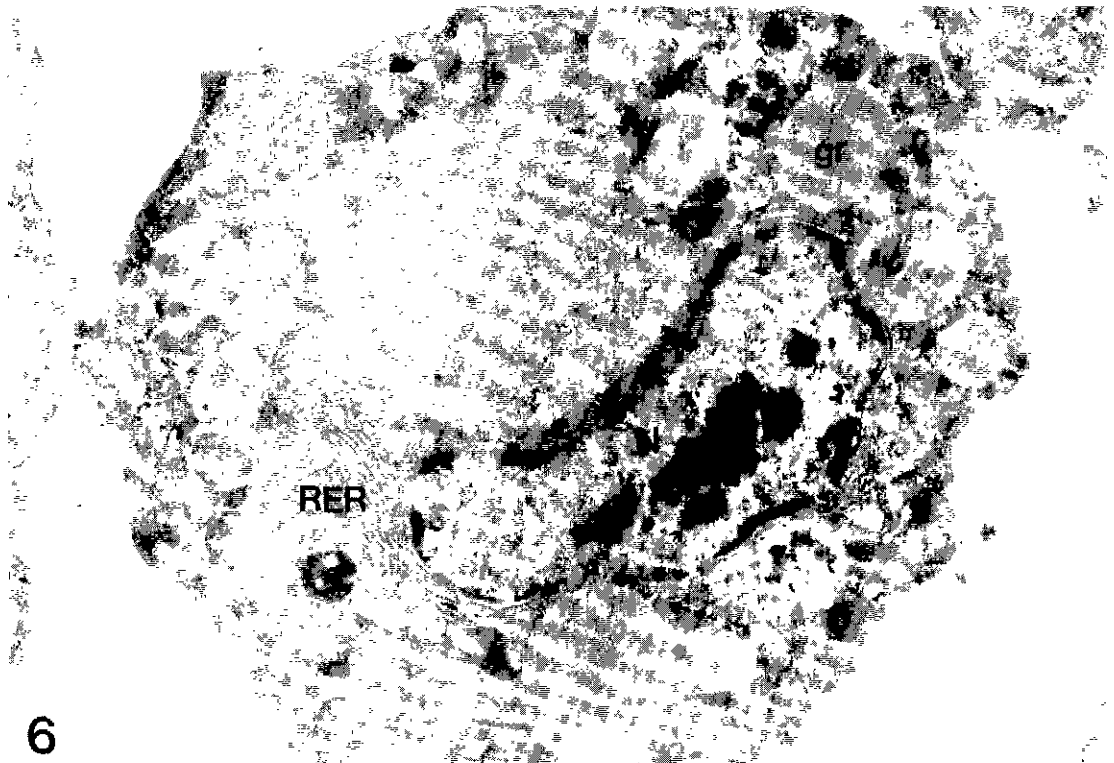
3



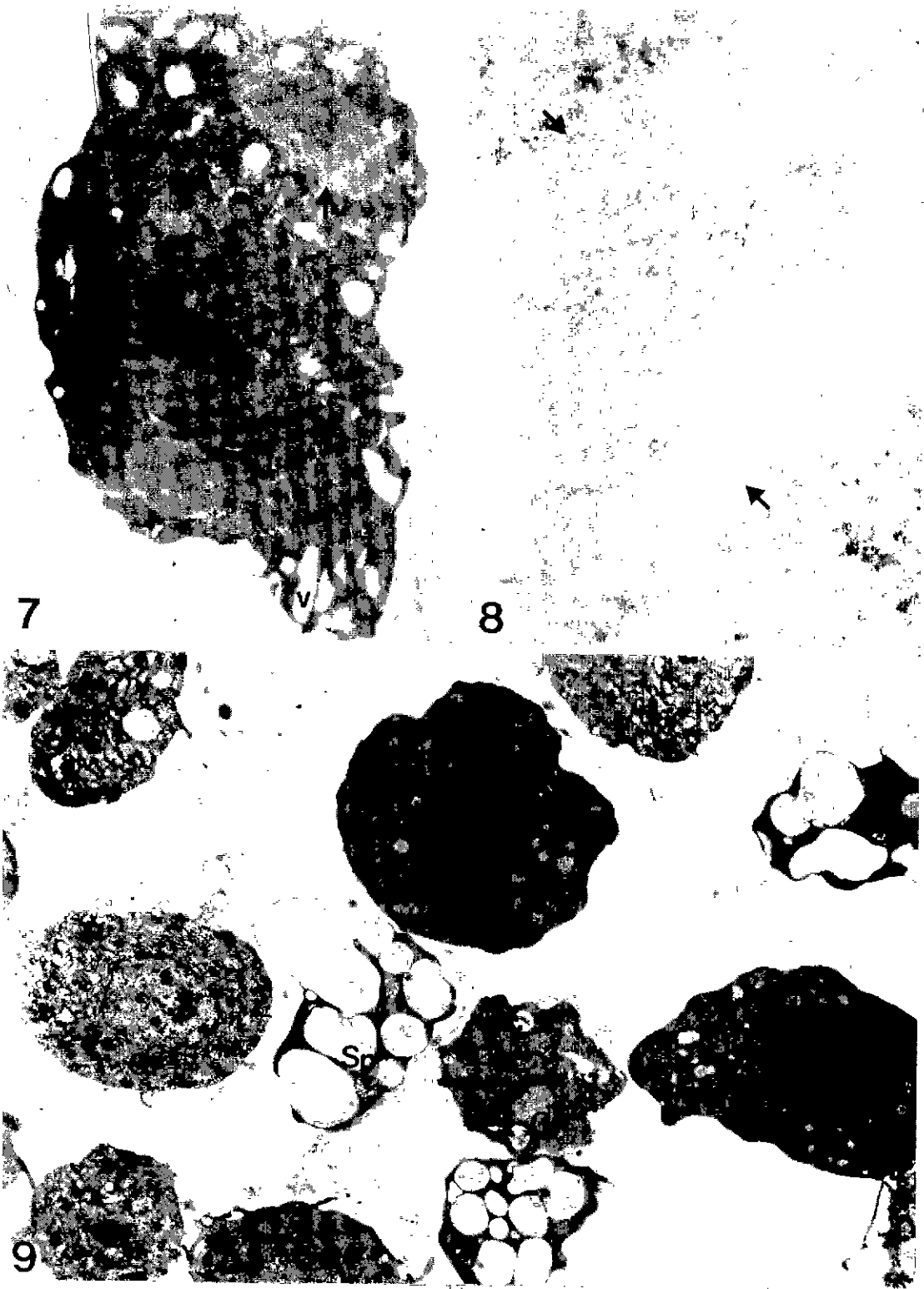
4



5



6



Figs. 10~15. Scanning electron micrographs of hemocytes in the last instar larva of *Sericinus montela* Grey

