

## 등검은메뚜기 (*Euprepocnemis shirakii* Bolivar) 면역혈구의 미세구조

장병수 · 문명진 · \*한성식 · 여성문

단국대학교 자연과학대학 생물학과, \*고려대학교 자연자원대학 농생물학과

등검은메뚜기 (*Euprepocnemis shirakii*) 성충에서 면역작용에 관여하는 혈구로 확인된 plasmacyte와 granulocyte I 및 granulocyte II의 형태와 미세구조적 특징을 광학현미경과 전자현미경을 이용하여 관찰하였다. Plasmacyte는 방추형 또는 많은 세포질돌기를 형성하고 있는 다형의 형태로 세포질에는 리소조움과 식포가 존재하고 있었고, 식포의 융합에 의해서 형성된 multivesicular body가 관찰되었다. Granulocyte I은 구형의 형태로 세포질에는 약 0.2-0.3  $\mu\text{m}$  크기의 과립을 함유하고 있었으며, 특히 원형질막 가장자리에 세포의 골격을 유지하는 미세소관 다발을 갖고 있었다. Granulocyte II는 난형 또는 방추형의 형태로 세포질에는 약 0.5-0.8  $\mu\text{m}$ 의 과립이 세포질의 대부분을 차지하고 있었으며, 세포소기관은 granulocyte I보다 덜 발달되어 있었다.

**KEY WORDS:** Insect, Immunocyte, *Euprepocnemis shirakii*, Ultrastructure

곤충 혈구의 종류에 대한 분류는 주로 혈구의 크기나 형태 (Rosenberger and Jones, 1960; Ravindranath, 1977), 핵과 세포질의 조직화학적 특성 (Gupta and Sutherland, 1967; Ratcliffe and Price, 1974; Ashhurst, 1982; Chain and Anderson, 1982) 및 전자현미경을 이용한 세포의 미세구조 (Jones, 1962; Devauchelle, 1971; Zachary and Hoffmann, 1973; Arnold, 1982) 등에 의해서 연구되어 왔다. 혈구는 호르몬의 자극이나 상처, 감염 또는 다른 비정상적인 요인 등에 의해서 활성화되는데, 활성화된 혈구의 기능중에는 식세포작용, 피낭형성, 결절형성 등의 세포성 면역반응이 있다 (Götz and Boman, 1985). 이와 같은 면역반응은 종에 따라 다소 차이는 있지만 plasmacyte와 granulocyte에 의해서 수행되어지는 것으로 밝혀져 왔으며 (Gupta, 1986), Gupta (1985)는 이런 반응에 관여하는 혈구를 면역혈구 (immunocyte)로 처음 언급하였다.

면역혈구에 관한 연구에서 배추흰나비 (*Pier-*

*is rapae crucivora*)와 집바퀴 (*Blattella germanica*)의 경우 granulocyte만이 면역반응에 관여하며 (Wago and Kitano, 1985; Han and Gupta, 1988), 노랑초파리 (*Drosophila melanogaster*)에서는 plasmacyte가 면역반응에 관여한다고 보고된 바 있다 (Rizki and Rizki, 1984). 또한, Chang 등 (1991, 1992)은 등검은메뚜기 (*Euprepocnemis shirakii*)를 실험 재료로 사용한 경우 주입한 이물질의 종류에 따라 plasmacyte만이 또는 plasmacyte와 granulocyte가 면역반응에 관여한다고 보고하였다. 본 연구는 등검은메뚜기의 체내에 침입한 이물질에 대해서 세포성 면역반응에 관여하는 면역혈구로 밝혀진 plasmacyte와 granulocyte의 "자기와 비자기"를 식별하는 기작을 규명하기 위한 연구의 일환으로 이들의 형태 및 미세구조적 특성을 광학 및 전자현미경으로 관찰하였다.

## 재료 및 방법

야외에서 채집한 등검은메뚜기 (*Euprepocnemis shirakii* Bolivar)를 실험실(25-27°C)에서 사육하여 마지막 탈피가 끝난 건강한 성충을 실험재료로 사용하였다.

### 광학현미경적 관찰

메뚜기 앞다리의 기부를 절단하여 채취한 혈림프를 곤충 생리식염수(0.45 M sodium chloride, 0.1 M glucose, 30 mM sodium citrate, 26 mM citric acid, 10 mM EDTA)가 놓여 있는 slide glass에 도달한 후, 위상차 현미경으로 관찰하였다.

### 투과전자현미경적 관찰

위와 같은 방법으로 채취한 혈림프를 2.5% paraformaldehyde-glutaraldehyde(4°C, phosphate buffer, pH 7.4)가 들어있는 Eppendorf tube에서 2000 r.p.m.으로 10분간 원심분리시켜 혈구만을 모은 후, 1시간 동안 전고정(prefixation)하였다. 고정된 혈구 덩어리는 완충용액(4°C, phosphate buffer, pH 7.4)으로 10분간 3회 세척하였으며, 이어서 1% OsO<sub>4</sub>(4°C, phosphate buffer, pH 7.4)로 1시간 동안 후고정(postfixation)하였다. 고정된 재료는 동일 완충용액으로 수회 세척한 후, ethanol 농도 상승순으로 탈수하였으며, propylene oxide로 치환하여 epon-araldite 혼합액에 포매한 다음, 60°C 진공건조기에서 36시간 중합반응 시켰다. 포매한 혈구 덩어리는 초박편절단기(LKB-2088)로 초박절편을 제작하여 구리망에 부착시킨 다음, uranyl acetate와 lead citrate로 이중염색하여 JEOL 100CX-II형 투과전자현미경으로 80 kV에서 관찰하였다.

### 주사전자현미경 관찰

위의 재료를 위의 방법으로 고정, 탈수한 다음, isoamyl acetate로 치환하여 critical point dryer에서 건조시켰다. 건조된 혈구 덩어리는 JFC-1100 ion coater를 사용하여 20 nm 두께로 도금한 후, JSM-840A형 주사전자현미경으로 20 kV에서 관찰하였다.

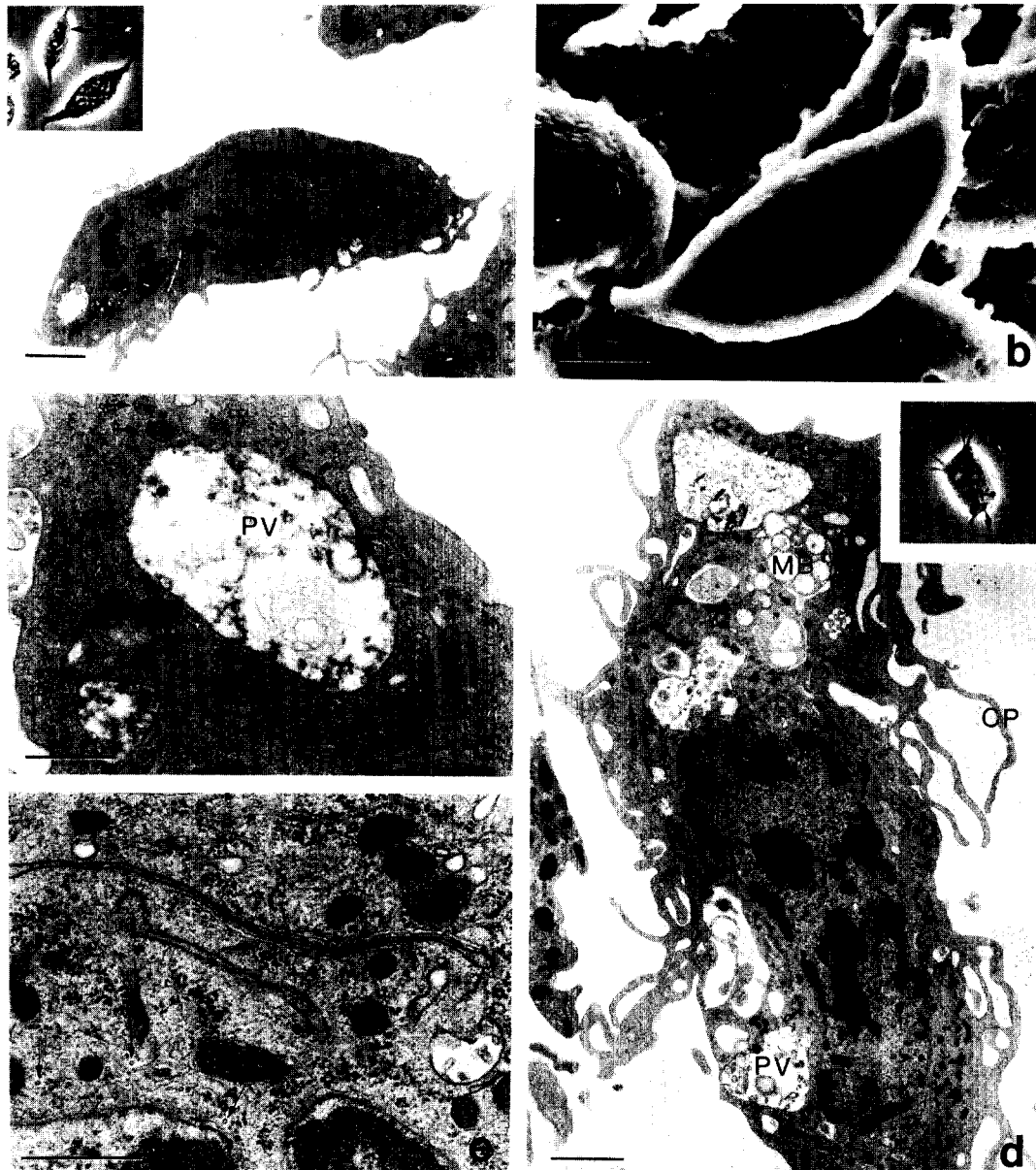
## 결과

Plasmatocyte는 방추형의 형태와 많은 세포질돌기를 형성하고 있는 무정형의 형태를 하고 있었으며, 세포의 크기도 직경이 약 7-14  $\mu\text{m}$ 로 다양하였다(Fig. 1a, b, d).

전형적인 방추형 형태의 plasmatocyte는 위상차현미경상에서 세포의 표면이 밝게 관찰되었고, 주사전자현미경 상에서는 돌출된 부위가 적은 비교적 매끄러운 모양을 하고 있었다(Fig. 1a, b). 투과전자현미경상에서 핵은 세포의 장축을 따라 중앙에 위치하고 있었고, 세포질의 일부가 돌출하여 세포질돌기를 형성하고 있었다(Fig. 1a). 세포질에는 미토콘드리아와 조면소포체가 관찰되었고, 다수의 식포(phagocytic vesicle)들이 산재되어 있었는데, 식포 내부에는 이미 소화된 이물질로 채워져 있었으며, 주변에는 식포와 융합되지 않은 리소조움과 골지체 및 골지체에서 형성된 골지낭들이 발달되어 있었다(Fig. 1c).

다형의 plasmatocyte는 위상차현미경상에서 세포가 아메바 형태로 관찰되었고, 투과전자현미경상에서는 세포질 표면에 많은 세포질돌기를 뻗고 있었으며, 세포질돌기는 그 길이가 최고 세포의 직경과 같은 것도 관찰되었다. 핵은 불규칙한 모양으로 세포질 중앙에 위치하고 있었으며, 세포질에는 세포질돌기의 융합에 의해서 형성된 것으로 보이는 다수의 식포들과 multivesicular body들이 형성되어 있었다(Fig. 1d). 세포소기관은 방추형 plasmatocyte보다 더 발달되어 있었는데, 세포질 전역에 걸쳐 유리리보솜이 존재하고 있었으며, 소포체와 리소조움 및 식포들이 관찰되었고, 핵막과 인접한 부위에는 미세소관이 산재되어 있었다(Fig. 1e).

Granulocyte I은 직경이 약 10-12  $\mu\text{m}$ 로



**Fig. 1.** Plasmotocytes. a: Transmission electron micrograph of a plasmotocyte showing concentric nucleus (N). Bar indicates 2  $\mu$ m. Inset: Phase contrast micrograph of a plasmotocyte (PL) in a whole blood mount. b: Scanning electron micrograph of a plasmotocyte showing spindle-shaped. Bar indicates 2  $\mu$ m. c: Part of a plasmotocyte containing phagocytic vesicle (PV) filled with digested material. G: Golgi complex, Arrows: lysosome. Bar indicates 0.5  $\mu$ m. d: A polymorphic plasmotocyte with numerous cytoplasmic processes (CP) showing nucleus (N), phagocytic vesicle (PV) and multivesicular body (MB). Bar indicates 2  $\mu$ m. Inset: Phase contrast micrograph of a polymorphic plasmotocyte. The peripheral cytoplasm of this cell is extended in the cytoplasmic processes. e: High magnification electron micrograph of a polymorphic plasmotocyte. The microtubules (arrows) are located at the periphery of their nuclear membrane. L: lysosome, M: mitochondria. Bar indicates 0.5  $\mu$ m.

대부분 구형의 형태이나 일부 방추형의 형태도 관찰되었으며, 주사전자현미경상에서 세포 표면은 굴곡이 심한 울퉁불퉁한 모양을 하고 있었고, 세포질 중앙에 존재하고 있는 핵은 엽상의 형태를 띠고 있었다(Fig. 2a, b). 세포질에는 크기가 약 0.2-0.3  $\mu\text{m}$  정도의 전자밀도가 강하고 균질한 과립들이 존재하고 있는데, 이들은 세포질 전역에 걸쳐 산재되어 있었다. 또한, 길게 만곡되어 있는 조면소포체와 골지체 등이 잘 발달되어 있었으며, 골지체의 형성면에서부터 생성된 작은 골지낭들이 존재하고 있었다(Fig. 2c). 세포의 원형질막과 경계를 이루는 부분에는 이 막과 평행하여 환상으로 미세소관이 둘러싸고 있었으며, 이들은 세포질 가장자리에 모여서 미세소관 다발을 형성하고 있었다. 미세소관 다발은 약 30-40개 정도의 미세소관으로 구성되어 있었고, 미세소관의 직경은 약 20 nm 정도로 관찰되었다(Fig. 2d).

Granulocyte II는 난형 또는 방추형의 형태를 하고 있었다. 난형의 혈구는 약 11  $\mu\text{m}$ 의 크기를 갖고 있었고(Fig. 3a), 방추형 혈구는 직경이 최고 25  $\mu\text{m}$ 의 크기로 관찰되었으며(Fig. 3c), 핵은 세포질 중앙에 위치하고 있거나, 약간 치우쳐서 존재하고 있었다. 위상차현미경상에서 세포의 표면은 돌출 부위의 빛 반사에 의해서 밝은 부분과 어두운 부분으로 구별되어 관찰되었으며(Fig. 3a), 주사전자현미경상에서 표면은 원형질막과 경계를 하여 존재하고 있는 과립들에 의해서 돌출되어 있었다(Fig. 3b). 세포질에는 크기가 약 0.5-0.8  $\mu\text{m}$ 의 과립들이 세포질의 대부분을 차지하고 있었는데, 과립들의 모양은 대부분 구형의 형태로 전자밀도가 강한 균질한 물질로 채워져 있었다. 또한, 세포소기관은 granulocyte I 보다 비교적 덜 발달된 상태로 관찰되었고, 밀집되어 있는 과립들 사이에 미토콘드리아들이 산재되어 있었으며, 골지체와 식포 등도 존재하고 있는 것이 관찰되었다(Fig. 3a, c).

이상과 같은 결과를 종합하여 메뚜기 면역혈구의 미세구조적 특징을 표 1에 나타내었다.

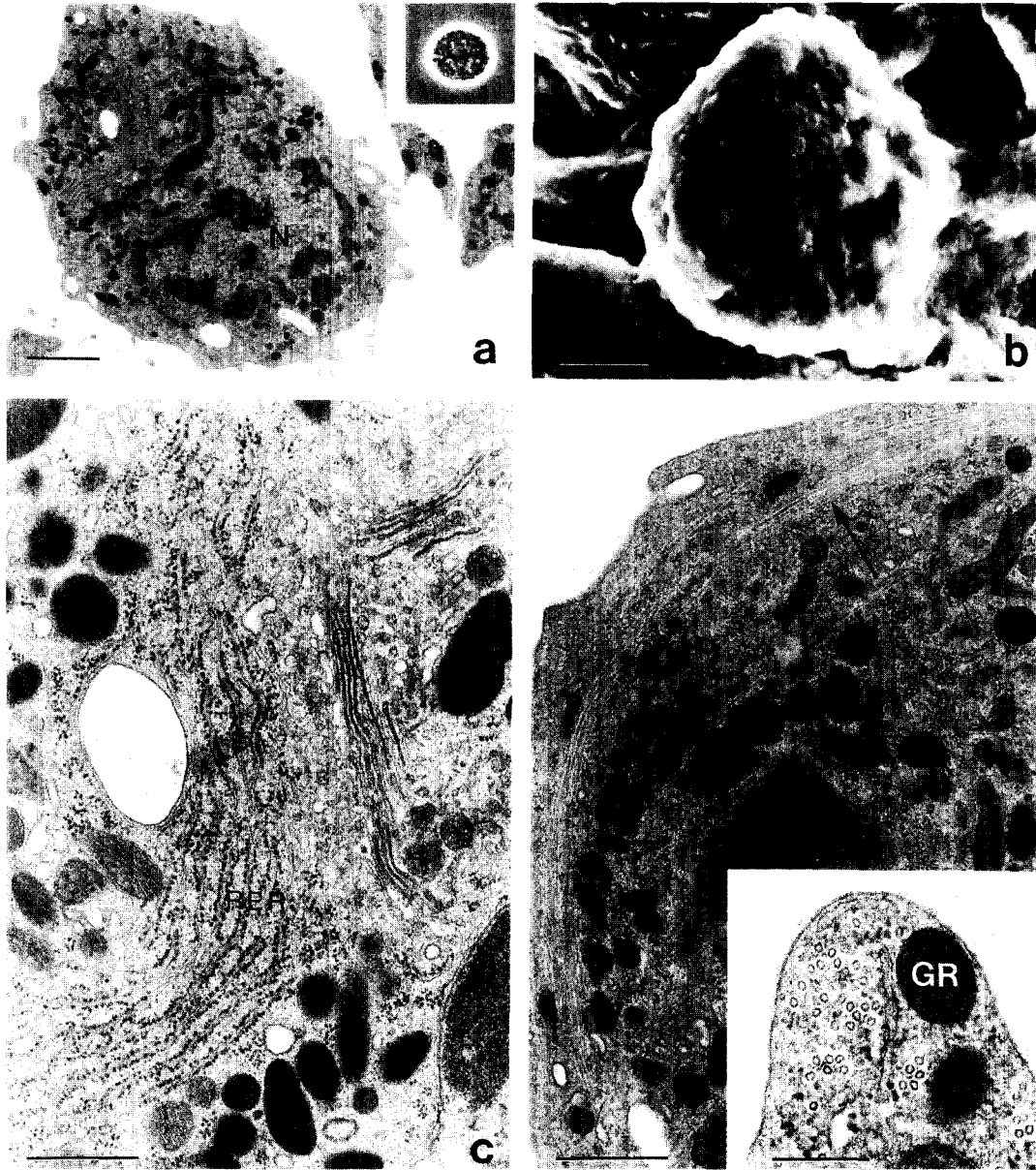
## 고찰

등검은메뚜기의 혈구는 기원과 전자현미경상의 뚜렷한 미세구조적 차이에 의해서 prohemocyte, plasmatocyte, granulocyte I, granulocyte II, spherulocyte, oenocytoid로 구분되어 왔는데(Chang *et al.*, 1990), 이들 혈구 중에서 plasmatocyte, granulocyte I, granulocyte II가 면역반응에 관여하는 것으로 보고된 바 있다(Chang *et al.*, 1991).

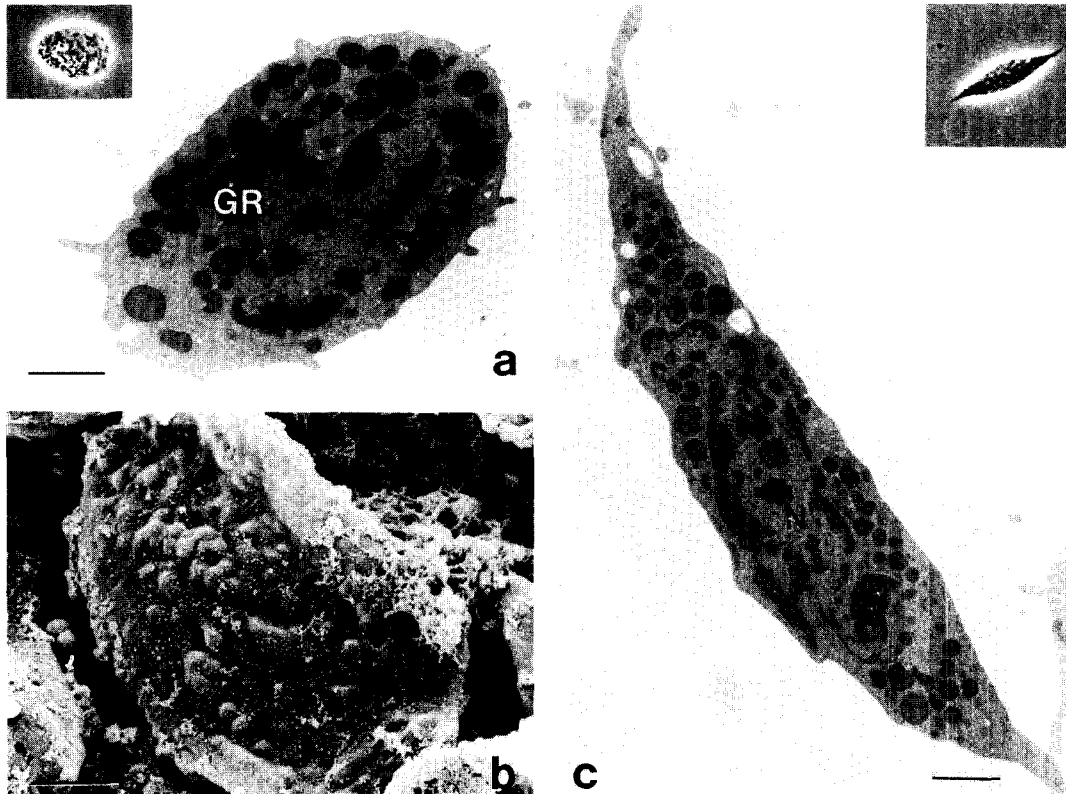
Plasmatocyte의 외부형태에 관한 연구에서 Raina(1976)는 솜벌레(*Pectinophora gossypiella*)의 plasmatocyte를 방추형과 세포질 돌기를 갖고 있는 난형의 혈구로 구분하였고, Gupta(1985)는 다형형태(polymorphic)를 하고 있는 plasmatocyte의 원형질막은 미세돌기(micropapillae), 위족(filopodia) 또는 불규칙한 세포질 돌기(irregular process)를 갖고 있다고 보고하였다.

본 실험에서 조혈기관의 시원세포에서 분화되어 혈림프로 직접 방출되는 것으로 확인된 plasmatocyte는 방추형의 모양을 하고 있었으며, 이들 혈구 중에서 세포질 돌기를 형성하고 있는 다형의 plasmatocyte는 방추형의 plasmatocyte가 혈림프를 순환하는 과정에서 세포의 표면에 많은 세포질돌기를 형성한 것으로 생각되는데, Carter와 Green(1987)에 의하면 *Tipula paludosa* 유충에서 방추형의 plasmatocyte와 아메바형 plasmatocyte는 모양이 상호 변화된다고 언급한 바 있다.

Plasmatocyte의 미세구조적 특성은 일반적으로 유리 리보솜과 미토콘드리아, 조면소포체 등의 세포소기관이 잘 발달되어 있다(Beeman *et al.*, 1983; Han, 1989). Brehelin 등(1978)은 초파리 등 9종류의 곤충에서 plasmatocyte의 세포질에는 작은 리소조솜들이 채워져 있고 이들 주변에는 식포들이 다수 관찰된다고 보고한 바 있으며, Gupta(1985)는



**Fig. 2.** Granulocytes I. a: Granulocyte I with lobed nucleus (N), small granules, rough endoplasmic reticulum, mitochondria and vesicle. Granules are 0.2-0.3  $\mu\text{m}$  in average diameter. Bar indicates 2  $\mu\text{m}$ . Inset: Phase contrast micrograph of a granulocyte I. b: Scanning electron micrograph of a granulocyte I showing irregular surface. Bar indicates 2  $\mu\text{m}$ . c: High magnification electron micrograph of a granulocyte I. Note the presence of long curved rough endoplasmic reticulum (RER) and Golgi complex (G). Bar indicates 0.5  $\mu\text{m}$ . d: Part of a granulocyte I. The marginal bundles of microtubules (arrows) appear to encircle the cell and are suggestive of a cytoskeletal function. Bar indicates 1  $\mu\text{m}$ . Inset: Marginal bundles of microtubules about 20 nm in diameter are loosely assembled in close proximity to the plasma membrane of the granulocyte I. GR: granule. Bar indicates 0.25  $\mu\text{m}$ .



**Fig. 3.** Granulocytes II. a: Granulocyte II with eccentric nucleus (N) and conspicuously granular cytoplasm. Granules (GR) are 0.5-0.8  $\mu\text{m}$  in diameter and occupy much of the cytoplasm. Bar indicates 2  $\mu\text{m}$ . Inset: Phase contrast micrograph of a granulocyte II in a whole blood mount showing numerous phase light and phase dark surface. b: Scanning electron micrograph of a granulocyte II showing oval-shaped nodulose surface. Bar indicates 2  $\mu\text{m}$ . c: Transmission electron micrograph of a spindle-shaped granulocyte II. N: nucleus. Bar indicates 2  $\mu\text{m}$ . Inset: Phase contrast micrograph of a granulocyte II in a whole blood mount.

**Table 1.** Morphological characteristics of *Eupreocnemis shirakii* immunocytes.

Immunocyte type	Cell shape	Cell size ( $\mu\text{m}$ )	Granule size ( $\mu\text{m}$ )	Other characteristics
Plasmatocyte	Spindle or polymorphic	7-14		Spreads out and forms cytoplasmic process
Granulocyte I	Spherical	10-12	0.2-0.3	Well-developed marginal bundles of microtubules
Granulocyte II	Oval or spindle	11-25	0.5-0.8	Cytoplasm packed with large granules

세포의 특성으로 세포질에 조면소포체가 잘 발달되어 있고, 골지체와 리소조움이 존재한다고 보고하였다. 본 실험에서 plasmatocyte의 세포질은 Brehelin 등(1978)이 보고한 바와 같

이 다수의 식포들이 형성되어 있었고, 이들 주변에는 리소조움들이 산재되어 있었으며, 특히 식포들이 융합되어 형성된 것으로 보이는 multivesicular body가 잘 관찰되었다.

Granulocyte는 세포질에 많은 과립(granule)을 갖고 있는데, Hagopian(1971)은 바퀴에서 melanosome과 비슷한 구조를 가지고 있는 과립은 피낭이 형성된 물질의 melanization에 관여하는 것으로 추측하였으며, 명나방(*Galleria mellonella*)의 granulocyte에서 직경이 0.2  $\mu\text{m}$  정도인 과립은 미세소관과 비슷한 구조로 채워져 있으며, 산성의 점액물질로 구성되어 있다고 보고된 바 있다(Neu-wirth, 1973). 또한, Schmit 등(1977)은 명나방에서 결절형성 과정중에 과립의 신속한 분해를 초래하는데, 이것은 polyphenol oxidase의 방출과 관계가 있을 것이라고 보고하였다.

본 실험에서 granulocyte I과 granulocyte II에는 크기가 각각 0.2-0.3  $\mu\text{m}$  와 0.5-0.8  $\mu\text{m}$ 의 과립들이 존재하고 있으며, Shoura(1986)가 진드기(*Argas arboreus*) 혈구에서 보고한 과립과 같이 전자밀도가 강한 무 구조물로 구성되어 있고, 이들의 기능에 대해서 Chang 등(1991)은 과립이 분해되면서 면역작용에 관여한다고 보고 한 바 있으나, 과립의 성분에 대한 생리 화학적 연구가 병행되어야 한다고 사료된다.

Baerwald와 Boush(1970)는 이질바퀴(*Periplaneta americana*)의 granulocyte에서 척추동물의 혈소관에 있는 미세소관과 유사한 미세소관이 존재하고 있는 것을 처음 확인하였고, Hagopian(1971)은 바퀴(*Leucophaea maderae*)의 granulocyte에서 세포막 가장자리에 미세소관을 갖고 있다고 보고하였으며, Chiang 등(1988)은 집바퀴(*Blattella germanica*)에 관한 연구에서 granulocyte의 세포질 주변에 미세소관 다발(microtubule bundles)을 갖고 있다고 보고하였다. 본 실험에서 granulocyte I에 존재하고 있는 미세소관은 세포질 가장자리에서 미세소관 다발을 형성하고 있었는데, Chiang 등(1988)이 보고한 바와 같이 세포의 원형질막 근처에 존재하고 있었다. 또한 이들의 기능은 위족의 형성과 식세포작용(Baerwald and Boush, 1970), 피낭형성(Han and Gupta, 1988),

단백질 합성(Akai and Sa-to, 1976) 및 세포내 골격유지와 물질수송(Hagopian, 1971; Raina, 1976) 등에 관여한다고 보고된 바 있는데, 본 실험에서 granulocyte I에만 존재하고 있는 미세소관 다발은 원형질막과 인접한 부위에 존재하고 있는 것으로 보아 세포의 모양과 골격유지에 관여하는 것으로 추측되며, 면역 기능에 관여하는 것은 확인되지 않았다.

### 인용문헌

- Akai, H. and S. Sato, 1976. Surface ultrastructure of the larval hemocytes of the silkworm, *Bombyx mori* (L.) (Lepidoptera: bombycidae). *Inter. J. Insect Morphol. Embryol.* **5**: 17-21.
- Arnold, J.W., 1982. Larval hemocytes in Noctuidae (Insecta: Lepidoptera). *Inter. J. Insect Morphol. Embryol.* **11**: 173-188.
- Ashhurst, D.E., 1982. Histochemical properties of the spherulocytes of *Galleria Mellonella* (L.) (Lepidoptera: Pyralidae). *Inter. J. Insect Morphol. Embryol.* **101**: 285-292.
- Baerwald, R.J. and G.M. Boush, 1970. Fine structure of hemocytes of *Periplaneta americana* (Orthoptera: Blattidae) with particular reference to marginal bundles. *J. Ultrastrut. Res.* **31**: 151-161.
- Beeman, S.C., M.E. Wilson, L.A. Bulla, and R.A. Consigli, 1983. Structural characterization of the hemocytes of *Plodia interpunctella*. *J. Morphol.* **179**: 1-16.
- Brehelin, M., D. Zachary, and J.A. Hoffmann, 1978. A comparative ultrastructural study of blood cells from nine insect orders. *Cell Tiss. Res.* **195**: 45-57.
- Carter, J.B. and E.I. Green, 1987. Hemocytes and granular cell fragments of *Tipula paludosa* larvae. *J. Morphol.* **191**: 289-294.
- Chain, B.M. and R.S. Anderson, 1982. Observations on the cytochemistry of the hemocytes of an insect, *Galleria mellonella*. *J. Histochem. Cytochem.* **31**: 601-607.
- Chang, B.S., M.J. Moon, S.S. Han, and S.M. Yoe, 1990. Ultrastructure of the hemopoietic organ in *Euprepocnemis shirakii* Bolivar (Orthoptera: Locustidae). *Korean J. Electron Microscopy* **20**: 46-56.
- Chang, B.S., S.M. Yoe, W.K. Kim, and M.J. Moon, 1991. Electron microscopic study on the hemocytic immune responses to the foreign substances in insects.

- II. Encapsulation. *Korean J. Entomol.* **21**: 119-131.
- Chang, B.S., S.M. Yoe, W.K. Kim, and M.J. Moon, 1992. Electron microscopic study on the hemocytic immune responses to the foreign substances in insects. I. Response to gold particles. *Korean J. Zool.* **35**: 58-69.
- Chiang, A.S., A.P. Gupta, and S.S. Han, 1988. Arthropod immune system: I. Comparative light and electron microscopic accounts of immunocytes and other hemocytes of *Blattella germanica* (Dictyoptera: Blattellidae). *J. Morphol.* **198**: 257-267.
- Devauchelle, G., 1971. Etude ultrastructurale des hémocytes du Coléoptère *Melolontha melolontha* (L.). *J. Ultrastruct. Res.* **34**: 492-516.
- Götz, P. and H.G. Boman, 1985. Insect Immunity. In: Comprehensive Insect Phylogeny, Biochemistry and Pharmacology (Kerkut, G.A. and L.I. Gilbert, eds.). Pergamon Press, New York, pp.453-485.
- Gupta, A.P., 1985. Cellular Element in the Hemolymph. In: Comprehensive Insect Phylogeny, Biochemistry and Pharmacology (Kerkut, G.A. and L.I. Gilbert, eds.). Pergamon Press, New York, pp.401-451.
- Gupta, A.P., 1986. Arthropod Immunocytes, In: Hemocytic and Humoral Immunity in Arthropods (Gupta, A.P., ed.). John Wiley & Sons, New Jersey, pp.3-61.
- Gupta, A.P. and D.J. Sutherland, 1967. Phase contrast and histochemical studies of spherule cells in cockroaches (Dictyoptera). *Ann. Entomol. Soc. Amer.* **60**: 557-565.
- Hagopian, M., 1971. Unique structures in the insect granular hemocytes. *J. Ultrastruct. Res.* **36**: 646-658.
- Han, S.S., 1989. Insect immunity. *Korean J. Appl. Entomol.* **28**: 175-191.
- Han, S.S. and 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.
- Neuwirth, M., 1973. The structure of the hemocytes of *Galleria mellonella* (Lepidoptera). *J. Morphol.* **139**: 105-124.
- Raina, A.K., 1976. Ultrastructure of the larval hemocytes of the pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Inter. J. Insect Morphol. Embryol.* **5**: 187-195.
- Ratcliffe, N.A. and C.D. Price, 1974. correlation of light and electron microscopic hemocyte structure in the Dictyoptera. *J. Morphol.* **144**: 485-498.
- Ravindranath, M.H., 1977. A comparative study of the morphology and behaviour of granular haemocytes of arthropods. *Cytologia* **42**: 743-751.
- Rizki, T.M. and R.M. Rizki, 1984. the Cellular Defense System of *Drosophila melanogaster*. In: Insect Ultrastructure (King, R.C. and H. Akai, eds.). Plenum Press, New York, pp.579-604.
- Rosenberger, C.R. and J.C. Jones, 1960. Studies on total blood cell counts of the southern armyworm larva, *Prodenia eridania* (Lepidoptera). *Ann. Entomol. Soc. Amer.* **53**: 351-355.
- Schmit, A.R., A.f. Rowley, and N.A. Ratcliffe, 1977. The role of *Galleria mellonella* hemocytes in melanin formation. *J. Invert. Pathol.* **29**: 232-234.
- Shoura, S.M., 1986. Fine structure of the hemocytes and neprococytes of *Argas (Persicargas) arboreus* (Ixodoidea: Argasidae). *J. Morphol.* **189**: 17-24.
- Wago, H. and 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.
- Zachary, D. and J.A. Hoffmann, 1973. The haemocytes of *Calliphora erythrocephala* (Meig.) (Diptera). *Z. Zellforsch.* **141**: 55-73.

(Accepted July 30, 1992)



---

**Ultrastructure of the Immunocytes of Grasshopper,  
*Euprepocnemis shirakii* Bolivar (Orthoptera: Locustidae)**

Byung Soo Chang, Myung Jin Moon, \*Sung Sik Han, and Sung Moon Yoe (Department of Biology, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea; \*Department of Agricultural Biology, Korea University, Seoul 136-701, Korea)

Morphological and ultrastructural characteristics of immunocytes from the grasshopper, *Euprepocnemis shirakii* Bolivar were described using phase contrast microscopy, scanning and transmission electron microscopy. The immunocytes are of three types :plasmatocytes, granulocytes I and granulocytes II. The plasmatocytes are spindle-shaped and polymorphic cells which show numerous cytoplasmic porcesses on the cell surface and they have lysosomes and vesicles that may be involved in phagocytic function. Especially, multivesicular bodies are observed in the polymorphic cells. The granulocytes I are spherical-shaped cells. They are characterized by a number of electron dense granules measuring 0.2-0.3  $\mu\text{m}$  in average diameter and marginal microtubular bundles which are always in close proximity to the cell membrane. The granulocytes II are oval and spindle-shaped cells. They contain large electron dense granules measuring 0.5-0.8  $\mu\text{m}$  in average diameter. Their cytoplasm is filled with numerous granules.