

붉은줄참새우, *Palaemon macrodactylus*의 안병내 신경성 분비세포의 계절별 분비 활성

김재원[†] · 박기영¹

부경대학교 자원생물학과, ¹강릉대학교 해양생명공학부

Neurosecretory Cell Types and Their Seasonal Secretory Activity in the Eyestalk of *Palaemon macrodactylus*

Jae-Won Kim[†] and Kie-Young Park¹

Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

¹Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea

ABSTRACT : The present paper studied neurosecretory cell types and their seasonal secretory activity in the eyestalk of *Palaemon macrodactylus*.

The samples were monthly collected in Nakdong estuary for one year. The eyestalk consisted of lamina ganglionaris, medulla externa, medulla interna, and medulla terminalis. Four types of neurosecretory, A-, B-, C- and D-cells are found in the eyestalk. The A-cells are located in the medulla externa. Although the B- and C-cells are located in the medulla interna and medulla terminalis, B-cells are predominant in medulla interna and C-cells are usually distributed in medulla terminalis. The size of D-cells are larger than other types of cells in size. The neurosecretory cells except D-cells show a remarkable change with month. The A-, B-, and C-cells are activated from March and April to July, and decreased at August.

Key words : Eyestalk, Neurosecretory cell types, *Palaemon macrodactylus*, Seasonal secretory activity.

요약 : 낙동강 하구역에서 1년 동안 채집한 붉은줄참새우, *Palaemon macrodactylus*를 대상으로 안병내 분포하는 신경성 분비세포의 형태적 특징 및 계절별 분비 활성 변화를 살펴보았다.

안병내의 신경계는 신경 세포층(lamina ganglionaris), 외수(medulla externa), 내수(medulla interna) 및 종수(medulla terminalis)로 구성되어 있다. 그리고 안병내에서 관찰되는 신경성 분비세포는 A, B, C, D 세포 등으로 구분되었고 이들의 형태학적 특징은 다음과 같다.

A 세포의 직경은 약 10 μm 전후로 주로 외수에 세포군을 이루어 분포하고 있으며, B 세포의 직경은 6 μm 전후로 가장 작은 세포이고 핵질이 세포질에 비해 크다. 그리고 C 세포의 직경은 15~20 μm 로 둥근핵을 가지며 내수와 종수에서 B 세포와 세포군을 이루어 분포하고 있으며, D 세포의 직경은 약 20~30 μm 로서 관찰되는 세포중 가장 크며 타원형의 형태를 보이고 있다.

이들 신경성 분비세포의 계절별 분비 활성 변화를 살펴본 결과, 3~4월의 개체에서 A, B 및 C 세포는 활성화되기 시작하여 6~7월에는 대부분의 개체에서 활성적인 신경성 분비세포를 가진 것으로 나타났다. 그러나 8월 이후 대부분의 개체에서 비활성적인 신경성 분비세포를 가지는 것으로 관찰되었다.

서론

붉은줄참새우, *Palaemon macrodactylus*는 갑각강(Crustacea), 징거미새우과(Palaemonidae)에 속하는 종으로 동해, 서해, 남해 등에 널리 분포한다(Kim, 1977). 서식처로는 주로 조

석작용이 강한 하구 지역이나 내해 또는 내만의 얕은 바다이고, 천해의 해조류 군집 사이에 밀집 서식한다. 낙동강 하구 지역에서 붉은줄참새우는 대형 동물군 중의 풍부한 무리의 하나이며, 이들은 유생이나 성체의 형태로 각종 어류 및 철새의 먹이로 이용될 수 있다.

갑각류의 안병, 뇌 및 흉부 신경절에 분포하며, 여러 가지 생리 기작과 관련된 호르몬을 분비하는 신경성 분비세포에 관한 연구로는 참새우, *Palaemon paucidens*의 신경성 분비세포의 종류(Hisano, 1974), 긴빨민새우, *Parapenaeopsis hardwi-*

[†]교신저자: 부산광역시 남구 대연3동 599-1, 부경대학교 자원생물학과. (우) 608-737, (전) 051-620-6260, (팩) 051-620-6260, E-mail: kjw01@hanmail.net

ckii의 안병내 X-organ-sinus gland complex에서 분비되는 호르몬이 난소 발달에 미치는 영향(Kulkarni & Nagabhushanam, 1980), *Macrobrachium nipponense*의 생식소성숙 제어에 미치는 광주기와 안병의 X-organ에 관한 연구(Han and Kim, 1993) 및 *Macrobrachium amazonicum*의 난소 활성화에 미치는 안병내 호르몬 영향(Baqueiro et al., 2003)에 대해서 보고되고 있다. 하지만 붉은줄 참새우에 대해서는 유생 발생(Little, 1969)과 생활사에 따른 에너지수지(chin et al., 1992)에 관한 보고외에 거의 알려진 것이 없다.

따라서 이 연구는 낙동강 하구역에 서식하는 붉은줄참새우, *Palaemon macrodactylus*를 대상으로 안병 내 분비세포를 구분하고 계절에 따른 이들의 분비 활성 변화를 관찰하여 갑각류의 생리 기능에 대한 이해를 돕는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

연구에 사용된 재료인 붉은줄참새우, *Palaemon macrodactylus*는 1년 동안 매월 낙동강 하구 기수 지역에서 소형 저인망으로 채집하였다. 채집된 개체들은 전장을 0.1 mm까지 계측한 후 Bouin's solution에 24시간 고정하였고, 암수 구별은 현미경하에서 해부하여 구별하였다.

조직 표본은 상법인 파라핀 절편법에 의해 포매하여 4~5 μm 두께로 연속 절편하여 핵과 세포질의 구분을 위하여 Mayer Hasen's haematoxylin-0.5% eosin으로 비교염색하였으며, 분비 과립의 유무와 분비 활성 정도를 관찰하기 위해 Gomori's chrome alum haematoxylin-phloxin(CHP) 염색을 하였다.

안병내 신경성 분비세포는 Hisano(1974)가 보고한 참새우에 대한 안병의 조직학적 연구 결과를 기초로 하여 구분하였고, 신경성 분비세포의 활성 정도는 CHP 염색에 대한 염색성의 변화와 세포내 분비 과립의 존재 유무로 관찰하였다.

결 과

1. 안병의 구조

안병의 내부 구조는 안병과 뇌를 연결하는 시엽각(optic lobe peduncle)으로 부터 위로 종수(medulla terminalis), 내수(medulla interna), 외수(medulla externa) 및 신경 세포층(lamina ganglionaris)으로 구성되어 있다(Fig. 1).

Sinus gland는 외수와 내수 사이에 위치하고 있고 주로 액포로 구성되어 있는 감각공 X기관(sensory pore X-organ)은 종수에 위치하며 sinus gland와는 반대 방향에서 관찰된다. 그리고 종수 신경절성 X기관(medulla terminalis ganglionic X-

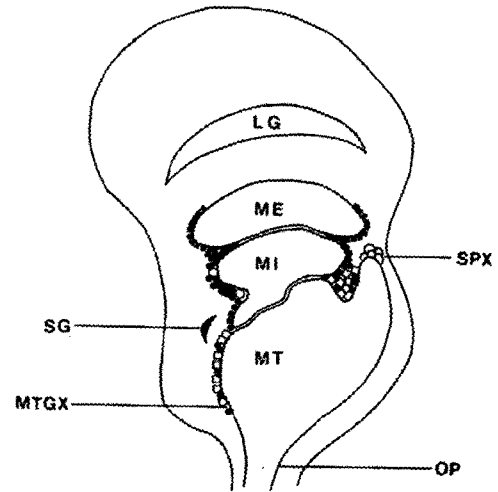


Fig. 1. Diagrammatic illustration of the right eyestalk of *Palaemon macrodactylus*. LG, lamina ganglionaris; ME, medulla externa; MI, medulla interna; MT, medulla terminalis; SG, sinus gland; SPX, sensory pore X-organ; OP, optic lobe peduncle; MTGX, medulla terminalis ganglionic X-organ.

organ)은 종수의 시엽각 쪽에 위치하고 있다.

2. 신경성 분비세포의 분포와 종류

안병에 분포하는 신경성 분비세포를 분포 위치, 크기, 모양, 염색반응 등에 따라 A, B, C, D 등의 4가지 형태의 세포가 관찰되었으며, 각 세포의 분포와 특징은 다음과 같다.

1) A세포

A세포의 크기는 약 10 μm 전후로 둥근핵을 가지며 주로 외수에 세포군을 이루어 분포하고 있다. 활성적인 세포는 CHP에 푸른색으로 염색되고 세포내 분비 과립이 관찰되나 비활성적인 세포는 CHP에 붉게 염색되고 분비 과립도 관찰되지 않았다(Fig. 2-1, 2).

2) B세포

B세포의 크기는 약 6 μm 전후로 안병에 존재하는 세포 중에서 가장 작고, 종수와 내수에 C세포와 같이 세포군을 이루어 분포하고 있으며 내수에 우점적으로 나타난다. 핵은 둥글고 커서 세포질의 대부분을 차지한다. 활성적인 세포는 CHP에 푸른색으로 염색되고 핵내에 분비 과립을 관찰할 수 있으나, 비활성적인 세포는 CHP에 붉게 염색되고 핵내의 분비 과립을 관찰할 수 없다(Fig. 2-3,4).

3) C세포

C세포의 크기는 약 15~20 μm 로 둥근핵을 가지고 B세포와

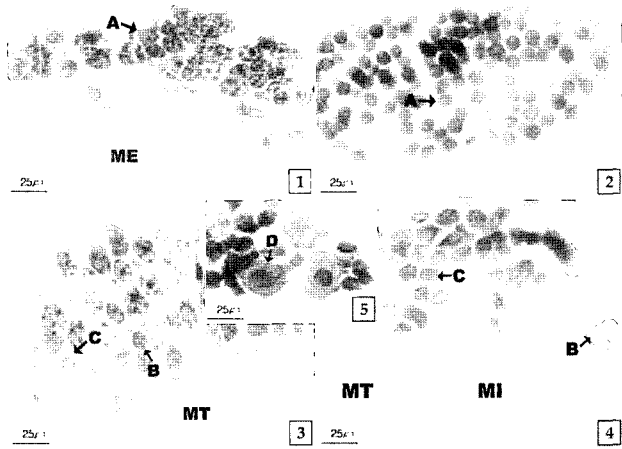


Fig. 2. Comparational photograph of neurosecretory cell types with distribution and characteristic of the cells in *Palaemon macrodactylus*. 1, A cells of active condition. 2, A cells of inactive condition. 3, B and C cells of active condition. 4, B and C cells of inactive condition. 5, D cell. ME, medulla externa. MI, medulla interna, MT, medulla terminalis. A, A cell; B, B cell; C, C cell; D, D cell.

같이 세포군을 이루어 내수와 종수에 분포하며 종수에 더 우점적으로 나타난다. 활성적인 세포는 CHP에 푸른색으로 염색되며 세포질 내에 분비과립이 관찰되었다. 그리고 비활성적인 세포는 CHP에 붉게 염색되며 세포질에서 분비과립이 관찰되지 않았다(Fig. 2-3, 4).

4) D세포

D세포의 크기는 약 20~30 µm로 안병에 분포하는 세포 중 가장 크고 내수에 주로 분포하는 것을 관찰할 수 있었다. 세포의 형태는 타원형이고 CHP에서 핵이 적색으로 진하게 염색되었다(Fig. 2~5).

이상의 안병에 분포하는 4종류의 신경성 분비세포의 특징을 종합하면 Table 1에 나타난 바와 같다.

Table 1. Morphological characteristics of the neurosecretory cells in the eyestalk of *Palaemon macrodactylus*

Cell type	Cell diameter(µm)	Locality	Shape	CHP reaction
A	9~11	medulla externa	round	(+)
B	5~7	medulla interna medulla terminalis	round	(+)
C	15~20	medulla interna medulla terminalis	round	(+)
D	20~30	medulla interna	round	(-)

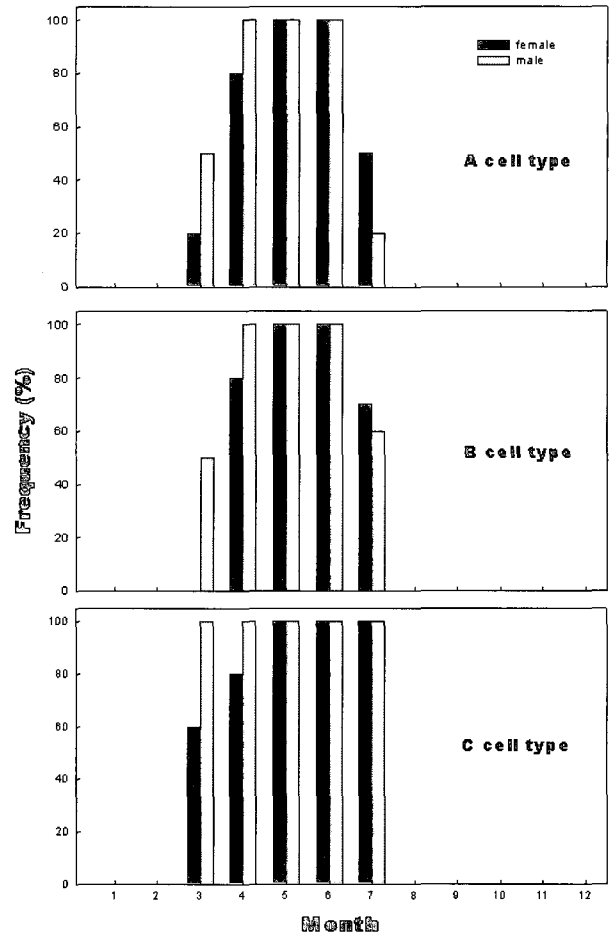


Fig. 3. Monthly frequency of *Palaemon macrodactylus* with active neurosecretory cells of the eyestalk.

3. 신경성 분비세포의 계절별 분비 활성 변화

안병에서 관찰되는 신경성 분비세포 중에서 CHP 염색에 음성 반응을 나타내며 세포내 분비과립의 존재가 확인되지 않는 D세포를 제외한 A, B 및 C세포들의 암컷과 수컷의 계절별 분비 활성을 나타내는 개체의 매달 출현 빈도수를 조사한 결과는 다음과 같다(Fig. 3).

1) A세포

암컷은 3월부터 활성적인 분비세포를 가진 개체들이 약간씩 나타나기 시작하여 4월부터 6월까지의 대부분의 개체가 활성적인 분비세포를 가지고 있다. 그리고 7월부터 절반으로 감소하다가 이후 8월말부터는 채집 개체 대부분이 비활성적인 분비세포를 가지는 것으로 관찰되었다.

수컷은 3월에 활성적인 분비세포를 가진 개체들이 일부 나타나기 시작하고 4월부터 대부분의 개체에서 활성적인 분비세포를 가지며, 이후 6월부터 활성적인 분비세포를 가진 개체들이 감소하기 시작하여 7월부터는 대부분의 개체가 비활

성 상태의 분비세포를 가지는 것으로 관찰되었다.

2) B세포

암컷은 4월부터 활성적인 분비세포를 가진 개체들이 나타나기 시작하여 5월부터 7월까지 대부분의 개체에서 활성적인 분비세포가 관찰되었으며, 이후 8월부터 대부분의 개체에서 비활성 상태에 있는 세포가 관찰되었다.

수컷은 3월부터 활성상태의 분비세포가 일부 나타나기 시작하여 5, 6월에 활성상태를 가지다가 7월에 감소하기 시작하여 8월부터 대부분 개체가 비활성 상태의 신경성 분비세포를 가지는 것으로 관찰되었다.

3) C세포

암컷은 3월부터 활성적인 분비세포를 가진 개체들이 약간씩 나타나기 시작하여 4월부터 7월까지 대부분 개체에서 활성적인 분비세포가 관찰되었으며, 이후 8월부터는 대부분 개체에서 비활성 상태에 있는 세포가 관찰되었다.

수컷은 3월부터 7월까지 대부분 활성상태를 보였으며, 8월 이후 비활성 상태의 신경성 분비세포를 가지는 것으로 관찰되었다.

고 찰

갑각류 내분비학은 호르몬의 다양한 기능, 전이경로, 다양한 조직에서 여러 형태의 호르몬 발현에 대해 매년 상당량의 연구가 되고 있는 분야이다(Zapata et al., 2003). 십각목에서는 눈은 유동적인 줄기로 되어 있고, 안병은 성장, 탈피, 대사율, 심장 박동수, 당과 단백질의 대사, 체내 수분조절, 색소 분산과 성 활성화와 같은 기능을 조절하는 다양한 호르몬 또는 내적 요인을 조절한다고 알려져 있다(Adiyodi & Adiyodi, 1970).

붉은줄참새우의 안병은 신경 세포층, 외수, 내수, 그리고 종수로 구성되어 있으며, sinus gland는 외수와 내수 사이에, X기관 즉 감각공 X기관과 종수신경절성 X 기관은 종수에 위치하는 것으로 관찰되었는데 이러한 안병의 구조는 *Palaemonetes*(Hubschman; 1963)와 *Palaemon serratus* (Bellon-Humbert et al., 1981)의 안병 구조와 아주 유사한 것으로 나타났다. 본 실험종의 안병에서는 모두 4종류의 신경성 분비세포가 나타났는데, 줄새우의 안병 내 신경성 분비세포 형태에 대한 광학 현미경적 연구에 의하면 외수, 내수, 종수에 6종류의 신경성 분비세포로 구별되어지며(Hisano, 1974), Van Herp et al. (1981)은 *Palaemon serratus*의 조직학적 연구에서 7종류의 신경성 분비세포를 관찰하였다. Han & Kim(1993)은 징거미

새우의 외수에서 4종류와 종수의 2개 X-organ에서 3종류의 신경성 분비세포를 나타난다고 하였으며, Tsai et al.(2001)은 홍다리 얼룩새우, *Penaeus monodon*의 안병에서 7가지 형태의 신경성 분비세포를 관찰하였다.

이들 신경성 분비세포의 조직학적 연구는 세포의 분포 위치, 크기, 핵변화, 액포 형성, 과립 형성 외에 분비물의 방출방법 등의 다양한 면에서 관찰되며, 세포형에 대한 견해가 연구자에 따라 많은 차이를 가지므로 세포형을 통합하기는 아직 어렵다고 생각된다.

붉은줄참새우의 A세포는 줄새우(Hisano, 1974)의 Type II-cell과 비교시 그 모양과 크기 및 주로 외수에서 세포군을 이루어 분포하고 있는 점 등에서 유사한 것으로 나타났다. 실험종의 B세포는 내수에서 우점적이고 내수와 종수에 분포하며 세포 크기가 6 μm 전후로 신경성 분비세포 중에서 가장 작은 세포로 *Cambarus virilis*의 Type 4 cell(Durand, 1956), *Paragrapsus gaimardii*의 "small cell" (Lake, 1970) 및 줄새우의 Type IV-cell(Hisano, 1974)과 유사한 것으로 관찰되었다. 실험종의 C세포는 종수에 우점적으로 세포군을 이루며 내수, 종수 그리고 종수신경절성 X기관 등에 분포하고 크기가 약 15~20 μm 전후이며 등근핵을 가지는 점 등이 *Cambarus virilis*(Durand, 1956)의 Type 3 cell 및 줄새우의 Type III-cell(Hisano, 1974) 등과 유사하다고 생각된다. 실험종의 D세포는 안병의 내수에 분포하며 크기가 20~30 μm 로 신경성 분비세포 중에서 가장 크고, 세포 형태가 타원형인 점으로 보아 줄새우의 Type I-cell(Hisano, 1974)과 아주 유사하였다.

이상으로 본 바와 같이 갑각류 신경 분비에 관한 많은 문헌에도 불구하고 신경성 분비세포의 분류는 불충분하고 심지어 안병에서 분류되는 세포 형태의 정확한 수조차도 연구자들에 따라 많은 차이를 보이는데, 이는 종간의 차이라고 사료되나 차후 점진적으로 밝혀져야 하겠다.

갑각류 안병은 광범위한 부분에서 생리적 기능을 조절하는 신경호르몬을 가지며(Garcia & Arechiga, 1998), 안병내 호르몬이 *Macrobrachium amazonicum*의 생식소 활성화에 영향을 준다고 하였다(Han & Kim, 1993; Baqueiro et al., 2003). 갑각류에서 안병의 조직학적 관찰만으로 안병 내 분포하는 신경성 분비세포의 정확한 기능 규명은 어려운 것으로 생각되나, 아직까지는 이들 분비세포의 활성화와 비활성 상태의 구분만으로 신경성 분비세포의 생리적 상태와 그 관련 기능을 추정하고 있다(Matsumoto, 1958; Meusy & Payen, 1988). 붉은줄참새우 안병에서는 모두 4종류의 신경성 분비세포가 관찰 분류되었으나 이 중 D세포를 제외하고 A, B 및 C세포의 3종류만이 3~5월(봄)과 6~7월(여름)에 활성 변화를 나타내었는데, 이들 활성 변화를 Kim(1993)의 생식주기와 연관시켜볼 때 난소

와 정소가 성장, 성숙 및 완숙하는 시기인 봄과 여름에 활발한 활성을 나타내었다. 이러한 결과는 Matsumoto(1958)가 게류의 연구에서 관찰한 Y-cell은 *Potamon dehaani*, *Sesarma intermedia*, *Neptunus trituberculatus*의 3종에서 생식시기인 여름에 활성화되고, α 와 β -cell은 *Potamon dehaani*와 *Sesarma intermedia*에서 여름에 활성적이고, 비산란기인 겨울에 비활성적으로 된다는 것과 비교할 때 그 형태, 기능적 면에서도 유사한 것으로 나타났다. 따라서 생식주기에 따른 이러한 세포 활성의 변화로 추측할 때 이들 3종류의 신경성 분비세포들은 모두 생식소 발달과 직·간접적으로 관계가 있는 것으로 생각된다.

이와 같이 안병에 분포하는 신경성 분비세포는 여러 가지 생리기능과 연관이 있는 것으로 보이기 때문에 각 신경성 분비세포의 세포적인 연구에 대해 더욱 확실하게 하는 게 중요한 일이며, 안병 내 신경성 분비세포의 기능에 대해서는 전자현미경적 연구와 생화학적 연구와 같은 다른 방법에 의해서도 다루어져야 하겠다.

인용문헌

- Adiyodi KG, Adiyodi RG (1970) Endocrine control of reproduction in decapoda crustacea. *Biol Rev* 45:121-165.
- Baqueiro T, Santos GV, Gomes MGS, Souza L, Correa AMA (2003) Effects of dopamine and monoablation of eyestalk on the reproduction and moult activity in *Macrobrachium amazonicum*. *Acta Biol Leopold* 25:81-91.
- Bellon-Humbert C, Van Herp F, Strolenberg GECM, Denuce JM (1981) Histological and physiological aspects of the medulla externa X-organ, a neurosecretory cell group in the eyestalk of *Palaemon serratus* Pennant (Crustacea, Decapoda, Natantia). *Biol Bull* 160:11-30.
- Chin P, Kim HY, Shin YK (1992) Energy budgets for the development stages of *Palaemon macrodactylus*. *Bull Kor Fish Soc* 25:341-358.
- Durand JB (1956) Neurosecretory cell types and their secretory activity in the crayfish. *Biol Bull* 111:62-69.
- Garcia U, Arechiga H (1998) Regulation of crustacean neurosecretory cell activity. *Cell Mol Neurobiol* 18:81-99.
- Han CH, Kim DJ (1993) Studies on the X-organ of eyestalk and the photoperiod for the control of gonadal maturation in a freshwater prawn, *Macrobrachium nipponense*(De Haan) 26: 76-90.
- Hisano S (1974) The eyestalk neurosecretory cell types in the freshwater prawn, *Palaemon paucidens*. I. A light microscopical study. *J Fac Sci Hokkaido Univ Ser VI Zool* 19:503-514.
- Hubschman JH (1963) Development and function of neurosecretory sites in the eyestalk of larval *Palaemonetes*. *Biol Bull* 125:96-113.
- Kim HS (1977) Illustrated Flora and Fauna of Korea. Vol 19 (Macrura), Ministry of Education of Korea. pp195-198.
- Kim JW (1993) Histological study of neurosecretory cells in the eyestalk with gonadal development of *Palaemon macrodactylus*. Thesis for the Degree of Master thesis, Nat Fish Uni Busan Korea. pp36.
- Kulkarni GK, Nagabhushanam R (1980) Role of ovary-inhibiting hormone from eyestalks of marine penaeid prawns (*Parapenaeopsis hardwickii*) during ovarian developmental cycle. *Aquaculture* 19:13-19.
- Lake PS (1970) Histological and histochemical observations of the cephalic neurosecretory system of the crab, *Paragrapsus gaimardii* (H. Milne Edwards). *Proc Roy Soc Tasmania* 105:87-96.
- Little G (1969) The larval development of the shrimp, *Palaemon macrodactylus* Rathbum, reared in the laboratory, and the effect of eyestalk extirpation on development. *Crust* 17:69-87.
- Matsumoto K (1958) Morphological studies on the neurosecretion in crabs. *Bio J Okayama Univ* 4:103-160.
- Meusy JJ, Payen GG (1988) Female reproduction in Malacostracan. *Crust Zool Sci* 5:217-265.
- Tsai YJ, Shih TW, Chang CF (2001) Characterization of nerve cells and molt-inhibiting hormone neurosecretory cells in the eyestalk of *Penaeus mondon*. 6th Asian Fisheries Forum Book of Abstracts. p. 310.
- Van Herp F, Bellon-Humbert C, Luub JM, Wormhoudt A (1981) Histological and physiological aspects of the medulla externa X-organ, A neurosecretory cell group in the eyestalk of *Palaemon serratus* Pennant (Crustacea, Decapoda, Natantia). *Biol Bull* 160:11-30.
- Zapata V, López Greco LS, Medesani D, Rodriguez EM (2003) Ovarian growth in the crab *Chasmagnathus granulata* induced by hormones and neuroregulators throughout the year. *In vivo and in vitro* studies. *Aquaculture* 224:339-352.