

# 제주항 내에 서식하는 신복족류 *Thais clavigera*의 연중 생식주기 및 임포섹스 현상에 관한연구

양현성, 김봉규, 박흥식<sup>1</sup>, 최광식

제주대학교 해양과학대학 해양의생명과학부, <sup>1</sup>한국해양연구원 해양생물자원연구부

## Report on the Annual Reproductive Cycle and Imposex Phenomenon of the Rock-Shell, *Thais clavigera* in Jeju Port

Hyun-Sung Yang, Bong-Kyu Kim, Heung-Sik Park<sup>1</sup> and Kwang-Sik Choi

Faculty of Marine Biomedical Sciences (POST BK 21), Jeju National University 66 Jejudaehakno, Jeju 690-756 Republic of Korea

<sup>1</sup>Marine Living Resources Research Department, Korea Ocean Research & Development Institute, Ansan P.O.Box 29, Seoul 426-744, Republic of Korea

### ABSTRACT

Annual gonad development of the rock shell, *Thais clavigera* distributed in Jeju Port was investigated over a 12 month period from March 1998 to February 1999. Monthly change in gonad development was examined using histology. Gametogenesis of *T. clavigera* in the study area initiated as early as in October and fully ripe eggs could be observed from May to July. Percent gonad area (PGA) also increased rapidly from May to July then dropped in August when the water temperature remained 22.6-24.5 °C, suggesting that rock shell released their eggs during this period. All female rock shell collected during the course of study exhibited pseudo-penis in the head, indicating that a certain level of imposex had progressed in the study site. Relative penis size index (RPSI), an indicator of level of imposex phenomenon varied 59.5-173.4% and this value was relatively higher than the index reported from elsewhere. It was believed that such imposex phenomenon observed in *T. clavigera* was caused by endocrine disruption by chemical contaminants such as TBTs released from biocidal paints in the port environment.

**Key words:** *Thais clavigera*, Gametogenesis, Reproduction, Imposex

### 서론

대수리, *Thais clavigera*는 연체동물문 (Phylum Mollusca), 복족강 (Class Gastropoda), 신복족목 (Order Neogastropoda)에 속하는 고둥류로 우리나라를 비롯한 일본, 홍콩, 대만 등지의 전 연안 조간대 지역에서부터 조하대 수심 20 m 사이에 분포하며 바위틈이나 웅덩이에 밀집해 서식하는 포식성 패류이다 (Choe, 1992 Horiguchi *et al.*, 1997; Blackmore, 2000; Hung *et al.*, 2001). 대수리는 신복족류

의 다른 패류처럼 번식에 있어 암,수가 교미를 하는 종으로 수컷은 머리의 더듬이 사이에 웅성생식기를 갖고 있어 육안으로도 암수 구분이 가능한 종이다. 이들은 번식시기에 암,수가 한 곳에 무리를 지어 짝짓기를 하며 암컷은 수정된 알을 알집을 만들어 조간대 바위 위에 붙이는 습성을 지닌다 (Beesley *et al.*, 1998).

패류의 생식주기에 관한 연구는 수산유용자원의 경우 자원 증대와 양식기술 개발 목적 등의 주로 기초 생물학적 자료를 제공하기 위해 수행되어 왔다. 반면, 상업성이 없는 대수리와 같은 패류의 경우 이런 기초 생물학적 연구가 매우 미진한 실정이다. 신복족류에 속하는 대수리와 같은 고둥류는 특징적으로 머리에 해당하는 부위에 생식기를 갖는다. 따라서 다른 고둥류와 달리 웅성 성기 (penis) 의 유무로 이들의 성을 쉽게 구별할 수 있다. 그러나 암컷에서도 수컷의 성기 (penis) 를 갖는 imposex 현상이 나타나 육안으로 암수를 구분하는 것이

Received December 29, 2009; Revised January 15, 2010; Accepted February 11, 2010

Corresponding author: Kwang-Sik Choi  
Tel: +82 (64) 754-3522 e-mail: skchoi@jejunu.ac.kr  
1225-3480/24341

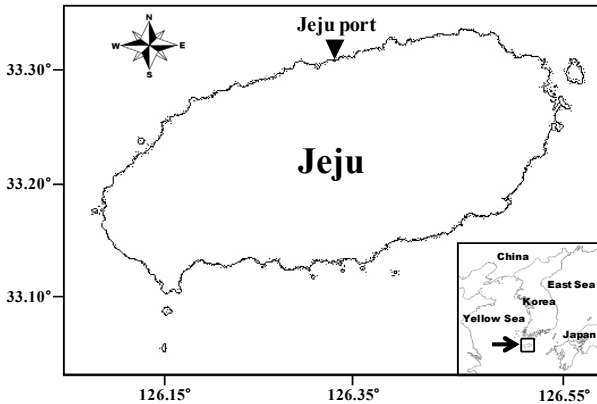


Fig. 1. Location of the sampling site (▼).

어려워졌다.

Imposex란 유기주석화합물 등이 암컷의 내분비계통에 이상을 유발하여 신복족류의 암컷이 수컷의 성기 (penis)를 갖는 현상이다 (Gibbs and Bryan, 1996 An, 1998). Bryan *et al.*, (1986)은 유기주석화합물을 먹이나 물을 통해 복족류에 주입하여 실험한 결과, tributyltin (TBT)이 이들 복족류의 imposex를 유발하는 것을 보고한 바 있다. Gibbs and Bryan (1996)의 연구 결과에 따르면, 세계적으로 약 16종의 신복족류에서 imposex 현상이 발견되었다. Imposex의 진행 정도를 측정하는 방법으로, 수컷 penis 길이에 대한 imposex 화 된 암컷에 나타나는 penis 길이의 상대적인 비율을 지수로 삼는 RPSI (relative penis size index, RPSI) 는 유기주석 화합물에 의한 신복족류의 imposex 현상을 규명하는데 널리 쓰이고 있다 (Stewart *et al.*, 1992; Stroben *et al.*, 1992; Wilson *et al.*, 1993; Horiguchi *et al.*, 1997).

제주항은 대형선박인 여객선과 소형 어선이 이용하는 항으로 항 내의 조간대 암반에는 대수리가 서식하고 있다. 선행연구 결과, 제주항에 서식하고 있는 대수리의 경우, 수컷 (true male)과 imposex화 된 암컷 (psuedo male)모두 페니스가 있어 육안으로는 대수리의 성 구분이 되지 않았다. 따라서, 이 연구는 조직학적 관찰을 통하여 암·수 구분 및 생식주기에 따른 성 성숙 정도를 관찰하고, 임포섹스 출현율을 조사하여 제주항에 서식하는 신복족류인 대수리의 번식생리학적 특성과 임포섹스 현상 등 기초적 연구 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료 채집 및 연구지역

제주항은 제주도의 북부 중앙에 위치하고 있으며, 개항장이고 무역항으로 항만의 경계는 서방과제 첨단 1 km에서 사라봉 동단과 화북포구 서단 중간을 연결한 선내로 항내 수면적은

7,904 × 106 m<sup>2</sup>, 임항지구 면적은 4,404 m<sup>2</sup>, 항내 수심은 1.5-14.3 m 이다. 분석에 이용된 대수리, *T. clavigera*는 1998년 3월부터 1999년 2월까지 항내의 조간대 암반에서 (Fig. 1) 에서 매월 22-51개체씩 채집하였으며, 시료는 곧장 실험실로 옮겨 각장 (Shell Length, SL) 및 각고 (Shell Width, SW) 는 vernier caliper를 이용하여 측정하였다. 체중량 (tissue wet weight, g) 은 망치와 메스를 이용하여 조심스럽게 패각을 제거한 후 패각 내 육질의 수분을 충분히 제거한 후 전자저울을 이용하여 측정하였다.

### 2. 조직학적 관찰

조직학적 관찰을 위하여 3-5 mm 두께로 소화선 (digestive gland) 과 생식소 (gonad)가 포함될 수 있도록 신장 바로 밑 부분을 절단하였다. 잘려진 조직은 Bouin's 고정액에 24 시간 고정하여 12 시간 동안 흐르는 물에 수세하고 이 후 파라핀 블록 제작 전까지 70% 에탄올에 보관하였다. 생식소 관찰을 위한 조직 슬라이드는 Powell *et al.* (1993) 의 방법에 따라 단계별 알콜을 이용하여 탈수한 뒤 파라핀에 포매 하였다. 포매된 조직 시료는 마이크로톰을 사용해 6 μm 두께로 절단하여 절편을 제작한 후, Harris' Hematoxylin과 Eosin Y (Howard and Smith, 1983; Powell *et al.*, 1993) 로 비교 염색하였고, 이후 광학 현미경을 이용하여 생식세포의 발달과정을 관찰하였다. 대수리의 생식소 발달단계는 휴지기 (resting stage), 초기발달기 (early developing stage), 후기발달기 (late developing stage), 성숙기 (ripe stage), 산란기 (spawning stage), 소모기 (spent stage) 등, 총 6 단계로 구분하였다 (Byrne, 1990). 생식소 단면적 지수 (Percent gonad area, PGA) 의 측정은 조직학적 관찰을 위해 제작된 슬라이드에서 전체 단면적과 생식소가 차지하는 단면적의 비율을 컴퓨터 화상분석 소프트웨어를 이용하여 (Image Pro<sup>®</sup>) 측정하였고, 계산식은 아래 (1)과 같다.

$$\text{생식소단면적지수 (PGA)} = \frac{\text{생식소단면적 (mm}^2\text{)}}{\text{전체단면적 (mm}^2\text{)}} \times 100 \dots(1)$$

### 3. Relative penis size index (RPSI)

Imposex 현상의 진행 정도를 측정하기 위해 각각의 대수리에서 떼어낸 penis를 10 mm scale bar가 부착된 슬라이드 글라스에 도말하여 커버글라스를 덮은 후, 스캐너로 scanning 하여 컴퓨터 화상분석 소프트웨어를 이용하여 길이를 측정하였다 (Fig. 2). Imposex rate는 대수리의 수컷 (true male)과 imposex 화 된 암컷 (pseudo male) 을 대상으로 penis길이를 측정 후, Gibbs *et al.*, (1987) 의 방법에 따라 true male의 penis 길이와 imposex화 된 pseudo male penis의 상대적인 비율을 추정하였으며, 계산식은 아래 (2) 와 같다.

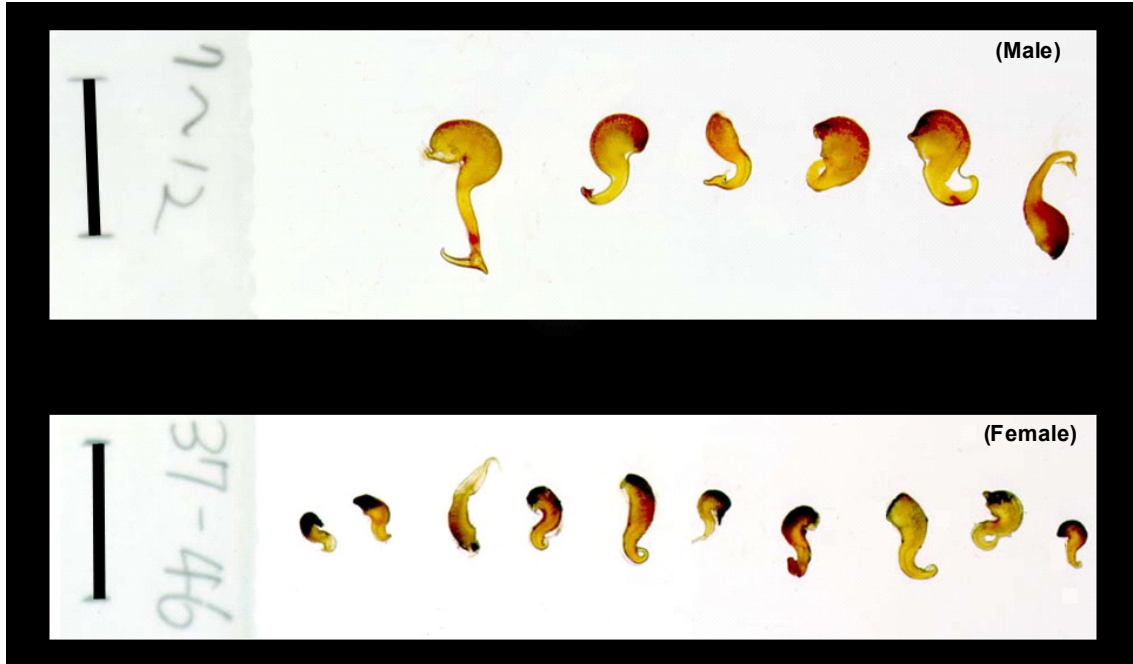


Fig. 2. Scanned image of penis used in the analysis of penis length using Image Pro<sup>®</sup> image analyzing software. Scale bar = 10 mm.

Table 1. Shell length (SL, mm), shell width (SW, mm) and tissue wet weight (TWT, g) of *Thais clavigera* collected from Jeju Port from March 1998 to February 1999. SD=standard deviation

Date	SL (mean±SD)	SW (mean±SD)	TWT (mean±SD)
980328	27.8 ± 2.9	17.3 ± 1.7	1.01 ± 0.28
980425	26.5 ± 3.1	16.6 ± 1.7	1.10 ± 0.32
980524	25.8 ± 2.3	17.0 ± 1.5	0.87 ± 0.25
980625	27.1 ± 3.5	17.7 ± 2.0	1.05 ± 0.37
980720	27.8 ± 2.2	17.8 ± 1.4	1.09 ± 0.27
980820	24.3 ± 2.3	15.0 ± 1.5	0.85 ± 0.22
980923	22.0 ± 3.7	13.4 ± 2.2	0.55 ± 0.22
981031	24.8 ± 3.1	15.0 ± 1.7	0.77 ± 0.25
981124	20.1 ± 5.0	12.9 ± 3.2	0.57 ± 0.39
981228	19.2 ± 3.5	11.1 ± 2.0	0.29 ± 0.18
990128	19.9 ± 2.7	11.6 ± 1.5	0.31 ± 0.13
990228	21.4 ± 2.8	12.7 ± 2.2	0.43 ± 0.16

$$RPSI (\%) = (\text{female penis length (mm)})^3 / (\text{male penis length (mm)})^3 \times 100 \dots (2)$$

**결과 및 고찰**

**1. Biometry of rock shell used in the experiment**

제주항 조간대에 서식하는 대수리 총 542개체를 1998년 3월부터 1999년 2월까지 채집하여 생식소 발달과정 및 임포섹스 현상을 관찰한 결과, 암컷이 241개체, 수컷이 206개체로 나타났으며 모든 암컷에서 페니스가 관찰이 되었다. 대수리의

월별 평균 각장 (SL)과 각폭 (SW)의 범위는 각각 19.2 (December)-27.8 (July) mm와 11.1 (December)-17.8 (July) mm로 조사되었다. 체중량 (tissue wet weight)의 월별 평균 변화는 0.29-1.10 g으로 98년 4월에 채집된 개체들이 평균 1.10 g으로 가장 높게 나타났고, 98년 12월 (0.29)에 채집된 개체에서 가장 낮게 조사되었다 (Table 1).

**2. 연구지역의 수온변화**

연구 지역의 수온 데이터는 국립해양조사원의 연안정지 관측자료를 인용하였다 (National Oceanographic Research

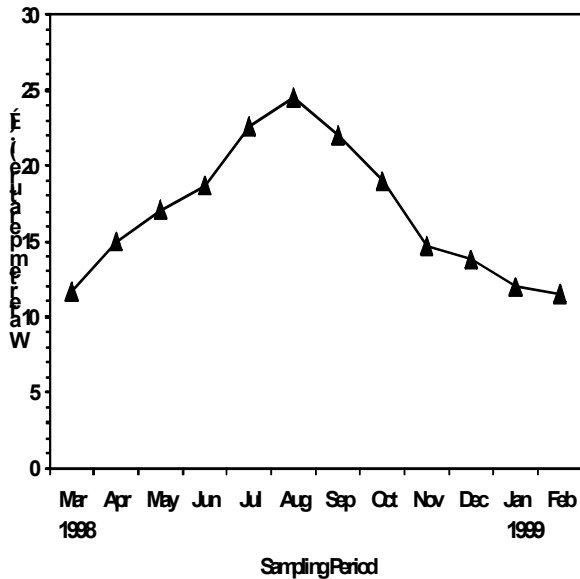


Fig. 3. Monthly fluctuations of water temperature in Jeju during the course of study.

Institute, <http://www.nori.go.kr>). 연구기간 수온의 범위는 11.5-24.5°C 였고, 1998년 2월 (11.7°C)부터 상승하기 시작한 수온은 8월 24.5°C로 최고 수온을 나타낸 이후 1999년 2월까지 서서히 낮아졌다 (Fig. 3).

### 3. 연중 생식소 발달

대수리 생식소는 패각 내 나선상 육질부 하단에서부터 꼬리 돌기까지 위치하고 있다. 대수리의 암수 구분은 육안으로 관찰이 가능한데, 완숙기 이전의 생식소는 검은색을 띠고 있으며, 완숙기 상태의 암컷과 수컷은 각각 노란색과 갈색을 나타낸다. 산란 이후, 대수리의 생식소 관찰은 육안으로 구분하기 어려워진다.

대수리의 연중 난소 발달은 Fig. 4와 같다. Fig. 4A는 대수리 암컷의 초기 발달기 상태로서, 난원세포 (Oogonia, Og)가 소엽상피벽에 분포하고 있고 아직 발달중인 난모세포 (Oocyte, Oc)와 소수의 난황과립 (Eosionphilic yolk granules, Eyg)이 소엽 내 존재하고 있다. Fig. 4B는 후기 발달기로, 이 시기에는 소엽 내부가 확장되고 난모세포는 소엽 중앙을 향해 발달하고 있으며 난황과립의 급격한 증가가 관찰된다. Fig. 4C는 성숙기 상태를 나타내고 있으며, 소엽 내부가 최대 팽창되고 완숙한 알 (Mature oocyte, Mo)과 함께 크고 작은 난황과립이 생식소를 가득 채우고 있는 것이 관찰되었다. 산란기에는 산란과 함께 성숙난이 빠져나가 곳곳에 빈 공간들이 나타나고, 다수의 난황과립과 일부 잔여 난 (Relict oocyte, Ro)들이 관찰된다 (Fig. 4D). 소모기에는 소엽 상피

의 수축이 일어나고 일부 잔여 난 (Ro)과 소수의 난황과립 (Eyg)이 관찰된다 (Fig. 4E).

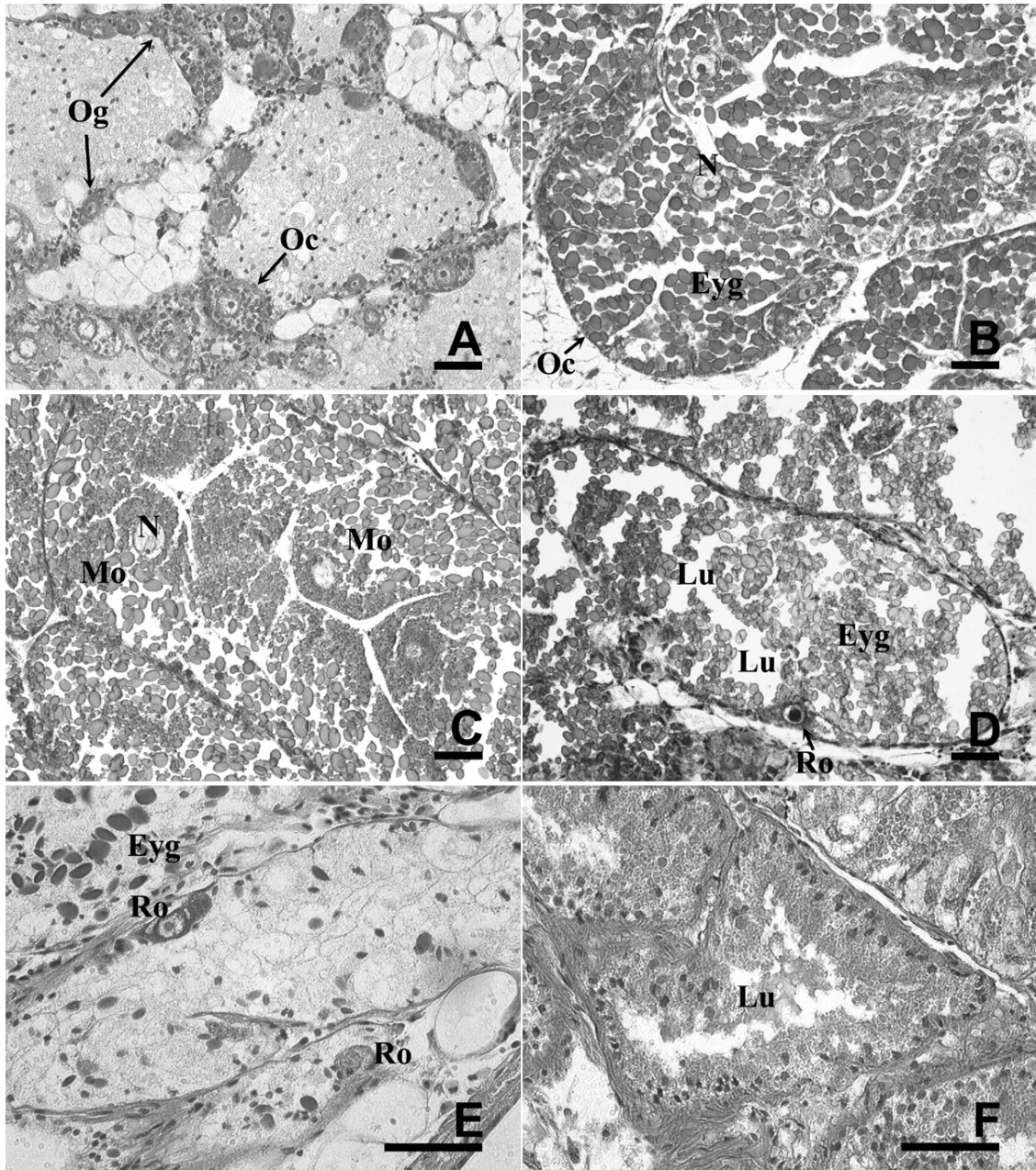
대수리 정소의 계절에 따른 연중 변화는 Fig. 5와 같다. Fig. 5A는 정모세포 (Spermatocyte, Sc)가 소엽상피 주위에 분포하고 있고, 소엽 중앙에는 적은 수의 정자세포 (Spermatid, St)가 관찰되는 초기 발달기 상태를 나타내고 있다. 후기 발달기에서는 소엽이 확장되고 정모세포 (Sc), 정자세포 (St)가 소엽 상피 주위에서 관찰되고, 소엽 중앙에는 성숙한 정자 (Spermatozoa, Sz)가 처음 나타나기 시작한다 (Fig. 5B). 성숙기의 소엽은 최대 팽창되어지고, 팽창된 소엽안에 성숙한 정자 (Sz)로 가득 채워진다 (Fig. 5C). 방정기에는 소엽 내부에서부터 일부 정자의 방출이 시작되어 빈공간이 형성되고 소엽 외벽에는 방출되지 않은 정자들이 자리하고 있다 (Fig. 5D). 방정 후에는 소엽이 급속하게 수축되고, 소수의 잔여 정자들이 관찰되었다 (Fig. 5E). 휴지기의 경우, 어떤 생식소도 관찰되지 않아 생식소 발달 단계를 구분하기 어려웠다 (Fig. 4F, 5F).

조사기간 동안 채집된 대수리의 난소와 정소의 생식소 발달 빈도는 Fig. 6와 같다. 대수리 난소 발달의 경우 연구가 시작된 1998년 3월과 4월의 경우 주로 초기발달기와 후기발달기의 생식소들이 관찰되었다. 4월 첫 성숙한 개체 (3.8%)가 나타났고, 5월에는 대부분 성숙한 개체들이었으며 (92%) 첫 산란이 관찰되었다 (4.0%). 산란은 6월부터 8월까지 꾸준히 진행되었으며, 8월의 경우 산란후기 현상들인 소모기 (36.1%)와 휴지기 (38.9%) 상태의 개체가 관찰되었다. 9월 달에는 휴지기 상태의 개체 (89.3%)들이 집중적으로 나타났으며, 10월에는 다시 초기발달 (29.4%)을 시작하여 이후 점점 그 빈도가 증가하였다.

대수리 정소 발달의 경우, 3월 초기 발달기 (40%)와 후기 발달기 (60%) 상태의 개체들이 대부분 차지하였다. 성숙한 개체는 4월 (40.9%)에 처음 나타났고, 6월까지 계속 관찰이 되었다. 5월의 경우 대부분 성숙한 개체들로 관찰이 되었지만 이때 처음 방정이 나타났다. 6월 (52.6%)과 7월 (80.8%)에 대부분의 개체들에서 방정을 하였고, 8월과 9월에는 소모기와 휴지기 현상의 개체들이 대부분이었다. 대수리 정소의 초기 발달은 난소 발달과 마찬가지로 10월에 다시 시작되었다.

### 4. 생식소단면적지수 (Percent Gonad Area: PGA)

월별 PGA의 변화는 Fig. 7과 같다. 1998년 3월의 PGA는 암수 각각 10.8%와 17.8%로 나타났고, 이후 7월까지 급격히 증가하는 양상을 보였다. 7월 평균 PGA는 암수 각각 44.2%와 50.3%로 연중 최고 수치를 나타냈고, 8월 암수 모두 급격히 낮아지는 것으로 보아 7월과 8월 사이에 산란이 끝난 것으로 사료된다. 9월 이후 PGA는 연구 종료 시점인 1999년 2월 까지 암컷 (10.7-14.7%)과 수컷 (11.5-16.6%) 모두 비슷한



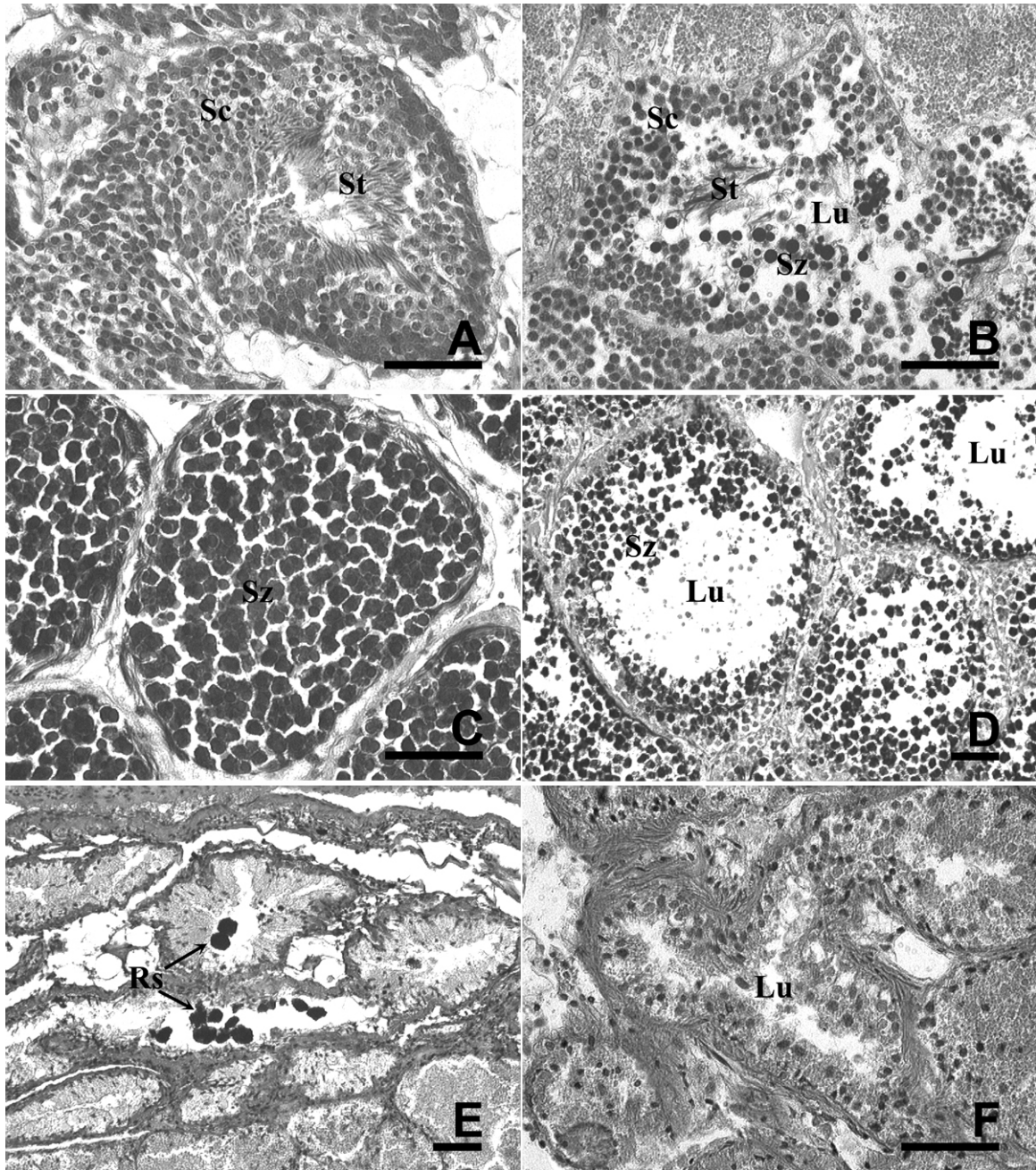
**Fig. 4.** Photomicrographs of ovarian development of *Thais clavigera*. (A) Early development stage: Oogonia (OG), Oocytes (Oc); (B) Late development stage: Nuclear (N), Eosinophilic yolk granules (Eyg) (C) Ripe stage: Mature oocyte (Mo) (D) Spawning stage: Relict Oocyte (Ro), Lumen (Lu); (E) Spent stage; (F) Resting stage. Scale bar = 50 μm.

수준의 값을 보이고 있었다.

### 5. RPSI

대수리 수컷과 암컷의 월 평균 penis 길이와 imposex의 정도를 나타내는 RPSI의 연중 변화는 Fig. 8과 같다. 수컷의 월 평균 penis 길이는 3.4-15.7 mm의 범위를 보였고, imposex

화 되어 나타난 암컷의 월 평균 penis 길이는 4.1-14.6 mm로 나타났다. RPSI는 연구기간 월 평균 100%를 상회하고 있었으며, 범위는 59.5-173.4%로 1998년 12월 (173.4%)에 가장 높게 조사되었다. 이번 연구에서 조사된 암컷의 경우 모든 개체에서 penis가 관찰이 되어 진정한 암컷은 단 한 마리도 발견되지 않았다.



**Fig. 5.** Photomicrographs of testicular development of *Thais clavigera*. (A) Early development stage: Spermatocyte (Sc), Spermatid (St) (B) Late development stage; Spermatozoa (Sz), Lumen (Lu) (C) Ripe stage; (D) Spawning stage; (E) Spent stage: Relict spermatozoa (Rs); (F) Resting stage. Scale bar = 50  $\mu$ m.

이 연구 결과 제주항에 서식하는 대수리의 첫 산란은 5월에 일어났고 이후 8월까지 산란하는 개체들이 지속적으로 관찰되었다. 주 산란기로 판단되는 7월과 8월 사이의 수온은 22.6-24.5 $^{\circ}$ C로 연구기간 중 가장 수온이 높은 기간이었다. 연중 수온의 변화는 해산 이패류 배우자형성에 의한 성숙과 산란 활동에 영향을 주는 요인으로서 (Jaramillo *et al.* 1993;

Villalejo-Fuerte *et al.* 1996), 뉴질랜드 연안에 서식하는 *Paphies subtriangulata*의 경우에는 14 $^{\circ}$ C 이하일 경우 산란이 멈추고, 산란에 필요한 최소 온도가 15 $^{\circ}$ C 이상이 되어야 한다고 보고된 바 있다 (Grant and Creese, 1995). Lee (1999)는 서해안에 서식하는 대수리 *T. clavigera*의 번식에 관한 연구결과를 보고하였다. 서해안에 서식하는 대수리의 경

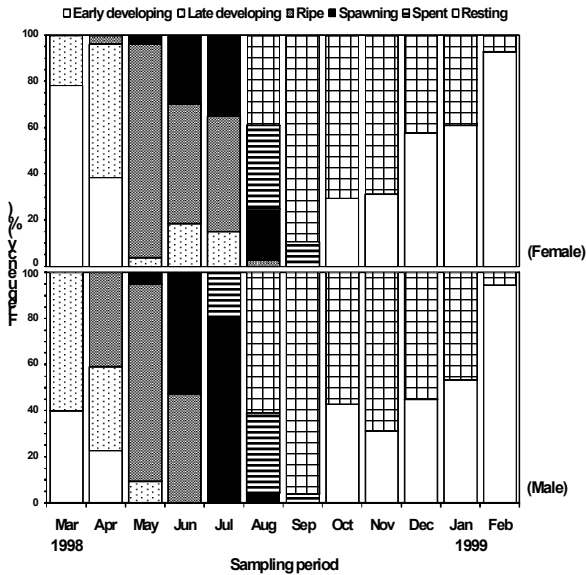


Fig. 6. Frequency distribution of gametogenic stages in female and male *Thais clavigera*.

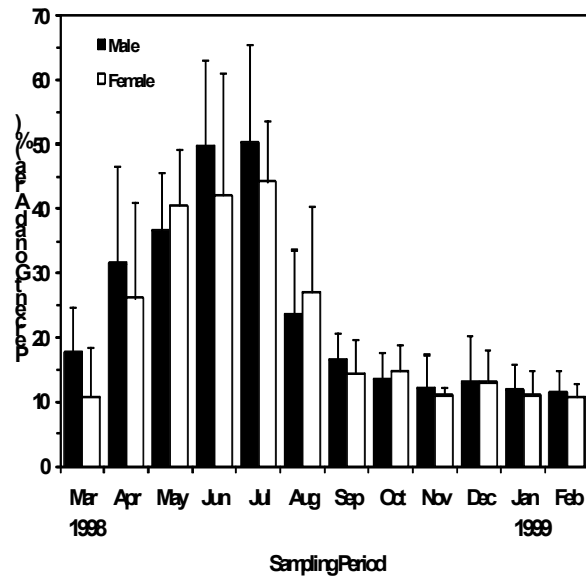


Fig. 7. Percent Gonad Area (PGA).

우, 산란이 7월-8월 사이에 일어났으며 이 기간의 수온은 연중 최고로서 24.8°C 인 것으로 나타났다. Lily and Tong (1988) 역시 홍콩에 서식하는 *T. clavigera*의 번식에 관한 비교연구를 Wu Kwai Sha 지역과 Cape d' Aguilar 지역에서 수행하였다. 두 지역 모두 수온이 연중 최고인 26-27°C 사이에 산란이 이루어진다고 보고하고 있다. 이 연구에서도 이전 연구와 마찬가지로 연구 기간 중 가장 수온이 높은 7월과 8월

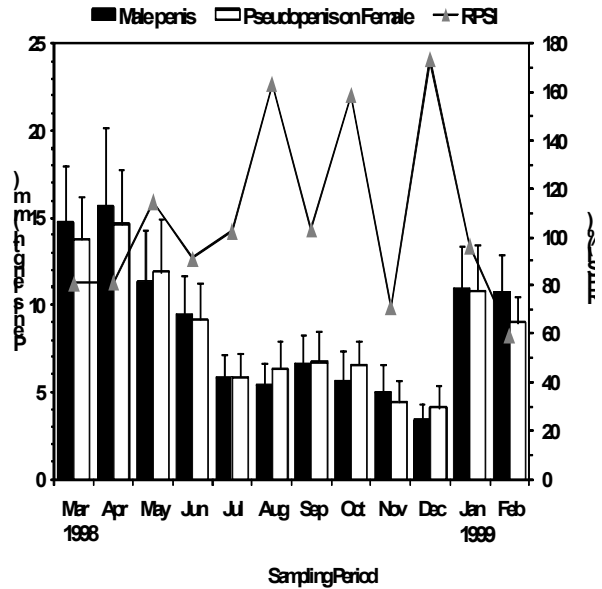


Fig. 8. Seasonal variation of penis length in male and female *Thais clavigera* and RPSI.

(22.6-24.5°C) 사이에 산란이 이루어져 앞선 연구와 유사한 결과를 나타내고 있다. Lily and Tong (1988) 에 의하면 홍콩에 서식하는 *T. clavigera*의 배우자형성은 수온이 가장 낮은 겨울철 (November in Wu Kwai Sha area and January in Cape d' Aguilar area) 에 시작한다고 보고하고 있지만, 먹이 조건 역시 배우자형성시기를 결정하는 요인 중 하나라고 언급하였다. 서해안에 서식하는 대수리의 경우 산란이 끝난 직후인 9월 수온이 약 25°C인 시기에 배우자형성이 시작되었고, 이번 연구 지역의 경우에는 10월 (19°C) 배우자형성이 일어나는 것이 관찰되고 있었다. 이 연구 결과는 앞에서 언급한 배우자형성 시기를 결정하는 요인 중 먹이와 관련이 깊을 것으로 판단되며, 서해안이 제주지역 보다 먹이 환경 조건이 더 좋은 것으로 사료된다.

Imposex는 유기주석화합물에 의해 수컷의 성징인 penis가 암컷에게서 발현되는 현상이다 (Gibbs and Byran, 1996; Shim, 1996). Gibbs *et al.*, (1987) 에 따르면, RPSI가 30%일 때 수정관이 과대 성장하여 음문 (Vulva) 을 막아버리며, 50% 이상일 때는 수란관 (oviduct)내에 검은 물질이 형성된다고 보고하였다. 그리고, imposex가 심하게 진행된 경우에는 수정관 (vas deference) 이 생성되어 난관을 막으면 불임의 암컷을 만들게 된다고 보고 되었다 (Gibbs and Bryan, 1986). 한국해양연구원 (1997) 연구 결과에 따르면, 한국에 분포하고 있는 대수리의 imposex현상은 보성만, 강진만 및 완도대교 지역을 제외한 전 지점에서 100%임을 보고한 바 있다. 또한, imposex의 정도를 나타내는 상대값인 RPL index

가 전체적으로 높고, 산란불능개체도 출현한다고 보고하고 있다. Kahng *et al.* (1996)은 진해만에 서식하는 *T. clavigera*와 *T. luteostoma*에서 유기주석화합물인 TBT와 TPT를 분석한 결과, 체내에 함유된 유기주석화합물의 농도는 이들의 imposex 현상과 밀접한 관련이 있는 것으로 보고하였다. 일본의 경우, *T. clavigera*와 *T. bronni*를 채집한 32개 지역 모두 imposex 출현율은 100%였으며 RPSI가 Isozakiai 지역의 경우 1.4%, Akiya 24.4%, Futamigaura 41.7%로 각각 조사되었다 (Horiguchi *et al.*, 1994). 홍콩에 서식하는 *T. clavigera* 역시 imposex 현상이 나타나고 있었는데, 이들 지역의 RPSI의 범위는 0.09-41.27%를 보이고 있었다 (Blackmore, 2000; Li, 2005). 또한, Hung *et al.* (2001)은 타이완 Shiangsan, Lukang, Chiku에 서식하는 *T. clavigera*의 imposex 현상을 조사하였고, 이들 지역의 RPSI는 29.8-68.2%로 보고하였다. 이번 연구지역인 제주항의 imposex 출현율은 100%이며, 월 평균 RPSI는 59.5-173.4%로 어느 다른 지역의 RPSI보다 높은 값을 나타냈다. 특히, 1998년 12월의 RPSI는 173.4%로 조사되어 이는 제주항 연안의 유기주석화합물 오염의 심각성을 반영하는 것으로 해석된다.

Imposex 개체의 성기 길이를 측정하는데 있어 어려운 점 중의 하나는 대수리를 포함한 신복족류의 성기 형태가 불규칙한 나선형에 있다. 이에 따라 이 연구에서는 성기 길이를 측정함에 있어 화상분석 프로그램을 적용하였으며, 그 결과 길이 측정에 있어 신속하고 정확하게 RPSI를 측정할 수 있었다. 또한 생식주기를 구명함에 있어 현미경관찰에 의한 발달단계 관찰 이외에도 화상분석 프로그램을 이용하여 생식소 단면적 지수 (PGA)를 이용하여 대수리의 연중 생식소 변화를 정량적으로 분석할 수 있었다. 이러한 컴퓨터를 이용한 생식소의 화상 분석 기법은 향후 패류의 번식생물학적 연구에서 있어 널리 활용될 것으로 기대된다.

## 요 약

제주 항 내에 서식하는 대수리 *Thais clavigera*를 조직학적 방법을 이용하여 1998년 3월부터 1999년 2월까지 생식소 발달과 생식주기 그리고 imposex 현상에 대해 조사하였다. 조직학적 관찰 결과, 배우자형성은 암,수 모두 10월에 처음 시작 되었고, 성숙한 알들은 주로 5월에서부터 7월 사이에 관찰 되었다. 생식소단면적 지수 역시 알이 성숙하는 5월과 7월 사이 급격히 증가하였으며, 8월에 급격히 낮아져, 7월과 8월 사이에 집중적인 산란이 있었던 것으로 사료되었다. 유기주석화합물에 의한 imposex 현상의 진행 정도를 나타내는 RPSI는 월 평균 59.5-173.4%로 다른 지역에 비하여 비교적 높게 나타났다으며, 이는 제주 항 내의 유기주석화합물에 의한 것으로

추정되었다.

## 사 사

이 연구에 있어 채집과 조직시료 작성에 도움을 준 제주대학교 고덕업 양에게 깊은 감사를 표 합니다. 이 연구는 국토해양부의 유류오염 환경영향평가 및 환경복원 연구 (과제 번호 PM55020: Oil Spill Environmental Impact Assessment and Environmental Restoration) 의 지원에 의하여 수행 되었으며, 지원에 깊은 감사를 드립니다.

## 참고문헌

- Korea Ocean Research and Development Institute (KORDI) Report (1997) A Study on Impact of Oil and Hazardous Materials Pollution on Fisheries Resources. KORID BSPE 97609-00-1077-4. Seoul.
- An, L.S. (1998) Distribution and bioaccumulation of organotin compounds inside Cheju harbor and Songsan harbor. Master thesis, Cheju National University: 4-74.
- Beesley, P.L., Ross, G.J.B., and Wells, A. (1998) Mollusca: the southern synthesis. Fauna of Australia Vol. 5. CSIRO Publishing : Melbourne, Part B. vii pp. 565-1234,
- Blackmore, G. (2000) Imposex in *Thais clavigera* (Neogastropoda) as an indicator of TBT (Tributyltin) bioavailability in coastal waters of Hong Kong. *Proceedings of the Malacological Society of London*, **66**: 1-8.
- Bryan, G.W., Gibbs, P.E., Hummerstone, L.G., and Burt, G.R. (1986) The decline of the gastropoda *Nucella lapillus* around south-west England: evidence for the effect of tributyltin from antifouling paints. *Journal of the Marine Biological Association of the U. K.*, **66**: 611-640.
- Byrne, M. (1990) Annual reproductive cycles of the commercial sea urchin *Paracentrotus lividus* from an exposed intertidal and a sheltered subtidal habitat on the west coast of Ireland. *Marine Biology*, **104**: 278-281.
- Choe, B.L. (1992) Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea. Volume 33. Mollusca II. pp. 28-40, 358-359. Ministry of Education Science and Technology. Seoul
- Gibbs, P.E., and Bryan, G.W. (1986) Reproductive failure in populations of the dogwhelk, *Nucella lapillus*, caused by imposex induced by tributyltin from antifouling paints. *Journal of the Marine Biological Association of the U.K.*, **66**: 767-777.
- Gibbs, P.E., and Bryan, G.W. (1996) TBT-induced imposex in neogastropoda snails: masculinization contaminant. pp. 212-236. CAMBTIFGE.
- Gibbs, P.E., Bryan, G.W., Pascoe, P.L., and Burt, G.R. (1987) The use of the dog-whelk, *Nucella lapillus*, as an indicator of tributyltin(TBT) contamination.

- Journal of the Marine Biological Association of the U. K.*, **67**: 507-523.
- Grant, C.M., and Creese, R.G. (1995) The reproductive cycle of the *Tuatua-Paphies subtriangulata* (Wood, 1828), in New Zealand. *Journal of Shellfish Research*, **14**: 287-292.
- Horiguchi, T., Shiraishi, H., Shimizu, M., and Morita, M. (1994) Imposex and organotin compounds in *Thais clavigera* and *T. bronni* in Japan. *Journal of the Marine Biological Association of the U.K.*, **74**: 651-669.
- Horiguchi, T., Shiraishi, H., Shimizu, M., and Morita, M. (1997) Effects of triphenyltin chloride and five other organotin compounds on the development of imposex in the rock shell, *Thais clavigera*. *Environmental Pollution*, **95**: 85-91.
- Howard, D., and Smith, C. (1983) Histological techniques for marine bivalve mollusks. NOAA Technical Memorandum NMFS-F/NEC-25.
- Hung, T.-C., Hsu, W.-K., Mang, P.-J., and Chuang, A. (2001) Organotins and imposex in the rock shell, *Thais clavigera*, from oyster mariculture areas in Taiwan. *Environmental Pollution*, **112**: 145-152.
- Jaramillo, R., Winter, J., Valencia, J., and Rivera, A. (1993) Gametogenic cycle of the chiloie scallop (*Chlamys amandi*). *Journal of Shellfish Research*, **12**: 59-64.
- Kahng, S.H., Je, J.G., Oh, J.R., Shim, W.J., and Shim, J.H. (1996) Imposex of *Thais clavigera* and *T. luteostoma* (Muricidae) as an evidence of organotin pollution in Chinhae Bay. *Korean Journal of Malacology* **12**: 123-131.
- Lee, J.H. (1999) Gametogenesis and reproductive cycle of the rock shell, *Reishia (Thais) clavigera* (Neogastropoda: Muricidae), on the west coast of Korea. *Korean Journal of Biological Science*, **3**: 375-383.
- Lily, K., and Tong, Y. (1988) The reproductive biology of *Thais clavigera* and *Morula musiva* (Gastropoda: Muricidae) in Hong Kong. *Asian Marine Biology*, **5**: 65-75.
- Powell, E.N., Wilson-Ormond, E.A., and Choi, K.S. (1993) Gonadal analysis - *Crassostrea virginica*. NOAA Technical Memorandum NOSORCA 71: 55-62.
- Shim, W.J. (1996) Contamination and bioaccumulation of tributyl- and tributyltin compounds in the Chinhae Bay system, Korea. Master thesis, Seoul National University. pp. 1-90.
- Stewart, C., de Mora, S.J., Jones, M.R.L., and Miller, M.C. (1992) Imposex in New Zealand neogastropods. *Marine Pollution Bulletin*, **24**: 204-209.
- Stroben, E., Oehlmann, J., and Fioroni, P. (1992) *Hinia reticulata* and *Nucella lapillus* comparison of two gastropoda tributyltin bioindicators. *Marine Biology*, **114**: 289-296.
- Villalejo-Fuerte, M., Ceballos-Vazquez, B.P., and Garcia-Dominguez, F. (1996) Reproductive cycle of *Laevicardium elatum* (Sowerby, 1833) (Bivalvia: Cardiidae) in Bahia Concepcion, Baja California Sur, Mexico. *Journal of Shellfish Research*, **15**: 741-745.
- Wilson, S.P., Ahsanullah, M., and Thompson, G.B. (1993) Imposex in neogastropods: An indicator of tributyltin contamination in eastern Australia. *Marine Pollution Bulletin*, **26**: 44-48.
- Zhengyan, L. (2005) Seasonal variation in imposex intensity of *Thais clavigera*. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* **23**: 163-168.