

미세조류 종류에 따른 키조개, *Atrina pectinata*의 성장 및 성숙 유도

문태석, 조필규, 김병학, 박기열, 구학동, 신윤경¹, 임영섭

국립수산과학원 남해특성화연구센터, ¹국립수산과학원 남해수산연구소

Induction of Sex Maturation and Growth in Comb Pen Shells, *Atrina pectinata* per Microalgae Classes

Tae Seok Moon, Pil Gue Jo, Byoung-Hak Kim, Ki Yeol Park, Hag Dong Ku, ¹Yun-Kyung Shin and Young Sub Lym

South Sea Mariculture Research Center, National Fisheries Research and Development Institute, Namhae, Gyeongsangnam-do 668-821, Korea

¹South Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Yeosu 556-823, Korea

ABSTRACT

We investigated the degree of obesity, histological development stages of gonads and sexual maturation induction rates of comb pen shell, *Atrina pectinata*, per the type of micro-algae supplied. Terms of maturation by singular or mixed supply of microalgae, it was found that maturation of the female was the quickest at 60.0% by the *Tetraselmis tetraathele* (Tet). experiment group followed by 57.1% by the *Chlorella ellipsoidea* (Chl). experiment group and 16.7% by the *Phaeodactylum tricornutum* (Pha). experiment group. However, there were no significant differences between Tet. experiment group and Chl. experiment group. As for the male, maturation was the quickest at 60.0% by the Tet. experiment group followed by 16.7% by the Chl. experiment group and 14.3% by the Pha. experiment group. In light of these results, Tet. is concluded to be a very useful feed organism in breeding the mother comb pen shells. Upon completion of the experiment, the sexual maturation induction rate for the female was found to be the highest at 82.0% in the Tet. experiment group followed by 72.0% by the Chl. experiment group, 64.0% by the Pha. experiment group and 58.0% by the mixed micro-algae experiment group. During the period of experiment, the survival rate was the highest at 94.4% by the mixed micro-algae experiment group followed by 90.0% by the Pha. experiment group, 83.1% by the Tet. experiment group and 78.8% by the Chl. experiment group.

Key words: pen shell, *Atrina pectinata*, growth, sex maturation, microalgae, gonadal development.

서 론

사새 목 키조개 과 연체동물인 키조개, *Atrina pectinata*는 삼각형 형태의 대형 식용 조개류로서 한국, 일본, 대만, 인도, 필리핀, 태평양 연안에 널리 분포한다. 껍데기 폭이 좁고 아래로 점점 넓어진 삼각형으로 마치 곡식 따위를 부수는 킨을 닮았다 하여 ‘키조개’라는 이름이 붙었다. 껍데기의 빛깔은 회록

갈색 또는 암황록색이며, 껍데기의 안쪽면은 검은색이며 진주 광택이 나고, 껍데기는 얇아 잘 부스러지며 겉면에 성장맥과 방사맥이 있다. 내만의 조건대에서 수심 5-50 m까지의 진흙에 살며 7-8월에 산란한다. 발생 후 15-20일 동안은 부유생활을 하다가 죽사를 내어 부착생활에 들어간다. 1-2개월의 부착생활이 지나면 각정부를 아래로 하여 진흙에 넣고 산다. 키조개 양식은 근래에는 오염과 자연산 모패의 남획 등으로 점차 자원량이 감소하고 있어 이들의 양식의 필요성이 커지고 있다. 또한 키조개 양식종묘는 전량 자연채묘에 의존하고 있어 양식용 종묘의 안정적 확보를 위한 종묘생산에 관한 기초기술개발이 절실한 실정이다.

키조개는 자용이체로서 난소와 정소는 모두 다수의 소낭구조로 구성되어 있다 (Lee et al., 2006). 이러한 키조개에 관

Received May 24, 2009; Revised Jul 02, 2009; Accepted Jul 27, 2009

Corresponding author: Pil Gue Jo
Tel: +82 (55) 863-3777 e-mail: pilguejo@nfrdi.go.kr
1225-3480/25204

Fig. 1. The pattern of water temperature, salinity and dissolved oxygen in the experimental period of comb pen shells, *Atrina pectinata*

한 연구로는 아직까지 생태와 분포, 종식별에 관한 연구 등 기초 생태와 양식개발을 위한 연구 (Prester et al., 1993; Yoo et al., 1998) 와 생식소 발달과 생식주기에 관한 연구 (Lee et al., 2006) 만 보고되었을 뿐, 성장 및 성숙 유도에 관한 논문은 부족한 실정이다. 또한 유생에 관한 연구로는 진주담치, *Mytilus edulis* (Yoo et al., 1998) 와 담수산새우, *Macrobrachium koreana* (Lee et al., 1998), 징거미 새우, *Macrobrachium nipponense*, (Shin et al., 1994), 보릿새우, *Penaeus japonicus* (Pyen, 1969) 등의 새우류에 관한 연구보고만 있을 뿐 패류유생에 관한 조사는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 키조개의 성숙 조절기구를 규명하기 위하여 미세조류 종류에 따른 키조개의 비만도와 생식소 및 유생의 발달단계를 비교·분석하였다. 또한 이를 바탕으로 키조개 모패로부터 인공종묘생산을 시도하였다.

재료 및 방법

1. 사육환경

본 연구에 사용된 키조개는 전남 장흥군 득량만산으로 각고 25.4 ± 2.2 cm였으며, 2008년 4월부터 7월까지 96일간 1.4 톤 실내수조에서 120 마리씩 사육하였다. 미세조류는 *Chlorella ellipsoidea* (Chl.), *Tetraselmis tetraethele* (Tet.), *Phaeodactylum tricornutum* (Pha.) 를 단독 또는 Chl. + Tet. + Pha.를 1:1:1의 비율로 혼합 공급하여 실험하였다. 실험구의 미세조류 공급량은 각각 매일 3-4 × 10⁶ cells/ml, 500 l씩 공급하도록 미세조류 자동 공급 장치로 4-6 회 공급하였으며, 미세조류 공급후 2시간 지수식으로 키조개 어미가 충분히 섭취할 수 있도록 하였다. 미세조류 종류별 어미 성숙관리 중 수온은 평균 17.2 ± 4.8℃였고, 염분은 31.2 ± 1.4였으며, 용존산소는 7.2 ± 1.4 mg/L였다 (Fig. 1). 키조

개 사육수조의 환수는 주 1회 전량 환수하여 수조 청소 및 안정화하였으며, 성숙후 부분환수를 매일 실시하였다.

2. 비만도

성숙유도중인 키조개 어미의 각장 (shell length, SL), 각고 (shell height, SH) 및 각폭 (shell breadth, SB)은 버니어 캘리퍼스로 0.1 mm까지 측정하였고, 전중 (total weight, TW), 육중 (flesh weight, FW) 및 각중 (shell weight, SW) 은 전자저울로 0.01 g까지 측정하였다.

산란기를 간접으로 측정하기 위해 조사하는 비만도 조사는 Akashige and Fushimi (1992) 의 방법에 따라, 아래와 같이 연체부지수 (flesh weight index) 와 각부용적지수 (volumetric index)의 공식을 사용하여 측정하였다.

$$\text{연체부지수} = \frac{\text{FW (g)}}{\text{SW (g)} + \text{FW (g)}} \times 100$$

$$\text{각부용적지수} = \frac{\text{FW (g)}}{\text{SL (mm)} \times \text{SH (mm)} \times \text{SB (mm)}} \times 100$$

3. 생식소의 조직학적 조사

성숙유도중인 키조개 어미의 조직학적 변화를 관찰하기 위하여, 2주일 간격으로 30마리씩 생식소를 10% 포르말린에 고정한 후, Bouin's solution에 2차 고정하였다. 일정시간 고정 후 파라핀 절편법으로 두께 5 μm의 조직표본을 제작하였다. 염색은 Mayer's hematoxylin과 0.5% eosin으로 비교 염색을 실시하였다. 키조개 어미의 생식소 발달단계는 초기활성기 (early active stage), 후기활성기 (late active stage), 완숙기 (ripe stage), 방출기 (spawning stage), 회복기 (recovery stage)의 5 단계로 구분하여 실시하였다 (Lee, 2004).

4. 채란 및 유생사육

1.4 톤 채란조 사육수조에 1시간 담수자극을 실시한 후 3% 과산화수소수 (H₂O₂) 를 60 ml 사용하여 산란유발을 실시하였다. 방란방정 후 걸름망 (40 μm) 으로 난외의 이물질을 제거하고, 20 μm 망으로 난을 수거하였다. 수거된 난은 다른 점액질 및 불순물을 여과해수로 세척하여 제거하였으며, 수온 26 ± 1℃, 10톤 사각수조콘크리트 수조에 수용하여 사육 관리하였다. 2일마다 환수하였으며, 유생사육시 미세조류 *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Chaetoceros sp.*를 단독 또는 혼합하여 공급하였고, 실험용기는 1 l 비이커, 수용 밀도는 ml 당 5 개체로 하였으며, 먹이는 0.3-1.0 × 10⁴ cells/ml/일로 공급하였다 (Table 1).

Table 1. Larvae culture method of comb pen shells, *Atrina pectinata*

Content	Period	Method	Vessel	Density (Ind./ml)	Temperature (°C)	microalgae (×10 ⁴ cell/ml/d)	Exchange water
Microalgae classes	July 7-10	I, P, C, I+P+C	1 L beaker	5.0	22.0	0.3-1.0	2 d
	July 14-19	"	"	"	"	"	"
	July 21-27	"	"	"	23.0	"	1 d
	July 25-29	"	"	"	"	"	"
	July 30-Aug. 7	I, P, C, Chl.	"	"	24.5	"	"
Large quantity culture per microalgae classes	July 7-10	I, P, C, I+P+C	10 m ³ water tank	5.0	22.0	0.5-1.0	2 d
	July 14-19	"	"	"	"	"	"
	July 21-27	"	"	"	23.5	"	"
	July 25-29	"	"	"	"	"	"
	July 30-Aug. 7	"	"	"	25.5	"	"

I.: *Isochrysis galbana*, P.: *Pavlova lutheri*, C.: *Chaetoceros* sp., Chl.: *Chlorella ellipsoidea*

통계분석

각 실험결과로부터 얻어진 자료값 사이의 유의차 유무는 SPSS-통계패키지 (version 10.0)에 의한 one way ANOVA 및 Tukey's multiple range test로 평균 간의 유의성을 검정하였다 (p < 0.05).

결과 및 고찰

해산 이미패류의 생식주기 및 성숙속은 외인성 요인과 내인성 요인의 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 외인성 요인으로 는 수온, 빛, 조석 주기, 수심, 먹이, 밀도, 기생충 및 질병, 염분 및 기질 등이 있으며, 내인성 요인으로는 유전학적 요인과 내분비성 요인 등을 들 수 있다 (Lee et al., 2006). 이중 패류의 먹이인 미세조류는 여러 요인들 가운데 중요하게 작용하는 요인이다. 미세조류와 패류의 유생 또는 모패에 관한 연구는 패류종묘의 대량 생산시에 필요한 먹이생물의 배양에 관한 연구 (Yoo, 1970) 와 인공종묘생산시 유생의 성장과 체성분 변화 (Hur et al., 2008) 등이 보고된 바 있으나, 이에 관한 연구는 아직도 미비한 실정이다.

본 연구결과에서 키조개의 비만도를 살펴보면, 어미의 연체부 지수는 사육초기에는 변화가 없었으나, 5월 중순부터 전 실험구가 먹이생물을 매우 활발히 섭취하는 경향이 있었고, 실험 종료 시에는 연체부 지수가 급격히 증가하는 경향이 있었으며, 각부 용적지수도 유사한 경향을 나타냈다 (Fig. 2, 3). 이는 개체의 생식소가 발달함에 따라 비만도가 증가하고 있으므로, 생식소의 발달정도가 육중량의 증가에 영향을 주는 것을 알 수 있다.

이러한 키조개 생식소의 성숙 발달단계는 초기 활성화기, 후기

Fig. 2. Flesh weight index in the maturation period of comb pen shells, *Atrina pectinata* per microalgae classes.

Fig. 3. Volumetric index in the maturation period of comb pen shells, *Atrina pectinata* per microalgae classes.

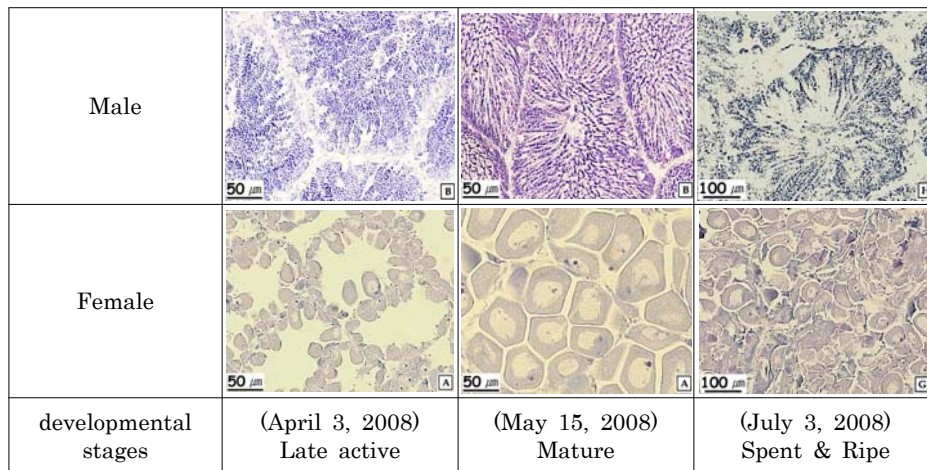


Fig. 4. Gonad development stages in the maturation period of comb pen shells, *Atrina pectinata*.

활성기, 완숙기, 방출 및 회복기의 5단계로 구분할 수 있는데, 시험 개시일은 후기활성기로 판단되며, 시험 종료시에는 전 시험구가 완숙기와 방출기에 도달하였다 (Fig. 4.). 후기활성기에는 주로 직경 50-60 μm 크기의 호산성의 세포질을 가지는 난모세포들이 난병으로 연결되어 내강쪽으로 발달된 경향이 관찰되었다. 정소는 정자형성소낭벽은 얇아졌으며, 소낭벽 부근에서 소량 정원세포들이 관찰되었고, 내강쪽은 호염기성의 정모세포와 정세포들이 분포하였다. 완숙기의 난소에서는 난황과립으로 채워진 난모세포들이 난병에서 분리되어 소낭 안쪽으로 분포하였으며, 내강에는 직경 100-120 μm 크기의 완숙한 난모세포들이 다량 분포하였다. 이 난모세포들의 핵은 세포질의 절반을 차지하고 있었다. 정소는 정자형성 소낭벽 근처에서 정모세포와 정세포를 관찰할 수 있었으며, 내강은 호염기성 정자들이 다량 분포하였다. 방출기의 난소에는 난모세포의

방출로 소낭 내강이 비워졌으나 난병을 가진 일부 후기활성기의 난모세포들이 남아 있었다. 그리고 주로 소낭 내강에는 미방출된 난모세포들의 퇴화과정을 관찰할 수 있었다. 정소에서는 정자들이 방출된 흔적이 관찰되었으며, 정자형성소낭벽 근처에는 잔존 정원세포와 정모세포들을 관찰할 수 있었다 (Lee et al., 2006).

미세조류를 단독 혹은 혼합 공급하여 키조개 어미성숙을 조사한 결과, 암컷은 실험 종료시 Tet. 실험구에서 방출개체가 60.0%로 성숙이 가장 빨랐고, Chl. 실험구 57.1% 및 Pha. 실험구 16.7% 순이었으나, Tet. 실험구와 Chl. 실험구와는 유의한 차이는 나타나지 않았다. 수컷의 경우는 Tet. 실험구가 60.0%로 가장 빨랐으며, Chl. 실험구 16.7% 및 Pha. 실험구 14.3% 순이었다 (Table 2). 실험 종료시 성숙 유도율은 Tet. 실험구에서 82.0%로 가장 높았고, Chl. 실험구 72.0%, Pha.

Table 2. Pattern of gonad development stages of comb pen shells, *Atrina pectinata*.

Male	April 3	May 15				July 3			
		Mixed	Chl.	Pha.	Tet.	Mixed	Chl.	Pha.	Tet.
late active	100								
mature		100	100	100	100	100	83.3	85.7	40
spent and degenerative							16.7	14.3	60
Female	April 3	May 15				July 3			
		Mixed	Chl.	Pha.	Tet.	Mixed	Chl.	Pha.	Tet.
late active	100								
mature		100	66.7	83.3	80	100	42.9	66.7	40
spent and degenerative			33.3	16.7	20		57.1	33.3	60

※ Chl.: *Chlorella ellipsoidea*, Tet.: *Tetraselmis tetraathele*, Pha.: *Phaeodactylum tricornutum*

Table 3. Time required mature, mature induced rate and survival rate of comb pen shells, *Atrina pectinata*

Experimental group	Time required mature (d)	Mature induced rate (%)	Survival rate (%)
Chl.*	93	72.0	78.8
Pha.	93	64.0	90.0
Tet.	93	82.0	83.1
mixed	93	58.0	94.4

※ Chl.: *Chlorella ellipsoidea*, Tet.: *Tetraselmis tetrathele*, Pha.: *Phaeodactylum tricornutum*

Table 4. Breeding of comb pen shells, *Atrina pectinata*

Method	Breed time	Used broodstock No.	Responded No.		Breeding No. ($\times 10^4$)	D-shaped larva	
			Female	Male		Individuals ($\times 10^4$)	Development rate (%)
Nature	June 10	100	-	-	-	-	-
Nature	June 11	100	-	-	-	-	-
Nature	June 19	200	-	-	-	-	-
Nature	July 1	100	-	15	-	-	-
Nature	July 2	100	9	-	5,000	-	-
Nature	July 7	200	-	-	-	-	-
Artificial mature	July 7	80	22	43	10,000	8,200	82.0
Artificial mature	July 14	80	26	32	15,000	5,500	36.6
Artificial mature	July 21	80	15	11	7,300	-	-
Artificial mature	July 25	50	12	8	4,400	410	9.3
Artificial mature	July 30	94	26	14	35,000	800	2.2
Nature	August 8	400	-	-	-	-	-
	Total	1,584			76,700	14,910	

64.0% 및 혼합 실험구 58.0%로 나타났으며, 실험 기간 중 생존율은 혼합구가 94.4%로 가장 높았고, Pha. 실험구 90.0%, Tet. 실험구 83.1% 및 Chl. 실험구 순서로 나타났다 (Table 3). 본 연구에서는 미세조류 3 종, *Chlorella ellipsoidea*, *Tetraselmis tetrathele*, *Phaeodactylum tricornutum*과 키조개 성성숙의 상관관계에 대해 조사해본 결과, 키조개 암, 수 모두 Tet. 실험구에서 조직학적으로 빠른 성숙을 나타냈으며, 성성숙 유도율과 생존율 또한 Tet. 실험구에서 높은 수준을 나타냈다. 따라서 *Tetraselmis tetrathele*가 키조개 어미 사육에서 매우 유용한 먹이생물로 판단되었다.

미세조류 자연산 어미 7 회와 성숙시험 어미 5 회로 총 12 회 채란시험을 한 결과, 자연산 키조개에 의한 채란은 7월 1일과 2일에 소량 채란이 이루어졌으나, D형 유생으로 발달하지 않아 키조개는 자연 상태의 어미로는 인공종묘생산을 기대하

기는 어려운 것으로 판단되었다. 성숙실험한 키조개 어미로부터는 5회의 채란기간 중 반응이 있었고, D형 유생이 정상적으로 발달된 것으로 나타나 키조개는 실내 인공성숙관리에 의해 채란하는 것이 유용한 것으로 판단된다 (Table 4). 키조개 유생을 사육한 결과, *I. galbana*, *Chaetoceros sp.*, *P. lutheri* 및 혼합구 전 실험구에서 실험 시작 3-5일 사이에 생존율이 매우 낮아 미세조류 종류에 따른 유의한 결과를 얻을 수 없었다 (Table 5). 따라서 본 연구에서는 키조개 어미 인공사육관리에 의한 인공종묘생산의 가능성을 제시하였으며, 앞으로 키조개 인공종묘생산기술을 개발하기 위하여, 유생사육 및 치패생산에 관한 연구가 더욱 요구된다 할 수 있다.

요 약

키조개 양식은 근래에는 오염과 자연산 모패의 남획 등으로

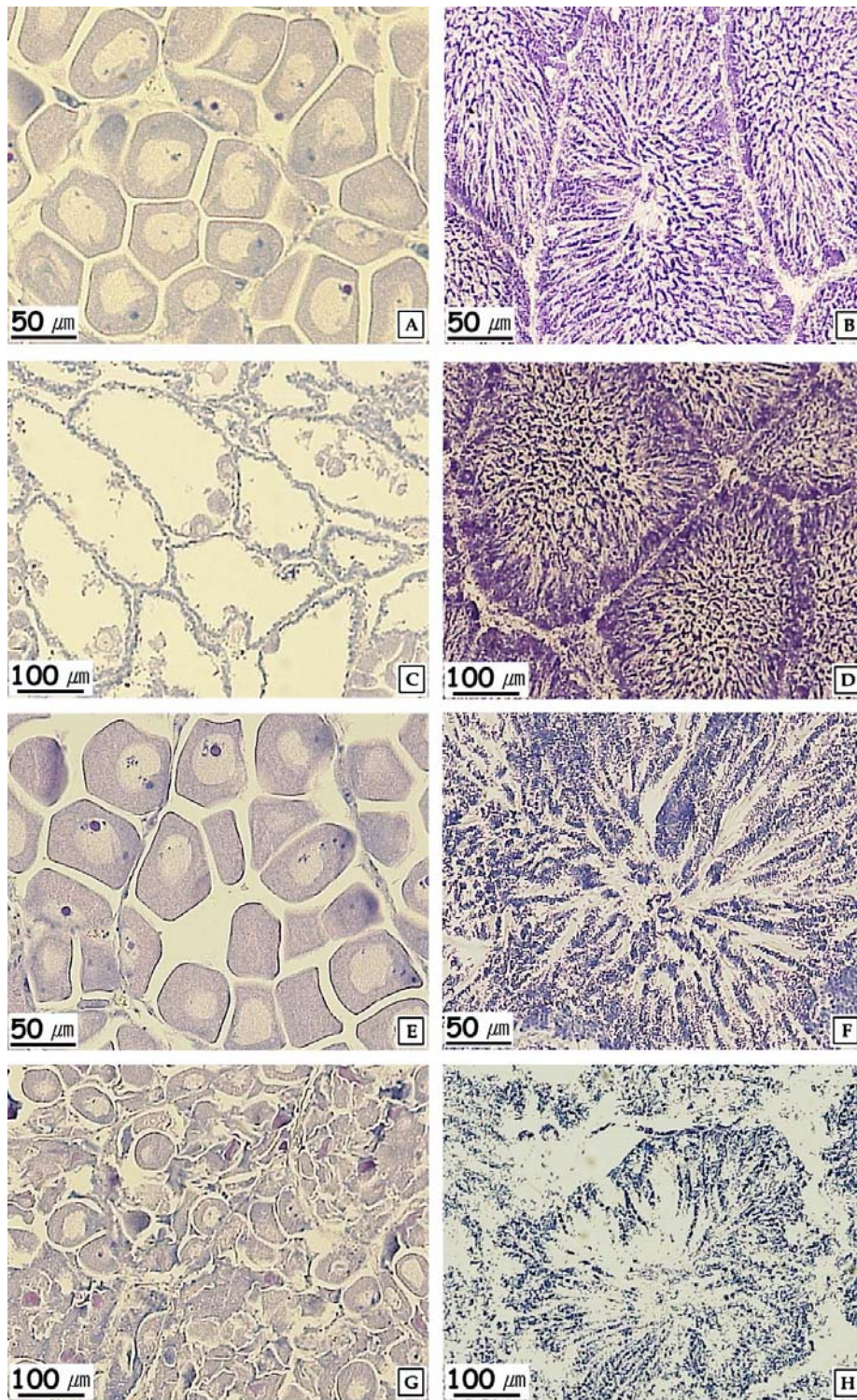


Fig. 5. Gonad development stages at the end of maturation period in comb pen shells, *Atrina pectinata* per microalgae classes. **A:** mixed exp. female, mature. **B:** mixed exp. male, mature. **C:** Chl. female, spent and degenerative. **D:** Chl. male, mature. **E:** Pha. female, mature. **F:** Pha. male, spent and degenerative. **G:** Tet. female, spent and degenerative. **H:** Tet. male, spent and degenerative.

Table 5. Growth and survival rate of larvae in comb pen shells, *Atrina pectinata* per microalgae classes

Experimental group	Start	Finish	Growth rate per day	Survival rate (%)	Alive period (days)
	Shell length (μm)	Shell length (μm)	Shell length (μm)		
I	93.8 \pm 3.24	112.5 \pm 4.4	5.3	12.0	3-5
P	"	113.4 \pm 4.8	5.2	11.5	"
C	"	110.5 \pm 4.1	5.3	9.0	"
I + P + C	"	113.2 \pm 3.9	5.1	7.4	"

I: *Isochrysis galbana*, P: *Pavlova lutheri*, C: *Chaetoceros* sp.

점차 자원량이 감소하고 있어 이들의 양식의 필요성이 커지고 있다. 본 연구에서는 키조개의 성숙속 조절기구를 규명하기 위하여 미세조류 종류에 따른 키조개의 비만도와 생식소 및 유생의 발달단계를 비교·분석하였다. 또한 이를 바탕으로 키조개 모패로부터 인공종묘생산을 시도하였다. 키조개의 비만도를 살펴보면, 어미의 연체부 지수는 사육초기에는 변화가 없었으나, 5월 중순부터 전 실험구가 먹이생물을 매우 활발히 섭취하는 경향이 있었고, 실험 종료 시에는 연체부 지수가 급격히 증가하는 경향이 있었으며, 각부 용적지수도 유사한 경향을 나타냈다. 이러한 키조개 생식소의 성숙 발달단계는 비 활성기, 초기 활성기, 후기 활성기, 완숙기, 방출 및 퇴화기의 5 단계로 구분할 수 있는데, 시험 개시일은 후기활성기로 판단되며, 시험 종료시에는 전 실험구가 완숙기와 방출기에 도달하였다. 본 연구에서는 미세조류 3 종, *Chlorella ellipsoidea*, *Tetraselmis tetrahele*, *Phaeodactylum tricornutum*과 키조개 성숙속의 상관관계에 대해 조사해본 결과, 키조개 암, 수 모두 Tet. 실험구에서 조직학적으로 빠른 성숙을 나타냈으며, 성숙속 유도율과 생존율 또한 Tet. 실험구에서 높은 수준을 나타냈다. 따라서 *Tetraselmis tetrahele*가 키조개 어미 사육에서 매우 유용한 먹이생물로 판단되었다. 자연 상태의 키조개 어미로는 인공종묘생산을 기대하기는 어려운 것으로 판단되었으나, 성숙실험한 키조개 어미로부터는 5 회의 채란기간 중 반응이 있었고, D형 유생이 정상적으로 발달된 것으로 나타나 키조개는 실내 인공성숙관리에 의해 채란하는 것이 유용한 것으로 판단된다. 키조개 유생을 사육한 결과, *I. galbana*, *Chaetoceros* sp., *P. lutheri* 및 혼합구 전 실험구에서 실험 시작 3-5일 사이에 생존율이 매우 낮아 미세조류 종류에 따른 유의한 결과를 얻을 수 없었다. 따라서 본 연구에서는 키조개 어미 인공사육관리에 의한 인공종묘생산의 가능성을 제시하였으며, 앞으로 키조개 인공종묘 생산기술을 개발하기 위하여, 유생사육 및 치패 생산에 관한 연구가 더욱 요구된다 할 수 있다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 국립수산물과학원 남해특성화연구센터의 RP-2009- AQ-035의 지원에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

- Akashige, S. and Fushimi, T. (1992) Growth, survival and glycerol content of triploid Pacific oyster *Crassostrea gigas* in the waters of Hiroshima, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **58**: 1063-1071.
- Hur, Y.B., Min, K.S., Kim, T.E., Lee, S.J. and Hur, S.B. (2008) Larvae growth and biochemical composition change of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, Larvae during artificial seed production. *Journal of Aquaculture*, **21**: 203-212.
- Lee, B.K. (1988) The effects of temperature, salinity and diet on the larvae of the fresh water prawn, *Macrobrachium koreanum* (De Kwon). *Bulletin of the Korean Fisheries Society*, **21**: 145-149.
- Lee, J.H. (2004) Gametogenesis and reproductive cycle of the Murex shell (*Ocenebra japonica*) (Neogastropoda: Muricidae). *Journal of Korean Fishery Society*, **37**: 385-392.
- Lee, S.J., Min, K.S., Kim, B.G., An C.M., Ju, S.M. and Lee, J.S. (2006) Gonad development and gametogenic cycle of the Pen shell, *Atrina pectinata* (Bivalvia: Pinnidae). *Journal of Korean Fishery Society*, **39**: 398-403.
- Prester, T., Holtzclaw, W.D., Zhand, Y. and Talalay, E. (1993) Chemical and detoxify carcinogens. *Proceeding National Society USA*, **90**: 2965-2969.
- Pyen, C.K. (1969) Rearing of the larval prawn, *Penaeus japonicus* bate. *Bulletin of the Korean Fisheries Society*, **2**: 87-91.
- Shin, Y.K. and Chin, P. (1994) Physiological change in related to molt cycle of *Macrobrachium nipponense* (De Haan). *Bulletin of the Korean Fisheries Society*, **27**: 380-389.
- Yoo, S.K. (1970) The growth of food organisms for the mass production of molluscan seedings 1. *Phaeodactylum, platymonas* and *chlorella*. *Bulletin of*

the Korean Fisheries Society, **3**: 1-6.
Yoo, S.K., Kang, K.H. and Lee, D.Y. (1998) Occurrence and survival rate of the larvae of sea mussel *Mytilus edulis*. *Bulletin of the Korean Fisheries Society*, **21**: 35-41.

Yoo, S.K., Lim, H.S. and Ryu, H.Y. (1988) Improvement of the seed production method of the pen shell. *Bulletin of the Korean Fisheries Society*, **21**: 206-216.