

# 말뚝합 *Meretrix petechialis* (Lamarck) 인공종묘의 대량생산

김태익, 고창순<sup>1</sup>, 허영백<sup>2</sup>, 진영국, 이정용<sup>3</sup>, 장영진<sup>4</sup>

남서해수산연구소, <sup>1</sup>한국수산자원관리공단, <sup>2</sup>남동해수산연구소, <sup>3</sup>국립수산과학원, <sup>4</sup>부경대학교

## Mass Production of Artificial Seedlings in Hard Clam *Meretrix petechialis* (Lamarck)

Tae-ik Kim, Chang Sun Ko<sup>1</sup>, Young Baek Hur<sup>2</sup>, Young Guk Jin,  
Jeong Yong Lee<sup>3</sup> and Young Jin Chang<sup>4</sup>

Southwest Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Yeosu 556-823, Korea

<sup>1</sup>Korea Fisheries Resources Agency, Busan 612-020, Korea

<sup>2</sup>Southeast Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Tongyeong 650-943, Korea

<sup>3</sup>National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-705, Korea

<sup>4</sup>Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

### ABSTRACT

Mass production method on artificial seedling production of hard clam *Meretrix petechialis* was developed indoor culture system. Spawning of adult clam (SL 65.8 ± 8.4 mm) was induced using the combined method of air exposure and water temperature raising. The fertilized eggs were developed to D-shaped larvae after 17.7 hours at 27°C and hatching rate was 6.1%. Shell length (SL) of D-shaped larvae was measured to be 131.4 ± 2.6 μm and thereafter the larvae grew to the settled spat with SL 190.2 ± 7.5 μm in 4 days. Estimated survival rate of settled spat was 48.1%. Spat collection on 130,000 spat with SL 0.19 ± 0.01 mm performed conducted by sand bottom circulation filtering method. Collected spat grew up to 3.1 ± 0.8 mm in 46 days, 6.6 ± 1.8 mm in 87 days, and 10.5 ± 0.9 mm in 114 days. The relative growth between SL and shell height (SH) was calculated to be SH = 0.8501SL + 0.0196 (R<sup>2</sup> = 0.9987) during the whole spat period. During spat rearing, they were suffered from one time of mass mortality at SL 3.1 mm, but 51,000 spat were finally survived with the rate of 39.2% at 114 days of spat rearing in indoor tank system.

**Key words** : hard clam, *Meretrix petechialis*, artificial seedling, mass production

### 서 론

조개류의 인공종묘를 대량으로 생산하기 위해서는 어미의 산란기, 수정란의 발생 최적조건, 유생과 치패의 최적사육조건 등을 먼저 밝히고, 이들 기초 자료를 이용하여 대량사육을 실시해야 한다. 대부분의 최적조건 실험은 소규모로 수행되기 때문에 그 결과를 대규모 대량 인공종묘생산에 적용 시 규모의

차이에 따른 구체적인 최적조건을 맞추기 어렵다.

한국에서 조개류의 양식용 종묘생산은 대부분 자연에서 발생된 자연종묘에 의존하고 있다. 최근 연안어장의 환경오염과 이상해황, 천해 간석지의 매립, 우량한 어미의 우선 채취, 어미 자원의 부족 등으로 자연종묘를 안정적으로 확보하기가 어렵게 되어, 종묘가 부족한 일부 품종의 경우 양식용 종묘를 외국에서 수입하여 양식하는 경우도 있다. 백합류의 경우 새만금 간척사업으로 주산란장과 성육장이 없어짐에 따라, 앞으로 백합류 양식용 종묘의 안정적 확보를 위해서는 인공종묘생산이 불가피할 것으로 판단된다.

조개류의 대량 인공종묘생산은 산업적으로 양식되는 종을 대상으로 이루어지므로 그 종류는 많지 않다. 한국산 조개류의 대량 인공종묘생산 기술이 개발된 종을 들면, 굴,

Received: November 6, 2012; Accepted: November 29, 2012

Corresponding author: Young Jin Chang

Tel: +82 (51) 629-5915 e-mail: yjchang@pknu.ac.kr

1225-3480/24454

*Crassostrea gigas*, 피조개, *Scapharca broughtonii*, 왕우럭, *Tresus keenae*, 홍합, *Mytilus coruscus*, 바지락, *Ruditapes philippinarum*, 진주조개, *Pinctada fucata martensii*, 큰가리비, *Patinopecten yessoensis*, 비단가리비, *Chlamys farreri*, 개조개, *Saxidomus purpuratus*, 북방대합, *Spisula sachalinensis*, 꼬끼리조개, *Panopea japonica* 등이 있으나 인공종묘생산에 의해 양식 산업에 적용된 종은 진주조개, 굴, 피조개 정도이다 (NFRDI). 진주조개와 굴은 1990년대 초반부터 인공종묘생산 연구가 진행되었으며, 진주조개의 경우 한국에 필요한 종묘 전량을 인공종묘로 충당하고 있고, 굴은 한국 전체 종묘 소요량의 약 5%를 인공종묘로 대체하고 있는 실정이다 (Hur, 2004).

백합류의 인공종묘생산과 관련된 연구로는 국내에서 번식생리 (Lee, 1997; Chung and Kim, 2000), 성 성숙 유도 (Kim *et al.*, 2009), 인공수정과 발생 (Choi, 1971; Choi and Song, 1974; Choi, 1975; Choi, 1976) 등이 있고, 일본에서는 해역별 산란기 (宍戸, 1895; 藤森, 1929; 内藤, 1930; Taki, 1949; 伊藤.小木曾, 1954; 小形, 1965), 성 성숙 유도 (Numaguchi, 1997), 산란유발 (Iwata, 1948; Sagara, 1958a), 발생초기의 적정수온 및 적정염분 (Sagara, 1958b), 인공종묘의 성장 (上城 等, 1978; 1979) 등이 있다. 그러나 종묘생산과 관련된 어미의 생식주기, 수정란의 발생, 유생사육, 치폐사육 및 대량 인공종묘생산 등의 체계적인 연구는 부족한 실정이다. 특히 비부착성 저서 조개류로서 치폐발생장에서 자연산 종패를 뿌려 양식하는 종임을 감안할 때, 저서 침착기를 지난 치폐까지 인공사육을 하여 각장 1.0 cm 내외의 종패를 대량생산할 수 있는 연구가 필요하다.

본 연구에서는 말백합의 체란, 발생, 유생사육, 치폐사육 등의 소규모 실험을 통하여 구명된 종패생산 기본조건 (Kim *et al.*, 2011a, b)을 종합적으로 적용하여 본종의 대량 인공종묘 생산실험을 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험종 및 어미관리

말백합 대량 인공종묘생산 실험에 사용된 어미는 2001년 전북 김제시 진봉면 심포리 앞바다에서 생식소 발달단계가 성숙기 혹은 산란기인 7월 19일에 채집된 각장  $65.8 \pm 8.4$  mm, 각고  $54.5 \pm 7.2$  mm, 각폭  $33.0 \pm 3.9$  mm, 전중  $73.1 \pm 28.7$  g 크기의 어미 100 개체들이었다. 어미는 자연산란 방지 및 필요한 시기에 체란을 위하여 냉각기로 수온  $18.7 \pm 0.4$ °C ( $18.3$ - $19.8$ °C) 로 조절된 수용적 1 m<sup>3</sup>의 사각 FRP 수조에 수용한 후 같은 수온의 자연해수를 흘려주며 21일간 사육하였다. 먹이생물은 *Chaetoceros calcitrans*, *Isochrysis galbana*, *Monochrysis sp.*, *Tetraselmis tetrathele*를 동일한 비율로 혼

합하여 사육수 1 mL당  $10 \times 10^4$ - $20 \times 10^4$  세포가 유지되게 연속해서 공급하며 관리하였다.

전 시험기간 동안 사육수의 수온과 염분 측정은 다기능 수질측정기 (YSI 6920, USA) 를 이용하여 매일 오전 10시에 측정하였다.

### 2. 체란과 발생

체란을 위하여 어미는 공기노출 후 수온상승 자극 방법을 병행하여 실시하였다. 공기노출 자극은 기온 20°C 전후의 그늘지고 바람이 잘 통하는 실내에서 1시간 동안 공기에 노출시켜 실시하였다. 수온상승 자극은 체란수조에 어미를 20°C 해수에 수용한 후 어미가 안정되면 가온해수를 첨가하는 방법으로 실시하였으며, 30분에 1°C씩 25°C까지 상승시키면 성숙된 어미는 수온상승 도중 산란하였다.

체란용기는 50 L 사각 아크릴수조를 사용하였으며, 해수는 bag filter와 규조토 여과기를 사용하여 1 μm까지 여과한 후 자외선 살균 처리하였다. 수정란은 방란.방정이 유도된 다음 30분 후 망목크기가 20 μm인 물러가아제로 수거하여 여과 처리된 자외선 살균수로 3회 세란하였다. 세란된 수정란은 깨끗한 해수가 채워진 100 L 플라스틱 수조에 수용한 후 잘 교반하여 micro pipette으로 1 mL를 취한 후 cell counter chamber를 사용하여 계수한 다음 전체 수정란의 숫자를 용적법으로 계산하였다.

수정란은 깨끗한 해수가 채워진 수용적 1 m<sup>3</sup>의 사각 FRP 수조에 수용한 후 발생시켰다. 이때 수온은 27°C, 염분은 담수를 첨가하여 30 psu로 조절하였으며, 공기는 미세하게 공급하였다. D형 유생은 수정 후 24시간이 경과한 다음 망목 크기가 40 μm인 물러가아제로 D형 유생으로 발생된 전체 개체를 수거하였고, 수정란과 동일한 방법으로 계수하여 D형 유생의 크기와 발생률을 조사하였다.

### 3. 대량 유생사육

대량 유생사육은 2001년 8월 9일부터 13일까지 실시하였다. 대량사육에 사용한 D형 유생은 8월 8일 체란된 각장  $131.4 \pm 2.6$  μm, 각고  $102.6 \pm 3.1$  μm 크기의 D형 유생 320,000 개체 중 270,000 개체를 1 m<sup>3</sup>의 사각 FRP 수조에 수용하여 사육하였으며, D형 유생의 수용밀도는 0.27 개체/mL였다. 수온은 27°C, 염분은 담수를 첨가하여 25 psu로 조절하였으며, 사육수는 1 μm까지 여과한 후 자외선으로 살균 처리하여 사용하였고, 유생사육 기간 동안 환수는 하지 않았다. 먹이생물은 *I. galbana*를 초기 D형 유생에게 매일 1 개체당 5,000 세포를 공급하였으며, 유생이 성장함에 따라 공급량을 증가시켜 사육 4일째 7,000 세포를 오전과 오후 10시 2 회로 나누어 공급하였다.

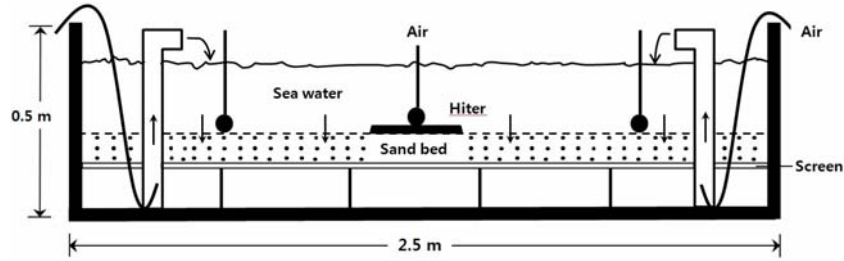


Fig. 1. Diagram of tank raising of hard clam *Meretrix petechialis* spats.

유생의 성장은 각장과 각고를 만능투영기 (Nikon V-12) 를 이용하여 1  $\mu\text{m}$ 까지 측정하였고, 생존율은 유생 사육수조에서 50 mL씩 5회 표본하여 개체수의 평균치를 용적법으로 계산한 후 전체 유생의 생존율로 하였다.

**4. 채묘와 치폐사육**

치폐를 생산하기 위하여 사용된 유생은 대량 사육한 각장  $190.2 \pm 7.5 \mu\text{m}$ , 각고  $165.4 \pm 5.2 \mu\text{m}$  크기의 침착기 유생이었다. 이들 유생 130,000 개체를 FRP 수조 ( $2.5 \times 1.5 \times 0.5 \text{ m}$ ) 에 수용하여 저면 모래순환여과 (Fig. 1) 방법으로 114일간 사육하였다. 사육수조에 사용된 모래는 표준망체 (청계상공사, 한국) No. 18을 통과한 모래를 사용하였으며, 두께는 5 cm였다.

먹이생물 종류 및 공급량은 *C. calcitrans*, *I. galbana*와 *Monochrysis* sp.를 단독 혹은 혼합하여 치폐가 성장함에 따라 공급량을 증가시켜 사육수 1 mL당  $6 \times 10^4$ - $30 \times 10^4$  세포를 매일 1-3회 나누어 공급하였다. 사육수는 초기 각장 1 mm 까지는 5일에 1회 전량 환수하였으며, 성장함에 따라 환수 주기를 달리하여 후기에는 매일 1회 전량 환수하였다. 수온은 티타늄 수중히터로 가온하여  $28.5 \pm 2.3^\circ\text{C}$ , 염분은 담수를 첨가하여  $28.9 \pm 2.4 \text{ psu}$ 였다.

치폐의 성장은 침착 초기에는 각장과 각고를 만능투영기 (Nikon V-12) 를 이용하여 1  $\mu\text{m}$ 까지 측정하였고, 후기에는 vernier calipers로 0.1 mm까지 측정하였다. 생존율은 사육수조에서  $7.5 \times 7.5 \text{ cm}$  내의 개체수를 8회 조사하여 전체 개체수로 환산하였으며, 실험 종료시는 전체를 수거하여 측정하였다.

**5. 통계처리**

각 실험 결과로부터 얻어진 모든 측정값들은 평균  $\pm$  표준편차 (SD) 로 표시하였다.

**결 과**

**1. 채란과 발생**

채란에 사용된 말백합 어미는 생물학적 최소형 이상인 각장  $56.7$ - $87.6 \text{ mm}$  (평균각장  $65.8 \pm 8.4 \text{ mm}$ ) 크기의 100 개체이며, 공기노출과 수온상승 자극 방법으로 5,220,000개의 알을 얻었으며, 채란된 알의 크기는  $76$ - $88 \mu\text{m}$  (평균  $82.3 \pm 2.7 \mu\text{m}$ )였다.

수정란은 수온  $27^\circ\text{C}$ , 염분 30 psu에서 수정 17분 후에 극체가 방출되었다. 이후 부등분열에 의해 난할이 개시되어 2세포, 4세포, 8세포 및 16세포까지 소요되는 시간은 각각 1시간, 1시간 25분, 1시간 50분, 2시간 25분이었다. 낭배기까지는 5시간 20분, 담륜자기까지 11시간 10분, 면반이 발달하고 패각이 형성되는 첫 veliger기인 D형 유생에 이르는 시간은 17시간 40분이었다. D형 유생은 각장  $131.4 \pm 2.6 \mu\text{m}$ 의 320,000 개체로서 발생률은 6.1%였다 (Table 1).

**2. 대량 유생사육**

D형 유생 각장  $131.4 \pm 2.6 \mu\text{m}$  (Fig. 2A) 를 수용하여 사육한 결과, 성장은 사육 1일째 각장  $155.9 \pm 4.4 \mu\text{m}$  (Fig. 2B), 2일째  $170.9 \pm 7.4 \mu\text{m}$  (Fig. 2C), 3일째  $180.8 \pm 6.7 \mu\text{m}$  (Fig. 2D), 그리고 사육 4일째에  $190.2 \pm 7.5 \mu\text{m}$

Table 1. Spawning and D-shaped larval development of *Meretrix petechialis*

No. of adult	Stimulation method	No. of spawned eggs ( $\times 10^4$ )	Egg size (mean $\pm$ SD, $\mu\text{m}$ )	D-shaped larva		
				Number ( $\times 10^4$ )	Shell length (mean $\pm$ SD, $\mu\text{m}$ )	Hatching (%)
100	EA + ET	522	$82.3 \pm 2.7$	32	$131.4 \pm 2.6$	6.1

EA: exposure to air, ET: elevation of temperature.

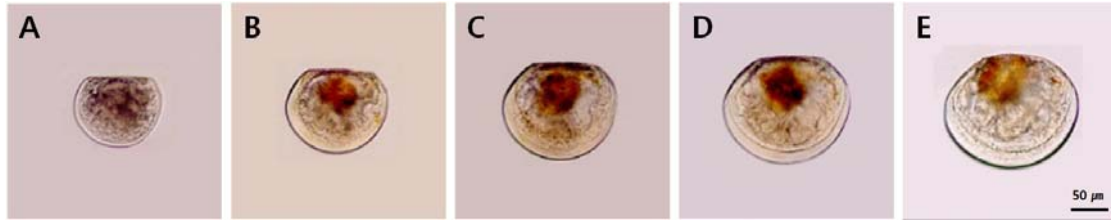


Fig. 2. External morphology of *Meretrix petechialis* larvae. **A-B**: D-shaped larva(SL 130-155 µm), **C-D**: umbo stage (SL 170-180 µm), **E**: metamorphosing stage (SL 190 µm).

Table 2. Growth of shell length and survival (%) of *Meretrix petechialis* larvae

Elapsed days	Shell length (mean ± SD, µm)	Daily increment of shell length (µm)	Survival (%)
0	131.4 ± 2.6	-	100
1	155.9 ± 4.4	24.5	81.5
2	170.9 ± 7.4	15.0	66.7
3	180.8 ± 6.7	9.9	55.6
4	190.2 ± 7.5	9.4	48.1

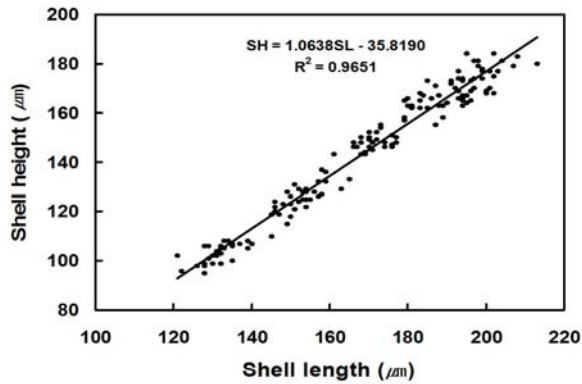


Fig. 3. Relationship between shell length (SL) and shell height (SH) of *Meretrix petechialis* larvae.

m (Fig. 2E)의 침착기 유생으로 성장하였다. 각장의 일간성장은 1일째 24.5 µm, 2일째 15.0 µm, 3일째 9.9 µm, 그리고 4일째에 9.4 µm로 사육 초기에 성장이 빨랐으며, 사육 일수가 길어질수록 성장이 느려졌다.

생존율은 사육 1일째 81.5%, 2일째 66.7%, 3일째 55.6%로 D형 유생 초기에 폐사율이 높았으며, 사육 4일째에 130,000 개체가 생존하여 48.1%를 보였다 (Table 2).

유생의 각장 (SL) 에 대한 각고 (SH) 의 상대성장식은  $SH = 1.0638SL - 35.8190$  ( $R^2 = 0.9651$ ) 이었다 (Fig. 3).

### 3. 재료와 치폐사육

2001년 8월 13일 각장 0.19 ± 0.01 mm의 침착기 유생 (Fig. 4A) 130,000 개체를 모래 저면순환여과 수조에 수용하여 사육한 결과, 사육 18일째 (Fig. 4B) 각장 0.5 ± 0.1

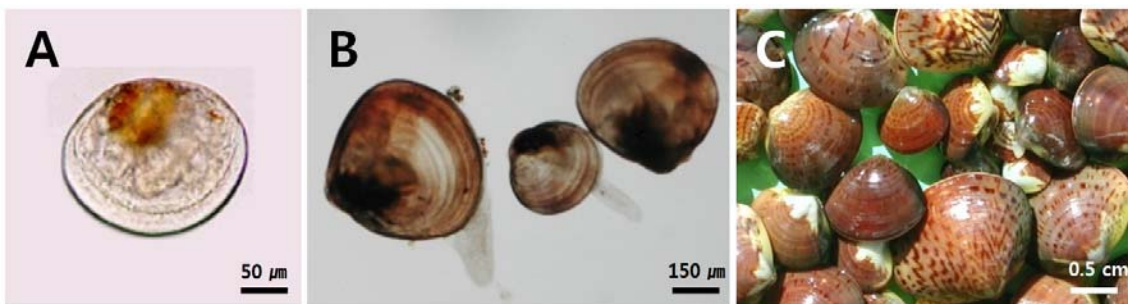


Fig 4. Developmental stage of *Meretrix petechialis* spats. **A**: metamorphosing stage (SL 190 µm), **B**: Spat stage (SL 500 µm), **C**: Spat stage (SL 1.2 cm).

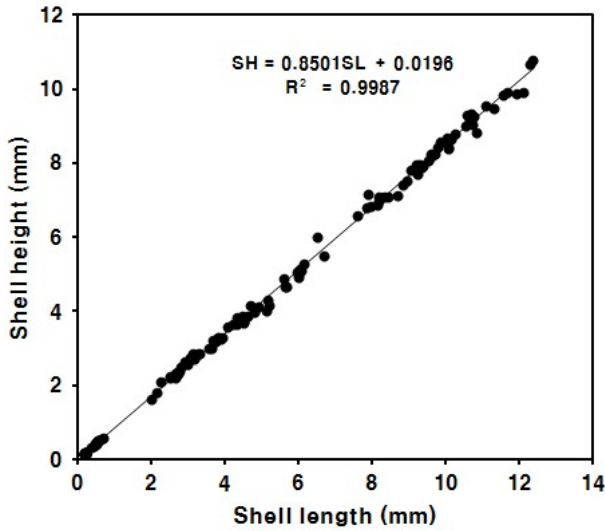


Fig. 5. Relative growth of shell length (SL) and shell height (SH) of *Meretrix petechialis* spats.

mm, 46일째  $3.1 \pm 0.8$  mm, 67일째  $5.1 \pm 1.2$  mm, 87일째  $6.6 \pm 1.8$  mm, 그리고 사육 114일째에  $10.5 \pm 0.9$  mm의 치패 (Fig. 4C) 로 성장하였다. 침착기 유생부터 각장 10 mm까지 치패의 각장 (SL) 에 대한 각고 (SH) 의 상대성장식은  $SH = 0.8501SL + 0.0196$  ( $R^2 = 0.9987$ ) 이었다 (Fig. 5).

생존율은 초기 침착 치패인 각장 3.1 mm 이하에서 대량 폐사가 일어났으나, 사육 46일째 53.8%, 67일째 49.2%, 87일째 43.6%, 그리고 114일째인 12월 5일에 51,000 개체가 생존하여 생존율은 39.2%였다 (Table 3).

### 고 찰

한국 조개류 중에서 대량 인공종묘생산 기술이 개발된 품종은 대부분 산업적으로 중요한 종으로, 부착성 조개류인 굴, *Crassostrea gigas*, 홍합, *Mytilus coruscus*, 진주조개, *Pinctada fucata martensii*, 비단가리비, *Chlamys farreri*, 일시부착성 조개류인 피조개, *Scapharca broughtonii*, 참가리비, *Patinopecten yessoensis*, 비부착성 조개류인 바지락, *Ruditapes philippinarum*, 개조개, *Saxidomus purpuratus*, 북방대합, *Spisula sachalinensis*, 꼬끼리조개, *Panopea japonica* 등이다. 말백합은 비부착성 조개류로서 자연에서 발생된 종묘를 활용하여 양식하였으나, 최근 새만금 간척사업으로 인해 자연종묘의 발생장이 축소됨으로써 인공종묘생산의 필요성이 크게 대두되고 있는 실정이다.

본 연구에서 말백합의 인공종묘생산을 위해서 실시한 치패 사육실험에서 각장  $0.19 \pm 0.01$  mm 크기의 침착기 유생을 사용하여 사육 18일째 각장  $0.5 \pm 0.1$  mm, 46일째 각장  $3.1 \pm 0.8$  mm, 생존율 53.8%, 67일째 각장  $5.1 \pm 1.2$  mm, 생존율 49.2%, 87일째 각장  $6.6 \pm 1.8$  mm, 생존율 43.6% 그리고 114일째 각장  $10.5 \pm 0.9$  mm로 성장하였으며, 생존율은 39.2%였다. 上城等 (1978) 은  $2.0 \times 1.0 \times 0.5$  m 수조에서 본 연구와 같은 저면 모래순환여과 방법으로 각장  $0.19 \pm 0.05$  mm 크기의 침착기 유생 450,000 개체를 사육하여 22일째 각장  $0.64 \pm 0.06$  mm, 생존율 70.3%, 50일째 각장  $1.30 \pm 0.2$  mm, 생존율 66.7%, 88일째 각장  $3.62 \pm 0.6$  mm, 생존율 56.7%, 119일째 각장  $3.70 \pm 0.5$  mm, 생존율 47.8%로 보고하였다. 본 연구 결과와는 성장에 있어 차이를

Table 3. Growth of shell length and survival (%) of *Meretrix petechialis* spats

Elapsed days	Shell length (mean $\pm$ SD, mm)	Number of spat	Survival (%)
0	$0.19 \pm 0.01$	130,000	100
18	$0.5 \pm 0.1$	-	-
36	$2.4 \pm 0.4$	-	-
46	$3.1 \pm 0.8$	70,000	53.8
57	$4.1 \pm 1.2$	-	-
67	$5.1 \pm 1.2$	64,000	49.2
77	$5.6 \pm 1.3$	-	-
87	$6.6 \pm 1.8$	56,700	43.6
98	$9.1 \pm 1.0$	53,000	40.8
114	$10.5 \pm 0.9$	51,000	39.2

보였으며, 이는 사육 수온과 밀도의 차이인 것으로 판단된다. 본 연구는 가온에 의해 높은 수온이 유지된 반면, 上城 等 (1978) 은 자연해수로 사육하여 고수온기에는 치패의 성장이 빨랐으나, 수온이 20℃ 이하로 낮아지는 10월 중순부터는 거의 성장이 정지하였다. 그리고 사육밀도는 침착기 유생을 기준으로 했을 때, 上城 等 (1978) 은 22.5 개체/cm<sup>2</sup>인 반면, 본 연구에서는 3.5 개체/cm<sup>2</sup>로 낮은 밀도를 보인 것도 성장이 빨랐던 요인인 것으로 판단된다. 생존율에 있어 上城 等 (1978) 은 침착 후 20일에 각장 0.64 mm 이하에서 29.7%가 폐사하고, 본 연구에서도 사육 46일째인 각장 3.1 mm까지 46.2%가 폐사하여 침착 초기에 대량 폐사가 일어나는 것은 알 수 있었다.

上城 等 (1978; 1979) 은 치패의 크기에 따른 외형상의 특징으로 크기 500 μm 전후에서 치패 개체간의 성장 차이가 심하며, 각장 1.0 mm 이상이 되면 패각이 불투명해지며 입출수관의 구별이 가능하고, 각장 2.0 mm가 되면 외관상으로 성패의 형태에 가까워지며, 각장 4 mm에서 패각에 무늬가 다양해진다고 보고하였는데, 본 연구에서도 각장의 크기에 따른 외부적인 형태의 특징이 같게 나타났다.

우리나라 말백합 양식은 주로 서해안의 간조시 간출되는 곳에서 이루어지고 있다. 백합류는 점액질을 이용하여 이동하는 습성이 있어 양식시 도피를 방지하기 위해서 조위망을 설치하여 양식하고 있다. 백합류의 양식용 종묘의 크기는 각장 10-20 mm (유, 2000), 국립수산물과학원 (1996) 에서는 각장 10-30 mm가 적합하다고 하여 말백합의 양식용 종묘로서 활용하기 위해서는 최소한 각장 10 mm가 되어야 한다.

본 연구에서 소규모 실험에서 밝혀진 결과를 대량 인공종묘 생산에 적용하여 채란에서부터 치패생산까지의 전 과정에 대해 실험 분석하였다. 특히 실내수조 3.75 m<sup>2</sup>에서 양식용 종묘로서 활용 가능한 각장 10 mm의 종패 51,000마리를 고밀도 생산한 것은 말백합 인공종묘생산 기술개발에 매우 의미있는 연구성과로서, 앞으로 비부착성 저서 조개류의 인공종묘생산에 의미있는 기반기술이 될 것으로 기대된다.

## 요 약

2001년 8월 8일부터 12월 5일까지 말백합 대량 인공종묘 생산 실험을 실시하였다. 채란은 평균각장 65.8 ± 8.4 mm의 어미 100 개체로부터 공기노출과 수온상승 자극 방법으로 채란하였으며, 수정란에서 D형유생까지 발생 소요시간은 수온 27℃에서 17시간 40분, 발생률은 6.1%, D형유생은 각장 131.4 ± 2.6 μm였다. D형유생은 4일간 사육하여 각장 190.2 ± 7.5 μm의 침착기 유생으로 성장하였고, 생존율은 48.1%였다. 이후 침착기 유생 130,000 개체를 저면 모래순환 여과 방법으로 침착시켜 사육하였으며, 46일째 평균각장 3.1

± 0.8 mm, 87일째 6.6 ± 1.8 mm, 그리고 114일째에 10.5 ± 0.9 mm로 성장하였다. 치패의 각장 (SL) 에 대한 각고 (SH) 의 상대성장식은 SH = 0.8501SL + 0.0196 (R<sup>2</sup> = 0.9987) 로 나타났다. 초기 침착치패인 각장 3.1 mm 이하에서 대량폐사가 일어났으며, 생존율은 사육 46일째 53.8%, 87일째 43.6%, 그리고 114일째에 51,000 개체가 생존하여 생존율 39.2%를 나타냈다.

## REFERENCES

- Choi, K.C. (1971) Ecological studies of the clam, *Meretrix lusoria* and *Cyclina sinensis* for the increasing seed clam yield. *Korean Journal of Limnology*, **4**: 9-19. (in Korean)
- Choi, S.S. (1975) Comparative studies on the early embryonic development and growth of *Meretrix lusoria* and *Cyclina sinensis*. *Bulletin of the Korean Fisheries Society*, **8**: 185-195. (in Korean)
- Choi, S.S. (1976) A study on the artificial discharge and young clam culture of *Meretrix lusoria*. *Korean Journal of Limnology*, **9**: 7-14. (in Korean)
- Choi, S.S. and Song, Y.K. (1974) Studies on the artificial fertilization and development of *Meretrix lusoria*. *Bulletin of the Korean Fisheries Society*, **7**: 1-6. (in Korean)
- Chung, E.Y. and Kim, Y.M. (2000) Ultrastructural study of germ cell development and sexual maturation of the hard clam, *Meretrix lusoria* (Bivalvia: Veneridae), on the west coast of Korea. *Journal of Medical and Applied Malacology*, **10**: 181-202.
- Hur, Y.B. (2004) Dietary value of microalgae for larvae culture of Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. Ph.D. thesis, Pukyong National University, 133 pp. (in Korean)
- Iwata, K.S. (1948) Artificial discharge of reproductive substances by potassium salts injection in *Venerupis philippinarum*, *Meretrix lusoria* and *Macra sulcataria* (Bivalves). *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, **13**: 237-240. (in Japanese)
- Kim, B.H., T.S. Moon, K.Y. Park, Y.G. Jin and Y.K. Shin (2009) Effect of temperature on induced sexual maturation of the hard clam, *Meretrix petechialis* (LAMARCK) broodstock. *Korean Journal of Malacology*, **25**: 113-119. (in Korean)
- Kim, T.I., C.S. Ko, Y.B. Hur, Y.G. Jin and Y.J. Chang (2011a) Effect of water temperature, salinity and rearing density on the egg development of the hard clam, *Meretrix petechialis* (Lamarck). *Korean Journal of Malacology*, **27**: 167-173. (in Korean)
- Kim, T.I., C.S. Ko, Y.B. Hur, M.H. Yang and Y.J. Chang (2011b) Growth and survival of the hard clam, *Meretrix petechialis* (Lamarck) larvae to food organisms. *Korean Journal of Malacology*, **27**: 175-180. (in Korean)
- Lee, J.H. (1997) Histological studies on the

- gametogenesis and reproductive cycle of the hard clam, *Meretrix lusoria*. *Korean Journal of Malacology*, **13**: 131-141.
- National Fisheries Research and Development Institute. (<http://portal.nfrdi.re.kr>)
- Numaguchi, K. (1997) A preliminary trial to induce maturity and spawning of the common oriental clam, *Meretrix lusoria* out of spawning season. *Journal of the World Aquaculture Society*, **28**: 118-120.
- Sagara, J. (1958a) Artificial discharge of reproductive elements of certain bivalves caused by treatment of sea water and by injection with NH<sub>4</sub>OH. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, **23**: 505-510. (in Japanese)
- Sagara, J. (1958b) On the optimum temperature and salinity for the development of hard clam, *Meretrix lusoria*. *Bulletin of the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory*, **22**: 27-32. (in Japanese)
- Taki, I. (1949) Spawning season of *Meretrix lusoria* (Bivalve). *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, **15**: 479-486. (in Japanese)
- 국립수산과학원 (1996) 양식품종별 표준 설계도. 구덕인쇄사, 45-49.
- 유성규 (2000) 천해양식. 구덕출판사, 251-261.
- 藤森三郎, (1929) 有明海干潟利用研究報告. 福岡水試, 175 pp.
- 内藤新吾, (1930) 主要貝類の産卵時期調査. 千葉水試内灣分場既往事業報告, 昭和5年度 21-23.
- 上城義信. 幡手格一. 安東正雄, (1978) ハマガリ人工種苗と稚貝の飼育. *栽培技研*, **7**: 39-50.
- 上城義信. 安東正雄. 松本正勝, (1979) ハマガリの人工採苗の成長とその生態に関する二, 三の實驗. *栽培技研*, **8**: 1-8.
- 小形國三, (1965) ハマガリ. 淺海養殖60種. 大成出版社, 228-236.
- 伊藤進. 小木曾卓郎, (1954) 松川浦に於けるアサリ. ハマガリの増殖に関する研究, 第2報 1-13.
- 宍戸一郎, (1895) 仙台地方貝類産卵期. *水産調査報告*, **3**: 27-116.