

비단가리비, *Chlamys farreri*의 산란과 유생사육

박기열*, 김수경¹, 서형철¹, 마채우²
국립수산과학원 패류연구센터, ¹갑각류연구센터
²순천향대학교 해양생명공학과

Spawning and Larval Development of the Jicon Scallop, *Chlamys farreri*

Ki-Yeol Park*, Su-Kyoung Kim¹, Hyung-Chul Seo¹ and Chae-Woo Ma²

Shellfish Research Center, National Fisheries Research and Development Institute, Namhae 668-821, Korea

¹Crustacean Research Center, National Fisheries Research and Development Institute, Taean 357-945, Korea

²Department of Marine Biotechnology, Soonchunhyang University, Asan 336-600, Korea

This study focused on spawning season, induce spawning, spawning and larval development of the Jicon scallop in Daehuksan Island of southwestern waters in Korea. The condition index and gonadosomatic index were used to investigate the reproductive pattern of the Jicon scallop. The major spawning season was from July to August, showing an unimodal gametogenic cycle per year. Several different tests were carried out to induce spawning of the mature male and female *C. farreri*. For females, the injection of serotonin, temperature induction technique and the combination of the both treatments produced significantly faster gamete release. Unlike females, males spawned only in response to the UV rays irradiation stimulation. Mean size of fertilized eggs was 69.5 μm in diameter. After fertilization, the zygote could be divided into 2 cells as early as 2 hours. It took about 8 hours to develop the 8-cell stage, about 20 hours to hatch trochophore larvae, and about 40 hours to be D-shaped larvae.

Keywords: *Chlamys farreri*, Reproductive cycle, Induce spawning, Larval development

서 론

비단가리비, *Chlamys farreri*는 연체동물(Molluscs)문, 이매패(Pelecypoda)강, 진다치(Eutaxidonta)목, 가리비(Pectinidae)과에 속하는 이매패류로서, 가리비과에는 세계적으로 300여종이 서식하고 있는 것으로 알려져 있다. 이들 대부분은 한해성으로 남·북위 다같이 34°30' 보다 고위도 지방에 분포한다(노 등, 1997). 비단가리비 서식지역은 한국의 전 연안과 일본, 중국의 북부(산동성 일대)이며, 서식 수심은 10~30 m이고 저질은 암반과 자갈로 된 조류가 빠른 곳이다. 또한 염분과 투명도는 비교적 높고 서식 수온은 3~28°C로 광범위하나, 성장 최적 수온은 큰가리비보다 비교적 높은 20~23°C의 수온이다(노 등, 1997). 한국에서 이들의 주 생산지는 대흑산도와 백령도 해역으로 소형 형망이나 잠수기 등에 어획되고 있으며, 최근 들어 자원이 감소하는 추세에 있다.

비단가리비에 대한 연구로는 외국에서는 주로 러시아와 중국

등에서 많이 연구되었는데, 이들의 생식주기에 대한 연구는 Liao et al. (1983)과 Yakovlev and Afeichuk (1995)의 연구가 있으며, 유생성장(Li et al., 1989; Kuang et al., 1997), 양성시험(Sun et al., 1977; Sun et al., 1996; Yang et al., 1999), 3배체 생산(Yang et al., 1999), 4배체 생산(Yang et al., 1999) 등이 있다. 국내에서 수행된 연구는 대흑산도 근해의 비단가리비 분포 및 생태(Whang and Kim, 1973), 대흑산도 근해의 비단가리비 자원조사(조 등, 1996), 성장과 산란(Kang and Zhang, 2000), 유생발생(Hur et al., 2001), 실험실에서의 인공종묘생산(Na et al., 1995), 남해와 서해의 비단가리비 자연체묘 및 양성시험(경상남도, 1996; 노 등, 1997)에 관한 연구가 있을 뿐이다. 이 연구에서는 전남 대흑산도 연안에서 채취한 비단가리비의 산란기, 산란유발, 난발생 및 유생사육 등의 실험을 실시하였다.

재료 및 방법

실험에 사용한 비단가리비는 전남 대흑산도 연안에서 1998년 3월부터 1999년 2월까지 매월 1회 형망으로 채집하였다. 채

*Corresponding author: kypark@nfrda.re.kr

집된 비단가리비는 실내 연구실로 운반하여 매달 30마리씩 각 고(shell height: SH), 각장(shell length: SL) 및 각폭(shell width: SW)은 디지털 Vernier caliper (Mitutoyo Corporation; CD-20B)를 사용하여 0.01 mm까지 측정하였다. 육중량(meat weight: MW) 및 생식소중량(gonad weight: GW)은 전자저울(Sartorius; E5500S)을 사용하여 0.01 g까지 측정하였다. 이 후 이들 자료를 이용하여 비만도(condition index: CI, $MW \times 10^3 / SL \times SH \times SW$) 및 생식소 중량지수(gonadosomatic index: GSI, $GW \times 100 / MW$)를 구하여 산란기를 추정하였다.

산란유발을 위하여 사용한 어미는 실험지역에서 채취한 것 중에서 생식소가 충분히 성숙하고 활력이 좋은 것만을 사용하였다. 산란자극 방법으로는 간출자극, 온도자극, 자외선 조사해수 자극을 단독 또는 혼합하여 실시하였으며, 최근에 일반적으로 패류의 산란유도에 효과가 높은 것으로 알려진 serotonin (Matsutani and Nomura, 1982)을 사용하였다.

간출자극은 해수에서 사육하던 어미를 온도가 10°C 정도 높은 공기 중에 30~60분간 노출시킨 후에 해수에 옮겨 방란·방정을 시도하였다. 온도자극에서는 전기히터를 사용하여 10분에 1°C씩 수온을 상승시켜 자연해수 온도보다 3~5°C 정도 높게 하였다. 자외선 조사해수 자극은 자외선살균기를 통과한 해수에 비단가리비를 수용하였다. Serotonin은 1 µm로 여과된 해수에 용해시켜 비단가리비가 가장 반응률이 높았던 2 mM 농도로 희석하여 비단가리비 폐각근에 각각 0.4 ml씩 주사하였다(임 등, 1995). 방란·방정된 알과 정자는 즉시 인공수정 시킨 후 30 µm 망목을 사용하여 깨끗한 여과해수로 3~4회 세란 한 뒤 부화조에 수용하였다.

산란, 수정 후 부화된 trochophore 유생은 수온 18°C로 유지된 FRP 2톤 원형수조에 옮겨 주었으며, D상 유생으로 변태한 후에는 수온을 21°C로 올려 aeration을 약하게 하면서 먹이생물을 공급하였다. 사육수는 1 µm 여과기를 거친 여과해수를 2일에 한번씩 전량 환수하였다.

사육방법은 지수식으로 하였고 2일에 한번씩 사육수를 교환하였으며, 먹이는 *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros calcitrans* 및 *Nannochloris oculata*를 섞어서 공급하였고 사육초기에는 10,000 cells/ml에서 3, 4일 간격으로 10,000 cells/ml씩 농도를 올려 50,000 cells/ml까지 먹이량을 단계적으로 늘려 공급하였다.

결 과

산란기

비단가리비의 산란기를 파악하기 위하여 비만도와 생식소중량지수를 조사하였다. 월별 비만도는 3월에 암컷 0.13±0.01, 수컷 0.14±0.02에서 계속 증가하여 5월에 암컷 0.17±0.02, 수컷 0.16±0.02로 가장 높은 값을 유지하다가 8월에 암수 모두 0.11±0.01까지 감소하였다(Fig. 1).

월별 생식소 중량지수는 3월에 암컷 3.81±0.84, 수컷 3.97±1.03

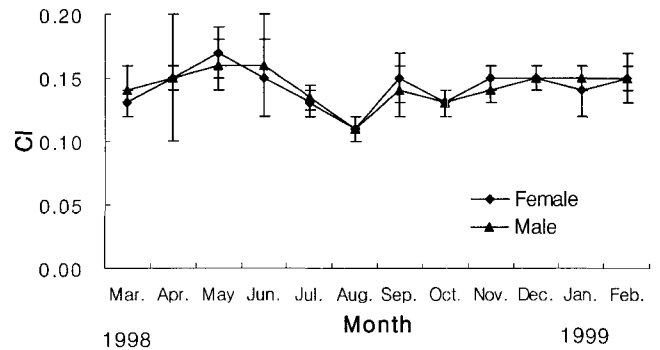


Fig. 1. Monthly variation of CI of *C. farrieri*.

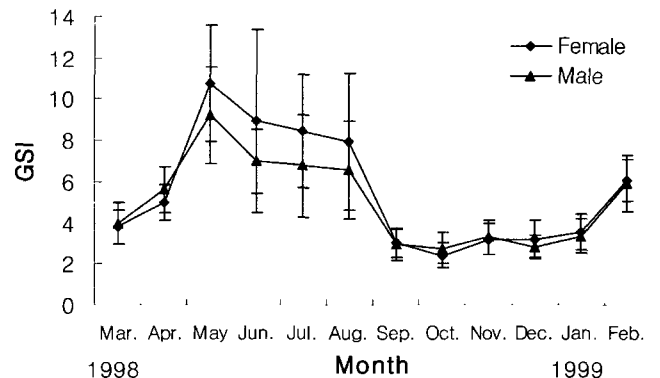


Fig. 2. Monthly variation of GSI of *C. farrieri*.

에서 5월에 암컷 10.73±2.81, 수컷 9.22±2.36까지 계속 상승하다 6~8월까지 소폭 하강하여 9월에 암컷 3.05±0.71, 수컷 2.95±0.76까지 큰 폭으로 감소하였다(Fig. 2). 이와 같은 연구 결과를 종합하여 분석해 볼 때 대흑산도산 비단가리비의 산란기는 5~8월로 추정되어진다.

산란유발

비단가리비의 산란유발 결과는 Table 1과 같다. 비단가리비의 암수 방란·방정은 serotonin 2 mM 농도로 0.4 ml를 폐각근에 주사한 것이 암수 모두 100% 반응을 하여 가장 좋았으며, 온도상승 자극에서는 암수 모두 80%의 반응을 보였고, 여러 가지 방법을 혼합하여 자극을 주었을 경우에는 암컷 80%, 수컷 100%의 반응을 보였다. 자외선 조사 해수에 수용하여 자극을 준 것은 암컷은 반응하지 않고 수컷만 정자를 방출하였으며, 간출만으로 산란을 유도한 경우에는 반응을 보이지 않았다.

유생사육

비단가리비의 난발생 과정을 현미경으로 관찰한 결과는 Fig. 4와 같다. 수정란과 부화유생의 초기발생은 수온 18°C, D상 유생에서 부착기까지는 21°C에서 관찰한 것이다(Table 2).

수정란의 크기는 약 69.5 µm였고(Fig. 3A), 수정 후 2시간이 지나면 2세포기(Fig. 3D)로 되고, 5시간 후 4세포기(Fig. 3E), 수정 8시간 후에 8세포기(Fig. 3F)가 되었다. 수정 후 14시간이

Table 1. Results according to methods of stimulation of induced spawning in *C. farreri*

Methods of stimulation	Water temperature (°C)	No. of spawning		No. of eggs (×10 ⁴)	No. of hatching (×10 ⁴)
		♀	♂		
Air exposure	20	0/5	0/5		
Temperature rise	20→23	4/5	4/5	180	110
UV ray irradiation	20	0/5	2/5		
Mixed	20→23	4/5	5/5	200	120
Serotonin injection	20	5/5	5/5	350	160

※Mixed: air exposure+temperature rise+UV ray irradiation

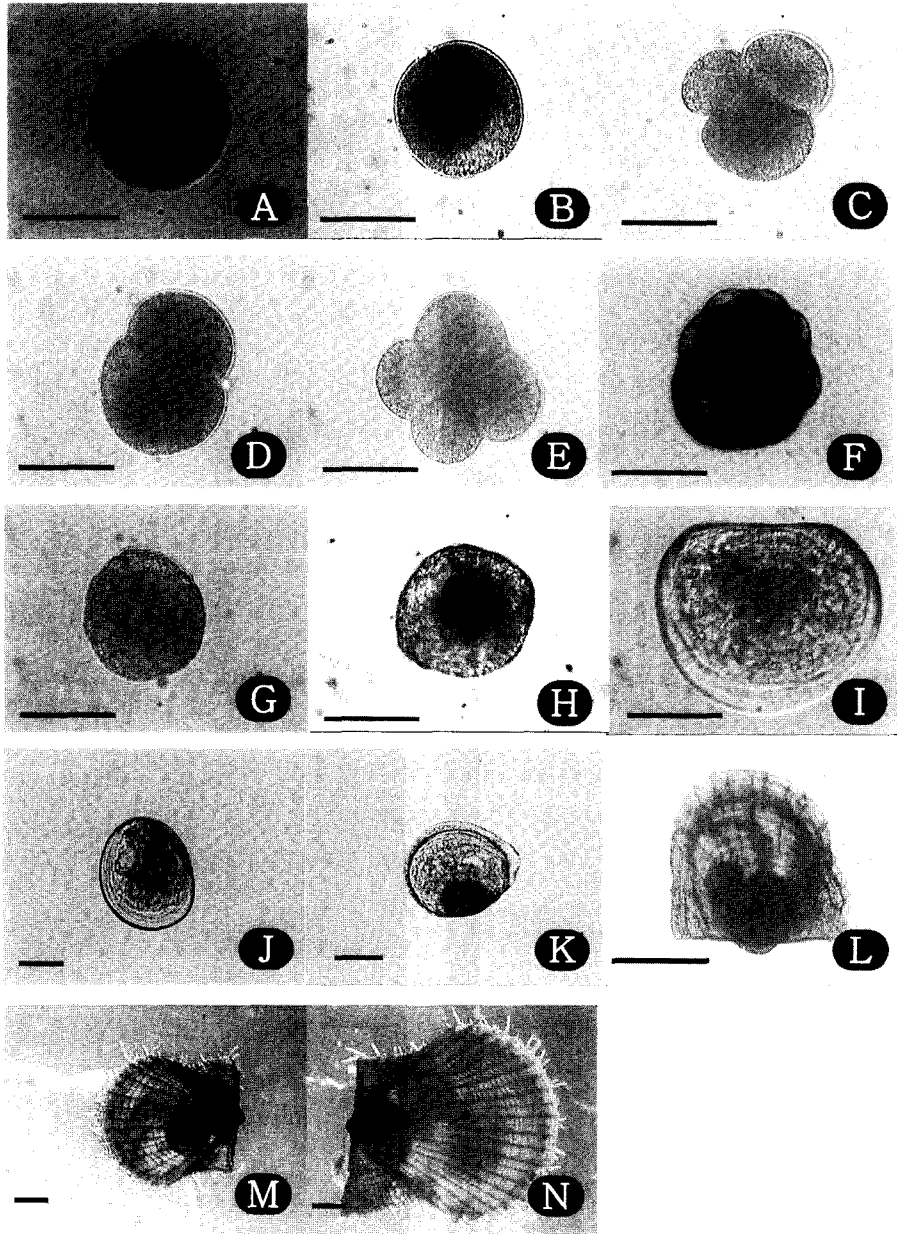


Fig. 3. Early development of *C. farreri*. A, fertilized egg; B, 1st polar body; C, trefoil; D, 2 cell stage; E, 4 cell stage; F, 8 cell stage; G, morula stage; H, trochophore stage; I, D-shaped larva; J, umbo stage larva; K, metamorphosis stage larva; L, attached spat (50 days); M, attached spat (65 days); N, attached spat (80 days) (scale bar=A~K; 50 μm, L~N; 500 μm).

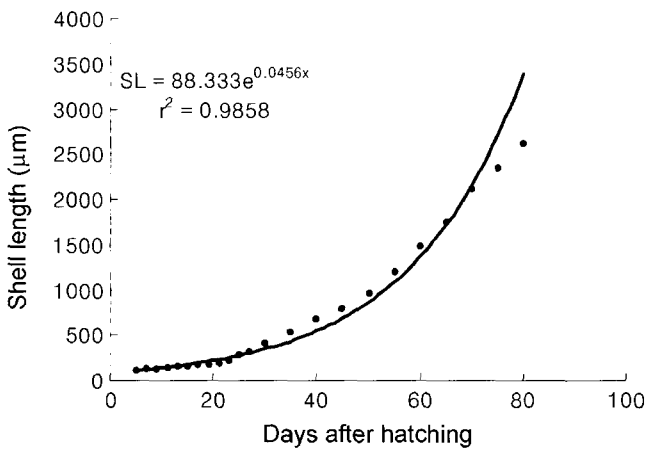
지나면 상실기(Fig. 3G)에 이르고, 20시간 후에는 섬모환으로 회전운동과 상하운동 등 비교적 자유로운 유영활동을 하는 담

륜자 유생으로 부화하였다(Fig. 3H).

수정 후 36시간이 지나면 유각을 형성하기 시작하였으며, 40

Table 2. Early development of *C. farreri* from 18°C to 21°C

Stage	Elapsed time after fertilization	Size (μm)	
		Shell length	Shell height
Fertilized egg	0		69.5
2-cell	2 hours		
4-cell	5 hours		
8-cell	8 hours		
Morula stage	14 hours		
Trochophore	20 hours		
D-shaped larva	40 hours	91.4	73.5
Late D-shaped larva	7 days	129.6	107.6
Umbo stage larva	11 days	151.3	129.1
Attached spat	18 days	175.4	151.7

**Fig. 4.** Growth curve of the larvae of *C. farreri*.

시간 후에는 각장 91.4 μm, 각고 73.5 μm의 D형 유생으로 되었다(Fig. 3I). 수정 11일 후에는 각장 151.3 μm, 각고 129.1 μm인 각정기 유생으로 성장하며(Fig. 3J) 각정 형성이 시작되었다.

수정 18일째에는 각정부가 돌출하면서 투명한 주연각이 형성되고 이때는 각장 175.4 μm, 각고 151.7 μm가 되며(Fig. 3K), 기질에 부착하는 개체가 보이기 시작했다. 수정 25일째에는 주연각이 더욱 성장하여 각장 238.3 μm, 각고 211.0 μm에 달했다. 또한 50일째에는 각장 954.4 μm (Fig. 3L) 크기의 부착치패로서 죽사가 형성된 것을 뚜렷이 관찰할 수 있다. 65일째에는 각장 1.7 mm (Fig. 3M), 80일째에는 2.6 mm (Fig. 3N)로 성장하였다.

수정 후 5일째인 D형 유생에서 80일째인 부착치패까지 측정 한 부화 후 경과일수(X)에 따른 각장(SL)의 성장은 $SL=88.333e^{0.0456X}$ ($r^2=0.9858$)의 회귀 직선식으로서 Fig. 4와 같이 나타났다.

고 찰

패류의 산란기를 추정하는 방법으로는 비만도 조사, GSI 조사, 생식소의 조직학적 관찰 및 부유유생 출현량을 조사하는 방법 등이 이용되어 왔다. 비단가리비의 산란기를 알기 위하여 비만도 및 GSI를 조사한 결과, 비만도는 5월에 암컷 0.17, 수컷

0.16으로 가장 높았으며, 이후 비만도는 8월까지 감소하였다. GSI는 5월에 암컷 10.73, 수컷 9.22로 가장 높았으며, 이후 9월까지 감소하였다. 이 연구 결과를 종합해 볼 때 대흑산도산 비단가리비의 산란기는 5~8월로 추정되어진다. 이 결과는 거제산 비단가리비의 산란기는 6~9월이고(임 등, 1995), 백령도산 비단가리비의 산란기는 6~8월이라 하여(노 등, 1997) 한국의 서·남해안 비단가리비의 산란기는 거의 비슷한 것으로 나타났다. 그리고 한국에서 서식하는 가리비류의 산란기를 비교하여 볼 때 참가리비는 비만도가 4월에 암컷 0.204, 수컷 0.193으로 가장 높았고, GSI도 4월에 암컷 22.66, 수컷 20.46으로 가장 높아 산란기가 4~6월로 추정된다고 하였고(Park, 1998), 해가리비의 GSI는 암수 모두 11월에 22.17, 14.98로 최고치를 보여 산란기가 11월~1월로 추정된다고 하였으며(Son, 1997), 해만가리비의 GSI는 4월에 20.3으로 최고값을 나타내 산란기가 5월~6월로 추정된다고 하여(Oh, 2000), 비단가리비의 산란기는 참가리비와 해만가리비보다 늦고, 해가리비보다는 빨랐다.

이매패류의 인공 산란유발 방법으로는 온도자극(Loosanoff and Davis, 1950; Kanno, 1962), 간출자극(류 등, 1993), 전기자극(Kanno, 1962) 등의 물리적 자극과 NH_4OH , H_2O_2 , $NaCl$, serotonin 등에 의한 화학적 자극(Sagara, 1958; Iwata, 1971; Matsutani and Nomura, 1982; Crawford, 1986; Bräley, 1995; Morse et al., 1977), 자외선 조사해수 자극(菊地·浮, 1974) 등이 시도되고 있다. 본 연구에서 비단가리비 산란유발 방법으로 온도자극, 간출자극, 자외선조사해수 자극, 위 3가지를 혼합한 자극 및 serotonin 주사를 실시하였으나, 그 중에서 serotonin 주사, 온도자극, 혼합자극에서 반응률이 가장 높았다. 반면에 자외선조사해수 자극은 수컷만 반응을 하였고 간출자극은 반응이 없어 산란유발 효과가 없는 것으로 나타났다. 이것은 혼합자극이 비단가리비의 산란유발 반응률이 가장 높다고 한 Na et al. (1995)과 임 등(1995)의 보고와 일치하였다. 해가리비에서도 온도상승자극, 그리고 간출자극과 온도상승을 병행하여 실시한 경우 가장 반응률이 높아(Son, 1997) 비단가리비와 비슷하였다. serotonin 주사는 산란량은 수온자극과 혼합자극보다 많으나 부화율은 낮은 것으로 나타났다. 이와 같은 이유는 serotonin을 생식소에 주사하면 생식소 내에 있는 모든 것을 방출하므로 크기가 작고 성숙이 완전히 이루어지지 않은 미숙란이 많기 때문인 것으로 생각된다.

본 조사에서 비단가리비의 수정란은 크기가 69.5 μm로 임 등(1995)이 보고한 65.4 μm, Hur et al. (2001)가 보고한 64.3 μm보다 컸으며, 가리비류 중에서 참가리비 77 μm (장 등, 1982), 해가리비 72 μm (Son, 1997)에 비해 작았으나, 해만가리비 52 μm (Oh, 2000) 보다는 큰 것으로 나타났다.

비단가리비의 수정란이 D상 유생에 도달하는 시간은 수온 18°C에서 수정 후 40시간이었는데, 이것은 Na et al. (1995)이 보고한 수온 11.5°C에서 수정 후 3일, 임 등(1995)이 보고한 수온 20°C에서 34.5시간, 허(1994)가 보고한 21°C에서 24시간이

소요된다는 것과는 차이가 있었으며, 초기 D상 유생의 크기는 각장 91.4 μm 로 임 등(1995)이 보고한 90.2 μm 보다는 크고, Na et al. (1995)이 보고한 95 μm 보다는 작았다. 이것은 수온이 높을수록 난 발생이 빨라지는 것으로 수온 상승에 따라 생화학 반응 및 생물학적 대사 속도가 빨라진다고 하는 Q_{10} 의 법칙에 부합되는 결과이다.

Na et al. (1995)은 비단가리비 유생을 수온 22°C에서 사육한 결과 부착기 유생까지 성장하는데는 수정 후 21일이 소요되고, 각장의 크기는 155 μm 라고 보고하였으며, Hur et al. (2001)은 수온 20°C에서 사육한 결과 부착기 유생까지 성장하는데 수정 후 16일이 소요되었고, 이때 평균 각장은 182 μm 라고 보고하였다. 본 연구에서는 평균수온 19.5°C에서 사육한 결과 부착기 유생까지 성장하는데 수정 후 18일이 소요되었고, 이때 평균 각장은 175.4 μm 로 Na et al. (1995)과 Hur et al. (2001)의 결과와는 차이를 보였다. 이것은 유생의 성장이 먹이(Whyte et al., 1990), 유생 사육수온과 밀도(Beaumont and Budd, 1982) 등과 같은 사육 조건에 따라 다르며, 또 알의 영양학적 특성(Gallager et al., 1986)에 따라 다를 수 있기 때문인 것으로 생각된다.

요 약

비단가리비의 인공종묘생산 기술개발의 일환으로 산란기 조사, 산란유발, 난 발생 및 유생 발달과정을 관찰한 결과를 요약하면 다음과 같다.

비단가리비의 산란기를 알기 위하여 비만도 및 GSI 분석 결과 비단가리비의 산란기는 5~8월로 추정되어지며, 단일 생식주기를 나타내었다. 어미의 각종 산란유발 자극에 대한 반응은 Serotonin 주사, 온도자극, 혼합자극에서 반응률이 가장 높았으며, 자외선 조사해수 자극은 수컷만 반응을 하였고 간출자극은 반응이 없어 효과가 없는 것으로 나타났다. 비단가리비의 수정란의 크기는 69.5 μm 였고, 수정 후 약 2시간 후에 2세포기, 8시간 후에 8세포기, 20시간 후에는 담륜자유생으로 부화하였으며 40시간 후에는 D상 유생, 11일 후에는 각정기로 성장하였다. 수정 18일 후에는 부착기 유생으로 발달하였으며 80일째는 각장 2.6 mm로 성장하였다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원에서 수행한 경상연구과제인 '비단가리비 기초기술개발 연구' 결과입니다.

참고문헌

Braley, R. D., 1995. Serotonin induced spawning in giant clams (bivalvia; Tridacnidae). *Aquaculture*, 47, 321-325.

- Beaumont, A. R. and M. D. Budd, 1982. Delayed growth of *Mytilus edulis* and scallop (*Pecten maximus*) veligers at low temperature. *Mar. Biol.*, 71, 97-100.
- Crawford, C. M., 1986. Spawning induction, and larval and juvenile rearing of the giant clam, *Tridacna gigas*. *Aquaculture*, 58, 281-295.
- Gallager, S. M., R. Mann and G. C. Sakaki, 1986. Lipid as an index of growth and viability in three species of larvae. *Aquaculture*, 56, 81-103.
- Hur, Y. B., C. H. Wi, T. I. Kim, C. Y. Chun, M. S. Hwang, Y. O. Kim and S. B. Hur, 2001. Development and Growth of larvae of three Scallops, *Patinopecten yessoensis*, *Chlamys farreri* and *Argopecten irradians irradians*. *Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Inst.*, 60, 23-31.
- Iwata, K. S., 1971. Spawning of *Mytilus edulis*, Acid-inhibition of spawning by KCl. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 17, 91-93.
- Kang, T. G. and C. I. Zhang, 2000. A study on the growth and spawning of Korean scallop (*Chlamys farreri*) around Wando, Korea. *Bull. Korean Soc. Fish. Tech.*, 36, 210-221.
- Kanno, H., 1962. Artificial discharge of reproductive substance of mollusca caused by repeated stimulation of temperature. *Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.*, 20, 114-120.
- Kuang, S., H. Sun, F. Li and J. Fang, 1997. Feeding and growth of scallop *Chlamys farreri* before and after spawning. *Mar. Fish. Res. China*, 17, 80-86.
- Li, M., B. Biao, Z. Pan and J. Sun, 1989. The use of micro-algae in rearing experiments on larval scallop, *Chlamys farreri* (Jones and Preston). *Trans. Oceanol. Limnol.*, 1, 30-37.
- Liao, C., Y. Xu and Y. Wang, 1983. Reproductive cycle of the scallop *Chlamys farreri* (Jones and Preston) at Qingdao. *J. Fish. China*, 7, 1-13.
- Loosanoff, V. L. and H. C. Davis, 1950. Conditioning *V. mercenaria* for spawning in water and breeding its larvae in the laboratory. *Biol. Bull.*, 98, 60-65.
- Matsutani, T. and T. Nomura, 1982. Induction of spawning by serotonin in the scallop *Patinopecten yessoensis* (JAY). *Mar. Biol. Letters*, 3, 353-358.
- Morse, D. E., H. Duncan, H. Hooker and A. Morse, 1977. Hydrogen peroxide induce spawning in molluscs, with activation of prostaglandin endoperoxide synthetase. *Science*, 196, 298-300.
- Na, G. H., W. G. Jeong and C. H. Cho, 1995. A study on seedling production of Jicon scallop, *Chlamys farreri*. 1. Spawning, development and rearing of larvae. *J. Aquacult.*, 8, 307-316.
- Oh, B. S., 2000. Studies on the seedling production and aquaculture of Bay scallop, *Argopecten irradians* (Lamarck). Ph. D. thesis, Inha National University, Korea. 174 pp.
- Park, Y. J., 1998. Biological studies on aquaculture of the scallop, *Patinopecten yessoensis*(Jay). Ph. D. thesis, Cheju National University, Korea. 187 pp.
- Sagara, J., 1958. Artificial discharge of reproductive elements of certain bivalves caused by treatment of seawater and by injection with NH_4OH . *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 23, 505-510.
- Son, P. W., 1997. Biological studies on aquaculture of the Sun and Moon scallop, *Amusium japonicum japonicum* (Gmelin). Ph. D. thesis, Cheju National University, Korea. 128 pp.

- Sun, H., S. Kuang and F. Li, 1996. Studies on suitable cultures depths and method for scallop in Sanggou Bay. J. Fish. Sci. China, 3, 60-65.
- Sun, J., C. Lin, P. Li, Y. Jin and L. Zhou, 1977. The culture experiment of scallop *Chlamys farreri* in Nanji Islands. J. Zhejiang Coll. Fish., 16, 247-255.
- Whang, H. J. and M. N. Kim, 1973. Study on the distribution and ecology *Chlamys farreri nipponensis* Kuroda around the Taehuksan Is. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 11, 25-35.
- Whyte, J. N. C., N. Bourne and C. A. Hodgson, 1990. Nutritional condition of Rock Scallop, *Crassodoma gigantea* (Gray), larvae fed mixed algal diets. Aquaculture, 86, 25-40.
- Yakovlev, Y. M. and L. S. Afeichuk, 1995. The reproductive cycle of the scallop *Chlamys farreri* in the Sea of Japan. Fisheries, biology and aquaculture of Pectinids, 8th Int. Pectinid Workshop, 17, 193-198.
- Yang, A., Q. Wang, J. Kong, P. Liu, Z. Liu, H. Sun, F. Li, R. Wang and M. Jiang, 1999. Triploid induction in *Chlamys farreri* by application of 6-dimethylaminopurine. J. Fish. China, 23, 241-247.
- Yang, H., T. Zhang, J. Wang, P. Wang, Y. He and F. Zhang, 1999. Growth characteristics of *Chlamys farreri* and its relation with environmental factors in the intensive raft-culture areas of Sishiliwan Bay, Yantai. J. Shellfish Res., 18, 71-76.
- Yang, H., X. Guo, Z. Chen and Y. Wang, 1999. Tetraploid induction by inhibiting mitosis I in scallop *Chlamys farreri*. Chinese J. Oceanol. Limnol., 17, 350-358.
- 菊地省吾・浮永久, 1974. アワビ屬の採卵技術に関する研究, 第2報, 紫外線照射海水の産卵誘發效果. 東北水研報. 33, 79-86.
- 경상남도, 1996. 비단가리비 양식시험. 107 pp.
- 노한철, 정태준, 신남삼, 민병주, 이옥태, 1997. 비단가리비 자연채묘 및 양성시험사업. 농림부 특 정연구개발사업 연구보고서, 126 pp.
- 류호영, 박두원, 정춘구, 김경희, 전창영, 김대회, 명정인, 1993. 참담치 인공종묘생산기술에 관 한 연구. 경상남도, 156 pp.
- 임영수, 고창순, 이윤호, 1995. 비단가리비 종묘생산 기술개발 시험. 국립수산진흥원 남해수산연구소 사업보고, 355-360.
- 장정원, 정성채, 강해원, 이종문, 조영조, 서해립, 1982. 가리비 인공종묘생산시험. 국립수산진흥원 사업보고, 55, 5-16.
- 조현수, 손호선, 차병열, 박영철, 양원석, 최옥인, 1996. 비단가리비 자원조사. 국립수산진흥원 남 해수산연구소 사업보고, 108-124.

원고접수 : 2004년 10월 27일

수정본 수리 : 2005년 1월 17일