

새조개 (*Fulvia mutica*) 난 발생 및 유생 성장에 미치는 수온의 영향

김재민¹, 김상철¹, 허준욱¹, 임상민¹, 김영훈², 선승천³, 강경호¹

¹전남대학교 수산해양대학 해양기술학부, ²전라남도 해양수산과학원 내수면시험장, ³전라남도 해양수산과학원 전북연구센터

Effects of Water Temperatures on the Larval Development and Spat Growth of the Cockle Shell, *Fulvia mutica*

Jae Min Kim¹, Sang Chel Kim¹, Jun Wook Hur¹, Sang Min Lim¹, Young Hun Kim², Seung Cheon Seon³ and Kyoung Ho Kang¹

¹Department of Aquaculture, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

²Inland Fisheries Research Laboratory, Jeollanamdo Ocean and Fisheries Science Institute, Jangseong 515-803, Korea

³Abalone Research Center, Jeollanamdo Ocean and Fisheries Science Institute, Wando 537-801, Korea

ABSTRACT

The effect of water temperature on spawning induction, larval development, spat settling and its growth of the cockle shell, *Fulvia mutica*, were investigated to obtain the basic data for effective seed production. The eggs, which were randomly divided into 6 groups of water temperatures of 14, 17, 20, 23, 26 and 29°C, were transferred into 1 L beaker, respectively. The relationships between the water temperature and the required time (1/h, hour) by each egg developmental stage were calculated. Biological minimum water temperature and the cumulative water temperature until egg development of the veliger stage were calculated to be 0.1°C and 397.3°C, respectively. The optimal water temperature for developmental bioassay of *F. mutica* was clarified to be 23°C. The required time for the embryo to become veliger larvae was 20 hours at 23°C.

Key words : Cockle Shell, *Fulvia mutica*, egg developmental, seed production.

서 론

이매패류의 난발생과 유생의 발달에 관한 연구는 참담치 (Mokady, 1992), 대합 (Choi, 1975), 가무락 (허, 1994), 피조개 (류 등, 1993), 북방대합 (Lee, 1996), 살조개 (Yoon et al., 2005), 꼬막 (Moon et al., 2004), 진주조개 (Chang et al., 2000) 및 참굴 (Chang et al., 2000) 등 많은 연구가 있지만 새조개, *Fulvia mutica*의 난발생에 관한 연구는 전무한 실정이다.

새조개는 우리 나라, 동중국해, 홍콩 및 일본 등에 분포하며, 수심 10-50 m의 사니질에 주로 서식한다. 껍질이 얇고, 내면은 분홍색을 띄고 있으며, 육질부의 발은 길고 검은색이며, 맛이 좋아 식용 패류로서 가치가 높다 (Chang and Lee,

1982). 새조개의 주 생산 지역은 남해안의 진해만 및 득량만 등에서 생산되었으며, 서해안의 아산만 제방이 축조된 이래 천수만 외해에서 많이 생산되고 있다.

새조개와 관련된 연구로는 생식세포의 형성과정 및 생식주기 (Chang and Lee, 1982), 생육과 자숙육 및 자숙액즙의 식품성분 비교 (Kim et al., 1993a, b) 및 색소동정 (Bae et al., 1996) 등의 연구가 있다. 또한 국외에서는 성장, 자원량 평가, 어량과 개체군 구조 (Fujiwara, 1995; Tain and Shimizu, 1997a, b) 등에서 보고하였다.

이와 같이 국외에서는 성장 및 자원량에 대한 일부 보고되고 있으나, 국내에서는 식품가공학적 측면에서 주로 이루어졌으며, 양식과 관련하여 발생 및 종묘생산 등에 대한 연구는 전혀 이루어져있지 않다. 자연상태에서 새조개는 해양환경에 따라 유입장소, 가입량 및 생존율 등의 변화가 심하여, 해마다 어획의 풍흉에 따라 생산량의 변동이 차이가 많아 양식에 있어 많은 어려움이 있다.

따라서 본 연구에서는 새조개를 사용하여 수온별 난발생 및 최적 부화수온을 찾아 종묘생산을 위한 기초자료로 이용하고자 한다.

Received: February 8, 2012 ; Accepted: March 6, 2012
Corresponding author: Kang Kyoung Ho
Tel: +82 (61) 659-3165 e-mail: mobidic@chonnam.ac.kr
1225-3480/24420

재료 및 방법

채란용 어미는 전라남도 여자만에서 형망으로 채집한 새조개 모패로 크기와 활력이 비슷한 개체를 전라남도 여수시 화양면 (주)한국해양 사육실로 운반하여 실험에 사용하였다. 채집한 모패는 약 300마리로 각장 12.1 ± 1.2 cm, 65.2 ± 2.5 g이었다. 사육수온은 13°C로 유지하였으며, 염분은 33 psu로 유지하였다. 실험은 2011년 4월-6월에 실시하였다.

산란을 유도하기 위하여 1시간 간출시킨 후, 1 μ m 카트리지를 통과한 여과해수 (17°C, 33 psu) 에 다시 집어넣었다. 이렇게 해서 얻어진 수정란은 100 μ m의 물러거즈 위에서 여과해수로 5회 세척하여 정자, 미세 이물질 및 미성숙란 등을 제거하였다.

최적 발생 온도를 측정하기 위하여 14, 17, 20, 23, 26 및 29°C의 6개 실험구를 3반복으로 설정하였다. 각 실험구마다 수정란의 밀도를 mL 당 약 1개체가 되도록 조절하여 폴리카보네이트 재질의 1 L 투명용기에 넣고, 각 수온에 해당하는 배양기에 넣어 발생이 진행되도록 사육하였다. 배양용기에 수용한 후 1시간 간격으로 광학현미경 하에서 관찰하였다. 발생 단계별 소요시간은 관찰된 알의 50% 이상이 해당 발생 단계에 이르는 시간으로 하였다. 각 수온별로 부화한 유생의 백분율과 정상적으로 발생한 유생의 백분율을 계산하였다.

유생사육시 공급한 먹이생물은 *Chaetoceros calcitrans*, *Pavlova lutheri*와 *Tetraselmis* sp.의 식물플랑크톤을 배양실에서 통기배양법으로 순수배양하였으며, 배지로는 Conwy 배양액을 사용하였다. 먹이 공급은 위 3종을 혼합하여 매일 30,000 cells/mL 농도로 공급하였으며, 유생이 30 μ m 성장함에 따라 100,000 cell/mL 증가하여 공급하였다. 유생사육 밀도는 1 ind./mL였고, 사육수는 2일마다 전량 환수하였다.

변태 및 성장을 알아보기 위하여 유생은 500 L FRP 원형수조를 이용하여 사육하였고, 환수시에는 난 및 유생의 유실을 막기 위하여 물러거즈로 제작한 환수통을 사용하였다. 유생의 성장단계별 변태과정 및 특징에 사용한 새조개 유생은 23.0 \pm 0.5°C에서 사육관리하는 유생을 사육수조에서 무작위로 추출하여 매 10일마다 성장 및 유각의 형태를 조사하였다.

결 과

실험의 초기단계에서 알의 수정 여부는 알표면에 극체 (polar body) 의 돌기로 인해 수정막이 도출되어 있는 알을 수정란으로 판단하였다 (Fig. 1 a). 초기의 수정률은 90% 이상으로 나타났다. 초기 수정란의 크기는 65 μ m이었으며, 발생과정이 진행되는 동안 크기가 증가되었다 (Table 1). Fig. 1은 23°C에서 발생과정동안 현미경하에서 관찰한 사진이며, D형유생 (veliger) 의 크기는 75 μ m이었으며, 초기각정기는

부화후 6일이 경과하여 145 μ m 이었으며, 족사 출현은 약 50일로 1500 μ m 이었다 (Table1, Fig. 1). 방류전 치패는 약 2 mm 크기까지 성장하였다.

Fig. 2는 각 수온구별로 수정란에서부터 각 발생단계에 이르기까지의 소요시간을 나타낸 것으로서 D형유생까지의 소요시간은 14°C에서 75시간, 17°C에서 42시간, 20°C에서 26시간, 23°C에서 20시간 및 26°C에서 10시간으로 수온이 높아질수록 시간이 짧아지는 것으로 나타났다. 29°C에서는 포배기 이후 전량 폐사하는 것으로 나타났다.

이를 도식화하여 나타내 보면 Fig. 3과 같은데 각 발생단계별 소요시간 (h) 과 수온 (T) 에 대한 관계식으로 표시할 수 있다. 즉 y축은 시간의 역수이며, x축은 수온으로서 부화까지의 각 수온별 경과시간은

$$4\text{-cell} : 1/h = 0.0067T - 0.0879 \quad (r^2 = 0.8760)$$

$$8\text{-cell} : 1/h = 0.0128T - 0.1794 \quad (r^2 = 0.7589)$$

$$M \text{ (상실기)} : 1/h = 0.0234T - 0.3274 \quad (r^2 = 0.9587)$$

$$B \text{ (포배기)} : 1/h = 0.0306T - 0.4276 \quad (r^2 = 0.9236)$$

$$T \text{ (담륜자기)} : 1/h = 0.0442T - 0.6224 \quad (r^2 = 0.9121)$$

$$V \text{ (D형유생)} : 1/h = 0.0864T - 1.2850 \quad (r^2 = 0.8586)$$

인 식으로 나타났다. 이로부터 수온이 높을수록 발생 소요시간이 짧아지고 있으며, 이 관계식에 의해 y축이 0일 때의 온도치를 구하여 본 새조개의 난발생에 있어서 발생의 진전을 보이지 않는 생물학적 기초수온은 평균 0.1°C였다.

이 생물학적 기초수온을 이용하여 각 발생단계별 적산수온을 계산하여 결과를 나타내었다 (Fig. 4). 적산수온은 발생이 진행됨에 따라 지수함수적으로 증가함을 알 수 있었다. D형유생 단계까지 발생하는데 필요한 적산수온은 597.3°C로 계산되었다.

각 수온별 발생과정중에 생존율은 Fig. 5와 같다. 14°C에서 D형유생까지 생존율은 10.3%, 20°C는 80.1%, 23°C는 88.1%로 나타났다. 23°C보다 높아지면서 생존율이 감소하였으며, 29°C에서는 포배기 이후에 전량 폐사하였다. D형유생까지의 정상적인 유생은 14°C에서 15%로 나타났으며, 29°C에서는 포배기까지 10%만이 정상적으로 발생하였다 (Fig. 6). 한편 가장 높은 D상 발생률은 23°C에서는 86%로 가장 높은 값을 보였다.

고 찰

이매패류의 발생과정에 큰 영향을 미치는 조건으로는 수온 및 염분 등 여러 가지가 있으며, 이들 조건이 적절하지 못하면 유생의 발생이 정상적으로 이루어 지지 않을 수 있으므로 이들 조건의 최적 범위를 찾는 것이 중요하다 (성 등, 2005). 또한 패류의 유생사육 및 부유기간에 가장 중요한 환경요인은 수온이라고 하였다 (Walne, 1974; Breese and Malouf, 1977).

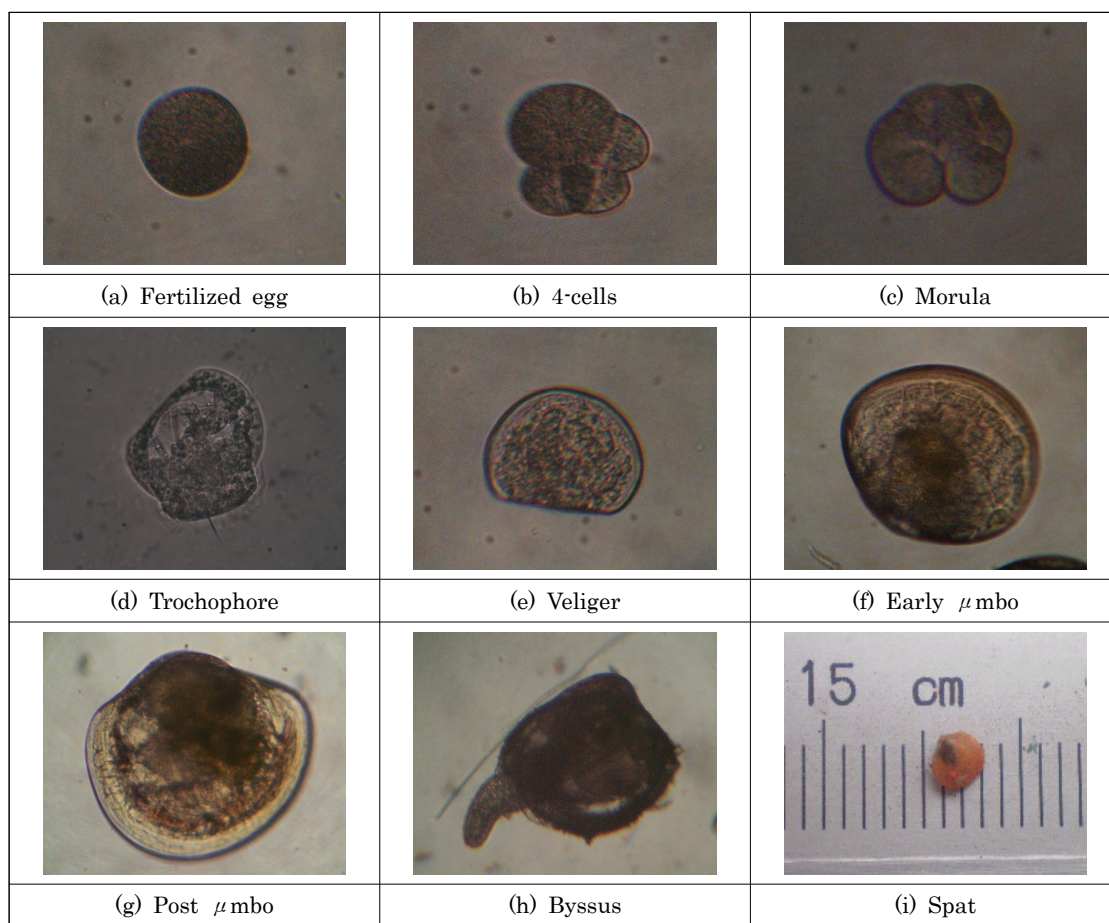


Fig. 1. Developmental stages of the Cockle shell, *Fulvia mutica*.

Table 1. Relationship of elapsed time and embryonic development of the Cockle shell, *Fulvia mutica* under water temperature $23.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$

Developmental stage	Time (day)	Body length (μm)
Fertilized egg	0	65
2-cell	1h	67
4-cell	2.5h	69
8-cell	3.1h	70
Morula	4.5h	71
Blastula	5.5h	72
Trochophore	14.0h	72
D-shaped	20.0h	75
Early μmbo	6d	145
Post μmbo	15d	190
Spat	50d	1,500

Hatching out means larvae rupturing from egg capsules

새조개(*Fulvia mutica*) 난 발생 및 유생 성장에 미치는 수온의 영향

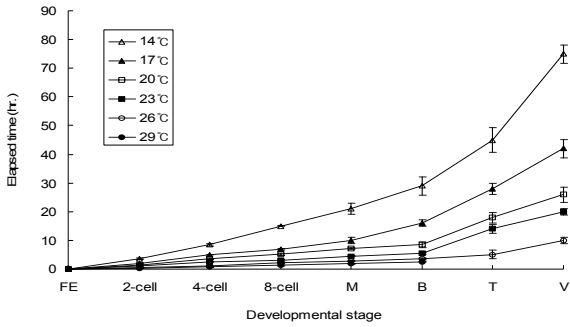


Fig. 2. Effect of water temperature for each developmental stage of the Cockle shell, *Fulvia mutica*. B : blastula, FE : fertilized egg, M : morula, T : trochophore, V : veliger. Values are means \pm SD for experiments run on three occasions.

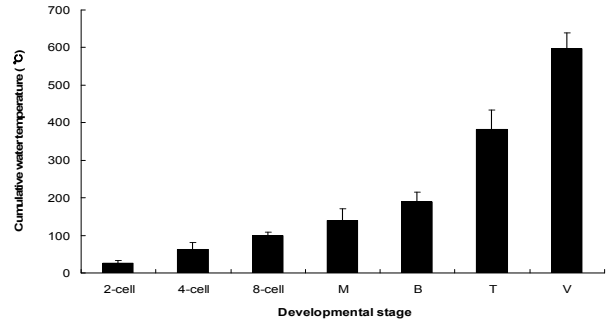


Fig. 4. Cumulative water temperature for each developmental stage of the Cockle shell, *Fulvia mutica*. B : blastula, M : morula, T : trochophore, V : veliger. Values are means \pm SD for experiments run on three occasions.

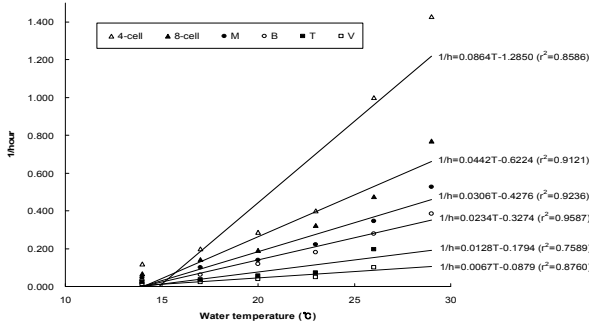


Fig. 3. Relationship between water temperature (T) and inverse of time (1/h) for each developmental stage of the Cockle shell, *Fulvia mutica*. B : blastula, FE : fertilized egg, M : morula, T : trochophore, V : veliger.

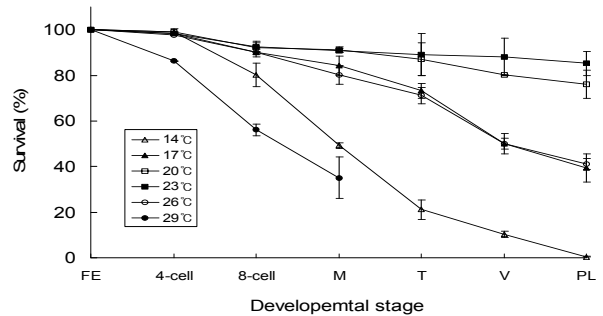


Fig. 5. Survival of the Cockle shell, *Fulvia mutica* larvae at different water temperature. FE : fertilized egg, M : morula, T : trochophore, V : veliger, PL : post larvae. Values are means \pm SD for experiments run on three occasions.

이매패류에서는 발생과정을 이용한 생물검정법은 1980년대부터 개발되기 시작하였으며, 현재에는 표준화된 지침서가 제시되고 있다 (ASTM, 1984).

다른 이매패류에서 난발생 및 유생사육에 대한 연구결과는 많으나, 본 연구에 사용한 새조개는 이러한 자료가 없는 실정이다. 이매패류의 수정은 대부분이 난핵포가 소실된 후에 정상적인 수정과 발생이 진행되는 것으로 알려져 있으나 (Loosanoff and Davis, 1963), 난핵포의 유무와 관계없이 수정이 용이한 종도 있다 (Clotteau and Dube, 1993). 새조개의 수정란은 지름 60 μm 정도의 구형이며, 대합, *Meretrix lamarckii*와 맛조개의 85 μm (전중, 1982) 보다 작았으나, 바지락 70 μm (원, 1994), 꼬끼리조개 70 μm (이와 노, 1997), 키조개 70 μm (유, 1969), 왕우럭 65 μm (유, 1969) 및 꼬막 60 μm (문 등, 2004) 와 비슷한 크기였다. 새조개의 초기 발생은 이매패류와 비슷한 과정을 거치면서 23°C에서 수정후 20시간째에 D상으로 변태하였는데 이는 25°C에서 꼬막 15.5시간 (문 등, 2004) 과 참굴 17.6시간 (장

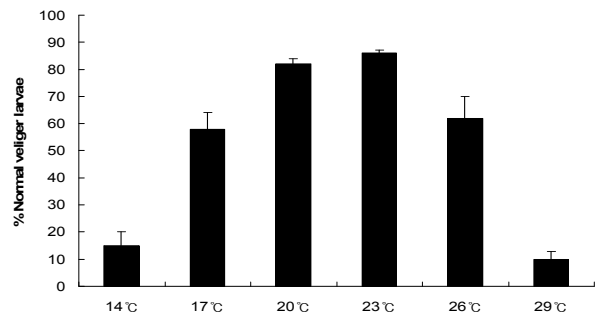


Fig. 6. Proportions of normal veliger larvae of the Cockle shell, *Fulvia mutica* larvae at different water temperature. *Proportions until normal blastula larvae of 29°C group score. Values are means \pm SD for experiments run on three occasions.

등, 2000) 보다는 느리게 나타났으나, 24℃에서 강굴 21.4시간과 비슷하게 나타났다.

본 연구에서 나타난 생존율에서 29℃에서 포배기이후 전량 폐사하는 것으로 나타나, 새조개의 발생은 고수온보다는 저수온에서 이루어지는 것으로 나타났다. 발생 적수온은 20-23℃에서 80% 이상의 생존율을 보였으며, 가장 높은 생존율은 보인 수온은 23℃로 나타났다. 이러한 증거는 또한 초기발생의 생물학적 기초수온을 산출한 결과 0.1℃였는데, 새조개의 유생은 저수온에는 내성이 강하지만 고수온에는 약한 종으로 판단된다. 생물학적 영도는 발생이 정지하는 기초수온을 나타내는 것으로, 발생속도에 관한 자료로써 얻을 수 있다. 지금까지 생물학적 영도를 밝힌 사례는 꼬끼리조개 3.8℃ (이와 노, 1997), 강굴 10.4℃ (유와 강, 1995), 진주조개 12.3℃ (장 등, 2000), 참굴 5.7℃ (장 등, 2000) 등과는 차이를 보였으나, 지중해담치 0.6℃ (성 등, 2005) 와 비슷하게 나타났다.

한편, 14℃에서 발생의 진행은 계속이루어 졌으나 생존 유생의 많은 개체에서 기형으로 성장하는 유생이 많았으며, 또한 29℃에서도 포배기까지 기형률이 90%로 나타났다. 20℃와 23℃는 정상 발생률이 각각 82%와 86%로 높게 나타나 이 범위에서는 새조개의 배아가 비교적 건강한 상태로 발생을 진행됨을 의미한다. 26℃의 온도에서는 정상적으로 발생한 유생이 62%였고, 죽거나 기형인 유생이 나머지를 차지하였다. 이는 26℃ 이상의 온도에서는 온도 자체가 발생을 저해하기 시작하였음을 의미하는 것으로 사료된다. 이러한 결과로 볼 때 초기 발생 및 유생 사육시 적정수온은 20-23℃ 내외가 바람직하다고 생각된다.

난발생이 가능한 상한과 하한 수온 범위내에서는 발생속도가 수온과 밀접한 상관관계를 보이고 있어, 수온 상승에 비례하여 난발생 속도는 빨라지는 것으로 판단된다. 수온이 높을수록 난발생이 빨라지는 것은 생화학 반응 및 생물학적 대사속도가 빨라져, 생체 반응의 온도 의존성에 관한 지표로서 Q10의 법칙에 부합되는 결과로 인정된다. 한편 난발생 속도에 대한 관계식과 생물학적 영도를 이용하여 도출된 D형유생까지에 대한 각각의 적산수온은 각 수온별 발생시간을 예측할 수 있어, 양식 현장에서 종묘생산시 예정 시각을 산출할 수 있어 공정화를 기할 수 있는 자료로 이용할 수 있다.

요 약

새조개의 효율적인 종묘생산을 위한 생물학적 기초자료를 얻고자 난발생 및 유생사육에 미치는 환경요인으로서 수온의 영향에 대하여 연구하였다. 실험에 사용된 수정란은 산란유도하여 6개의 수온별 실험구 (14, 17, 20, 23, 26 및 29℃) 에 수용하여 발생과정을 관찰하였다. 유생사육의 각 단계에 이르기까지의 수온 (T, ℃) 에 따른 발생속도 (1/h, 시간) 는 수온

이 높을수록 빨랐으며 그 관계식은 다음과 같다.

$$4\text{-cell} : 1/h = 0.0067T - 0.0879 \quad (r^2 = 0.8760)$$

$$8\text{-cell} : 1/h = 0.0128T - 0.1794 \quad (r^2 = 0.7589)$$

$$M \text{ (상실기)} : 1/h = 0.0234T - 0.3274 \quad (r^2 = 0.9587)$$

$$B \text{ (포배기)} : 1/h = 0.0306T - 0.4276 \quad (r^2 = 0.9236)$$

$$T \text{ (담륜자기)} : 1/h = 0.0442T - 0.6224 \quad (r^2 = 0.9121)$$

$$V \text{ (D형유생)} : 1/h = 0.0864T - 1.2850 \quad (r^2 = 0.8586)$$

유생사육시 수온과 난발생 속도와의 관계에서 추정된 D형 유생까지 난발생의 생물학적 영도 및 적산수온은 평균 0.1℃ 및 597.3℃였다. D형유생까지 가장 적합한 수온은 23℃였으며, 발생은 20시간으로 나타났다.

요 약

본연구는 농림수산부 “연안 갯벌의 유기물 오염 환경개선을 위한 생물학적 복원 기술 개발”에 의해 이루어진것임.

참고문헌

- ASTM (1994) Standard guide for conducting acute toxicity tests starting with embryos of four species of saltwater bivalve molluscs. ASTM E724-94. pp. 1~7. American society for testing and Materisls, Philadelphia.
- Bae, T.J., Kang, D.S. and Choi, O.S. (1996) Identification of Pigment Separated from Cockle Shell. *Journal of Korean Society Food Science Nutrition*, 25(6): 1074-1079
- Breese, W.P. and Malouf, R.E. (1977) Hatchery rearing techniques for the oyster *Crassostrea rivuarius* Gould. *Aquaculture*, 12: 123-126.
- Chang, Y.J. and Lee, T.Y. (1982) Gametogenesis and reproductive cycle of the Cockle of *Fulvia mutica* (Reeve). *Bulletin of Korean Fisheries Society*, 15: 241-253.
- Chang, Y.J., Choi, Y.H., Chang, Y.J. and Choi, S.W. (2000) Effect of water temperature on the egg development of pearl oyster, *Pinctada martensii* and Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Journal of Korean Fisheries Society*, 33: 559-564.
- 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.
- Fujiwara M. (1995) Inheritance of yellow coloration of the shell in the Cockle *Fulvia mutica* (Reeva) in Tokyo Bay. *Nippon Susian Gakkaishi*, 61: 927-928.
- Kim, K.S., Ha, B.S., Bae, T.J., Jin, J.H. and Kim, H.J. (1993a) Comparison of Food Components in the Raw, Cooked Meat and Cooked Meat Extracts of Cockle Shell 1. Proximate compositions and lipid components. *Bulletin of the Korean Fisheries Society*, 26: 102-110.
- Kim, K.S., Ha, B.S., Bae, T.J., Jin, J.H. and Kim, H.J.

- (1993b) Comparison of Food Components in the Raw, Cooked Meat and Cooked Meat Extracts of Cockle Shell 2. Nitrogenous compounds and minerals. *Bulletin of the Korean Fisheries Society*, 26: 111-119.
- Mokady, O. (1992) Settlement and metamorphosis specificity of *Lithophaga simplex* Iredale (Bivalvia: Mytilidae) on Red sea corals. *Journal of Experimental Marine Biology*, 162: 243~251.
- Moon, T.S., Jung, M.M., Shin, Y.K., Yang, M.H., Ko, C.S. and Chang, Y.J. (2004) Spawning Inducement, Egg Development and Early Larval Rearing of Ark shell (*Tegillarca granosa*) (Linnaeus). *Journal of Korean Fisheries Society*, 37(6): 485-491
- Sung, C.G., Kim, G.B., Seo, J.Y., Lee, C.H., Ryu, T.K., Han, G.M., Choi, J.W. and Kim Y.H. (2005) Optimal Conditions for the Embryonic Development of Mussel, *Mytilus galloprovincialis*. *Korean Journal of Malacology*, 21: 25-31.
- Tian, Y. and Shimizu, M. (1997a) Growth increment pattern in the shell of the Cockle *Fulvia mutica* (Reeva) and their use in age determination. *Nippon Susian Gakkaishi*, 63: 585-593.
- Tian, Y. and Shimizu, M. (1997b). Growth, maturation and spawning season of *Fulvia mutica* (Reeva) in Tokyo Bay. *Nippon Susian Gakkaishi*, 63: 361-369.
- Walne, P.R. 1974. Shellfish culture. In: Sea fisheries research. (Ed. by Jones, F.R.H.). pp. 379~398. Elek, London.
- Yoo, S.K. and Kang, K.H. (1995) Influence of Water Temperature and Salinity on Egg Development and Larvae Rearing of Oyster, *Crassostrea rivularis*. *Korean Journal of Malacology*, 11: 165-170
- Yoon, H.S., Kim, J. and Choi, S.D. (2005) Biological Studies on Aquaculture for Resources Enhancement of *Protothaca jedoensis*. *Journal of Aquaculture*, 18: 260-266.
- 유호영, 박두원, 정춘구, 김대희, 김경희, 전창영, 명정인, 임영섭, 김수호, 손형우. 1993. 참담치 인공종묘생산기술에 관한 연구. 경상남도, 156 pp.
- 이정용. 1996. 북방대합, *Spisula sachalinensis*의 생식주기와 산란유발. 부산수산대학교 대학원 석사학위논문, 47 pp.
- 허영백. 1994. 이매패류 8종 유생의 발생 및 성장에 관한 기초 연구. 부산수산대학교 대학원 석사학위논문, 56 pp.