

붉은멍게 *Halocynthia aurantium* 발생에 관한 수온 및 염분의 영향

이 주 · 박민우* · 이채성 · 김수경 · 김완기

국립수산과학원 동해수산연구소, *국립수산과학원 양식관리과
(2009년 8월 10일 접수; 2009년 8월 28일 수정; 2009년 10월 9일 채택)

Effects of Temperature and Salinity on Development of Sea Peach *Halocynthia aurantium*

Chu Lee, Min Woo Park*, Chae Sung Lee, Su Kyoung Kim and Wan Ki Kim

East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Gangneung 210-860, Korea

*Aquaculture Management Division, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-902, Korea

(Manuscript received 10 August, 2009; revised 28 August, 2009; accepted 9 October, 2009)

Abstract

The solitary ascidian, *Halocynthia aurantium*, which is commonly called the sea peach because of its coloration and general shape, is a valuable organism of benthic marine population in the northern region of the East Sea, Korea. It is seldom found at a depth of less than 10 meters and the sea peach is frequently observed in large populations between 20 and 100 meters. It appears to prefer attachment to vertical rocks faces and artificial cement blocks exposed to the currents. Mass mortality and reduction of resources in sea peach, *H. aurantium*, were occurred in the benthic area of the northern region of the East Sea because of the rapid fluctuation of environmental factors such as temperature and salinity due to mass rainfall in summer and going up north of a strong warm current in winter. Therefore, we examined the effects of temperature and salinity on embryonic development of fertilized eggs, tadpole larva to metamorphosis, and attachment to siphon development. Laboratory-raised larvae were studied using a two-factorial experimental design with four levels of temperature(8, 12, 16 and 20 °C) and four levels of salinity(20, 25, 30 and 34 psu). The ascidian larvae of *H. aurantium* survived environmental conditions between temperature of 8~20 °C and salinity of 25~34 psu and exhibited positive growth at 8~16 °C and 30~34 psu. Fertilized eggs have not developed at lower salinity of 20 psu irrespective of temperature range tested and have showed an abnormal development at the salinity of 25 psu between higher temperatures of 20 and 24 °C. This result suggests that temperature increase and salinity reduction depending on environmental fluctuation may have significant impacts on population variation of *H. aurantium* in the northern region of the East Sea.

Key Words : Ascidian, Embryonic development, Larvae, Temperature, Salinity, *Halocynthia aurantium*

1. 서 론

붉은멍게, *Halocynthia aurantium*는 원색동물문, 미색강, 측성멍게목, 우렁쉥이과에 속하며 영명으

로는 복숭아와 유사한 형태로 인해 바다복숭아(Sea Peach)로 불리고 있다. 붉은명게는 일본 북해도, 미국 베링해, 알래스카반도, 캐나다 북부 연안과 한국 동해안에 주로 분포하고 있으며 산란기는 9월과 12월 사이로 알려져 있다. 우리나라 동해안에서의 서식형태는 암반이나, 인공어초 등에 부착하여 군락으로 분포하고 있으며 서식수심은 20~100 m이고 지방에서는 개명게, 비단명게 등으로 불리고 있다^{1~6)}. 우렁쟁이는 1994년 42,822톤을 생산한 후, 환경변화 등에 의한 대량폐사 문제로 1996년 13,093톤, 1998년 8,177톤 그리고 2000년 2,336톤으로 감소하면서 우렁쟁이 공급에 어려움을 겪어 외국에서 10,000여톤을 수입하고 있는 실정이다. 이런 공급의 문제점을 해소하기 위해 새로운 품종의 양식기술 개발 및 산업화를 어업인들이 요청한 바 있다. 그러나 새로운 품종인 붉은명게는 대량생산 기술개발의 어려움으로 산업화되지는 않았으며, 최근 우렁쟁이 대량폐사로 어려움을 겪으면서 그 대체품종으로 관심이 집중되었다. 우리는 2008년에 우렁쟁이와 동일한 속(Genus *Halocynthia*)에 속하는 붉은명게의 연구에 착수하였다. 동해안의 강원도와 경상북도의 붉은명게 자연 서식지를 조사한 결과 수온, 염분 등의 해양환경의 변화로 인해 자원이 고갈 된 상태였다. 따라서 본 연구에서는 붉은명게의 발생학적 측면에서 수온과 염분이 미치는 영향에 대해 알아보고자 본 연구를 실시하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 발생과정

붉은명게 어미는 강원 고성지역의 수심 30~40 m의 암반에서 잠수부에 의해 2008년 9월에서 1월까지 월별로 채집되었다. 난소와 정소의 숙성 정도는 현미경하에서 관찰하고 난소가 완전히 숙성되어 방출이 가능한 12월에 채집 즉시 실험실에 운반하여 인공수정을 실시하였다. 성숙된 난모세포 덩어리를 가위로 분리하고 250 μ m 필터가지를 이용하여 압착하여 난모세포를 분리하였다. 분리된 성숙 난모세포는 60 μ m 필터가제로 재분리하고 세척을 한 후 1% 정도의 정자현탁액을 첨가하여 20분 동안 수정을 시도하였다. 수정 20분 후 정자현탁액을 제거하기 위해 60 μ m 필터가제에서, 여과하고 세척을 실시

하였다. 입체현미경하에서 파스퇴르 피펫으로 120개의 수정란을 분리하여 6 well tissue culture plate에 옮긴 후 사육하였다. 사육조건은 광량 100 μ Em⁻²s⁻¹, 광주기 14L:10D로서 배양기(EYELA, MTI-201B)에서 실험하였다.

2.2. 배 발생기에서 초기 올챙이 유생 출현까지 수온과 염분의 영향

배 발생기의 수온과 염분의 영향을 알아보기 위해 수정란은 여과해수 10 ml를 포함한 6 well tissue culture plate에서 사육하였다. 배양기(EYELA, MTI-201B)의 사육조건은 온도 8 $^{\circ}$ C, 12 $^{\circ}$ C, 16 $^{\circ}$ C, 20 $^{\circ}$ C 그리고 24 $^{\circ}$ C로 조절하였으며 염분농도는 20 psu, 25 psu, 30 psu 그리고 34 psu에서 실시하였다. 실험조건은 붉은명게의 산란기간이 9월에서 12월로 발표되어 있으므로 강원 고성지역의 9~12월의 수온과 강우 후의 염분농도와 정상적인 해수 염분농도를 고려하여 설정하였다. 입체현미경하에서 파스퇴르 피펫을 이용하여 6 well tissue culture plate의 각 웰에 20개의 수정란을 분리하여 옮긴 후 사육하였다. 실험을 위한 염분농도는 다기능수질측정기(YSI 6600)를 이용하여 여과된 2차 증류수와 여과해수와 혼합하여 제조하였다. 배 발생과정은 수온 12 $^{\circ}$ C와 염분 34 psu에서 자유유영기인 올챙이 유생으로 부화하기 전까지 30분 간격으로 현미경하에서 관찰하고 사진촬영을 하였다. 수온과 염분 조건에 따른 수정란의 부화율을 조사하고 기록하였다. 수정란이 올챙이 유생으로 부화하도록 하기위해 염분농도별 여과해수를 배양기의 각 온도구간에 1,000 ml씩 보관하고 매 6시간마다 6 well tissue culture plate의 해수를 교환하여 주었다. 실험은 매번 성숙한 난모세포 및 정소를 가진 어미 개체를 선별하고 새로운 성체에서 난모세포와 정자를 분리하여 수정을 하였으며 3회 반복하여 실시하였다.

2.3. 올챙이 유생에서 부착기 유생까지 수온과 염분의 영향

수정란에서 배 발생기를 거쳐 부화된 올챙이 유생을 채집하여 입체현미경하에서 파스퇴르 피펫을 이용하여 6 well tissue culture plate의 각 웰에 20개의 올챙이 유생을 분리하여 옮긴 후 사육하였다. 여과해수와 2차 증류수를 이용하여 염분농도를 조절한

사육용수를 배양기에 온도별로 보관하고 6시간 간격으로 올챙이 유생을 현미경 하에서 관찰하였다. 올챙이 유생에서 고착성 어린 개체로 변태하는 것을 관찰하기 위해 12시간 간격으로 사육수를 교환하여 주었다. 부착기 개체로 변태하기 위해 올챙이 유생이 미부가 퇴화하는 과정을 거쳐 부착이 완전히 이루어질 때까지를 부착기 유생으로 판단하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 발생과정

일반적으로 우렁쟁이과에 속하는 피낭류의 수정에서 정자는 난모세포를 둘러싸고 있는 여포세포에 활성화된다고 알려져 있다^{7,8)}. 붉은명게 수정란을 수온 12 °C, 염분 33 psu로 된 사육수에서 배양한 결과 발생과정은 Table 1과 같다. 붉은명게의 난할과정(cleavage process)은 약 6.5시간이 소요되었으며 낭배기(gastrula stage)까지 도달하는 데에 7.5시간이 걸렸다. 올챙이 유생(tadpole larva)이 수정란 내에 형

성되어 꼬리 원기가 형성(rudiment formation)되는 데에는 약 16시간이 소요되었고 올챙이 유생의 꼬리가 완전히 형성(tail fully developed)되어 올챙이 유생으로 부화하는 데에는 약 18.5시간이 걸렸다. 올챙이 유생이 기질에 부착하는 기간은 약 45시간이 소요되었다. 그리고 올챙이 유생이 기질에 부착하기 위해 효소에 의해 꼬리가 분해(reduction of tail)되는 소요되는 시간은 약 48.5시간이었다. 팽대부(ampulla)가 형성되는데 소요되는 기간은 약 53.5시간이었다. 붉은명게의 입수공과 출수공이 되는 수관(siphon)이 형성되는 데에는 약 91.5시간이 필요하였다(Table 1, Fig. 1).

유⁹⁾는 붉은명게와 동일한 속인 우렁쟁이속(genus *Halocynthia*)에 속하는 우렁쟁이의 수정란을 수온 12.0~14.9 °C, 33 psu에서 사육한 결과 난할은 약 8.5시간이 소요되었으며 낭배기까지는 9.5시간이 필요하였으며 유생이 부화하는데 소요되는 기간은 약 22시간이 걸렸다고 설명하고 있다. 박 등¹⁰⁾은 우

Table 1. A comparison of developmental characteristics from known descriptions of *Styela plicata*, *Halocynthia roretzi* and *Halocynthia aurantium*

Development	<i>Styela plicata</i>	<i>Halocynthia roretzi</i>	<i>Halocynthia aurantium</i>
	Thiyagarajan & Qian, 2003	Yoo, 1998	present study
Cleavage	1.7±0.5	8.5	6.5±0.7
Gastrula	3±0.7	9.5	7.5±0.8
Tail rudiment formation	5.5±1	-	16.0±1.0
Tail fully developed	7.5±0.7	-	18.5±1.5
Hatching	11±1	22	19.5±2.5
Attachment	15.5±1.5	52	45.0±3.8
Reduction of tail	17.5±2.4	53	48.5±4.3
Ampulla	23±1.8	-	53.5±5.5
Development of function siphon	80±4.5	100	91.5±6.5

Each value means hour and standard deviation. Rearing conditions are as follows; *Styela plicata*, 26 °C and 34 psu; *Halocynthia roretzi*, 12.0~14.9 °C and 33 psu; *Halocynthia aurantium*, 12 °C and 33 psu.

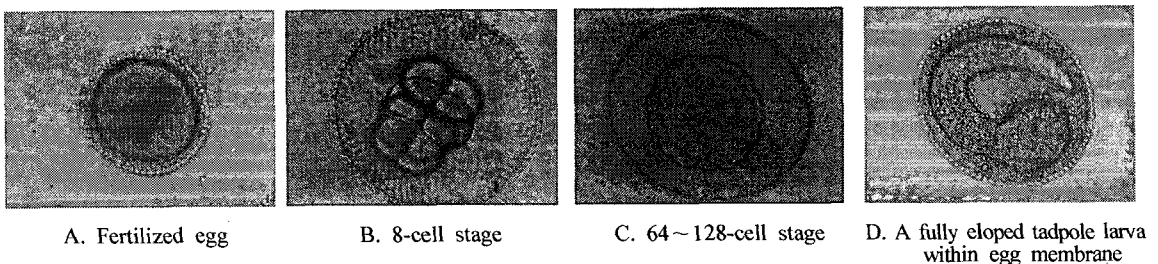


Fig. 1. Development of ascidian embryo, *Halocynthia aurantium*.

렁쟁이의 수정란에서 부화까지의 경과시간은 수온 18.0~20.5 °C일 때 23시간 30분, 수온 12.5~13.5 °C일 때 40시간 20분, 수온 6.5~8.0 °C일 때 72시간이 경과하였다고 설명하고 있다. 변 등¹¹⁾은 우렁쟁이 수정란을 8.6~11.8 °C에서 사육한 결과 상실기까지 도달하는데 소요기간은 18.5시간, 그리고 부화 전 올챙이 유생까지 도달하는 기간은 28.5시간이었다고 설명하고 있으며 유와 류¹²⁾는 수정란을 수온 9.3 °C와 12 °C에서 사육한 결과 부화된 올챙이 유생까지 소요되는 기간은 50시간 및 74시간이 경과하였다고 설명하고 있다. Thiyagarajan와 Qian¹³⁾는 주름미더덕(*Styela plicata*)의 수정란을 수온 26 °C, 염분 34 psu에서 사육한 결과 난할은 약 1.7시간이 소요되었으며 낭배기까지는 3시간이 필요하였다고 설명하고 있다. 이상의 결과는 우렁쟁이과에 속하는 수정란의 발생과정은 수온의 영향을 많이 받는다는 것을 알 수 있으며 주름미더덕을 제외하고 올챙이 유생까지 도달하는 기간이 붉은명게가 약 18.5시간이었는데 반해 우렁쟁이가 22시간 이상 소요되어 붉은명게의 올챙이 유생 출현이 상대적으로 빠르다는 사실을 의미한다.

3.2. 배 발생기에서 초기 올챙이 유생 출현까지 수온과 염분의 영향

배양기의 사육조건은 온도 8 °C, 12 °C, 16 °C, 20 °C 그리고 24 °C로 조절하였으며 염분농도는 20, 25, 30 그리고 34 psu에서 배 발생기를 거쳐 올챙이 유생이 출현하는 시기까지 수온과 염분의 영향을 알아보기 위해 수정란은 여과해수 10 ml를 포함한 6 well tissue culture plate에서 20마리씩 120마리를 사육하였다. Grave¹⁴⁾는 피낭류 유생 초기에는 양성주광성이며 중력에 비친화성을 보여주나 고착 및 부착을 위해서는 빛을 멀리하는 음성주광성이며 중력에 친화성을 보여준다고 증명하였다. Mchenry^{15,16)}는 피낭류는 분산하고 고착하는 과정에 간단한 운동력을 사용하는데 꼬리의 파동운동이 유동력(fluid force)을 발생시키게 되며 이로 인해 몸통의 질량과 입체적 형태의 차이에 의해 역학(dynamics)에 차이가 발생하게 되고 종간(interspecies)의 운동력의 차이점을 형성하게 된다고 하였다. 올챙이 유생의 몸통의 크기뿐만 아니라 유생의 꼬리부분의 길이 또

한 유생의 생존과 성공적인 어린 개체로의 부착에 많은 영향을 줄 것으로 판단하여 수온과 염분이 유생의 출현에 미치는 영향을 알아보았다.

붉은명게의 난모세포와 정자의 수정 후 올챙이 유생으로의 발생은 염분 20 psu에서는 모든 온도구간에서 발생이 중단되었으며 올챙이 유생 또한 출현하지 않았다. 수온 8 °C 실험에서는 염분 25 psu에서 유생의 길이는 1.09 mm, 30 psu에서 1.20 mm, 34 psu에서 1.25 mm의 유생을 관찰할 수 있었으며 25 psu에서 기형유생이 일부 출현하였다. 수온 12 °C 실험에서는 25 psu에서 유생의 길이는 1.31 mm, 30 psu에서 1.40 mm, 34 psu에서 1.38 mm의 유생이 출현하였으며 25 psu에서 꼬리가 굵은 유생이 다수 발견되었으나 본 실험에서 꼬리의 길이가 가장 긴 형태를 보여주었다. 수온 16 °C 실험에서는 25 psu에서 유생의 길이는 1.09 mm, 30 psu에서 1.30 mm, 34 psu에서 1.31 mm의 유생을 관찰하였으며 25 psu 이상 시험군 모두에서 기형유생이 발생하였다. 수온 20 °C 실험에서는 25 psu에서 유생의 길이는 1.05 mm, 30 psu에서 0.98 mm, 34 psu에서 1.38 mm의 유생이 관찰되었는데 기형유생 뿐만 아니라 부착돌기가 1개 밖에 없는 기형유생도 다수 출현하였다. 수온 24 °C 실험에서는 25 psu에서 유생의 길이는 0.98 mm, 30 psu에서 0.89 mm, 34 psu에서 1.02 mm의 유생이 관찰되었는데 25 psu에서는 기형유생이 다수 발생하였으며 30 psu와 34 psu의 정상유생도 활동성이 없었으며 낮은 생존율을 보여주었다. 유영력에 대한 관찰결과는 12 °C의 시험군이 염분 30 psu와 34 psu에서 활동성이 가장 활발하였는데 붉은명게 올챙이 유생의 생존율은 올챙이 유생의 길이와 관련이 있는 것으로 추정된다(Fig. 2). 이는 생존과 부착에 유리한 역할을 하는 데에 꼬리의 길이가 많은 영향을 주는 것으로 판단되므로 유생의 몸통 및 꼬리의 공간형태학적인 기작(mechanism)에 관한 체계적인 연구가 필요하다고 생각된다.

붉은명게의 수정란에서 올챙이 유생 발생율을 조사한 결과, 염분 20 psu에서는 모든 온도구간에서 발생이 중단되었다. 수온 8 °C 실험에서는 4일 후 25 psu에서 유생 발생률은 19.0 %, 30 psu에서 39.3 %, 34 psu에서 50.3 %의 유생을 관찰할 수 있었다. 수온 12 °C 실험에서는 25 psu에서 유생의 발생율은

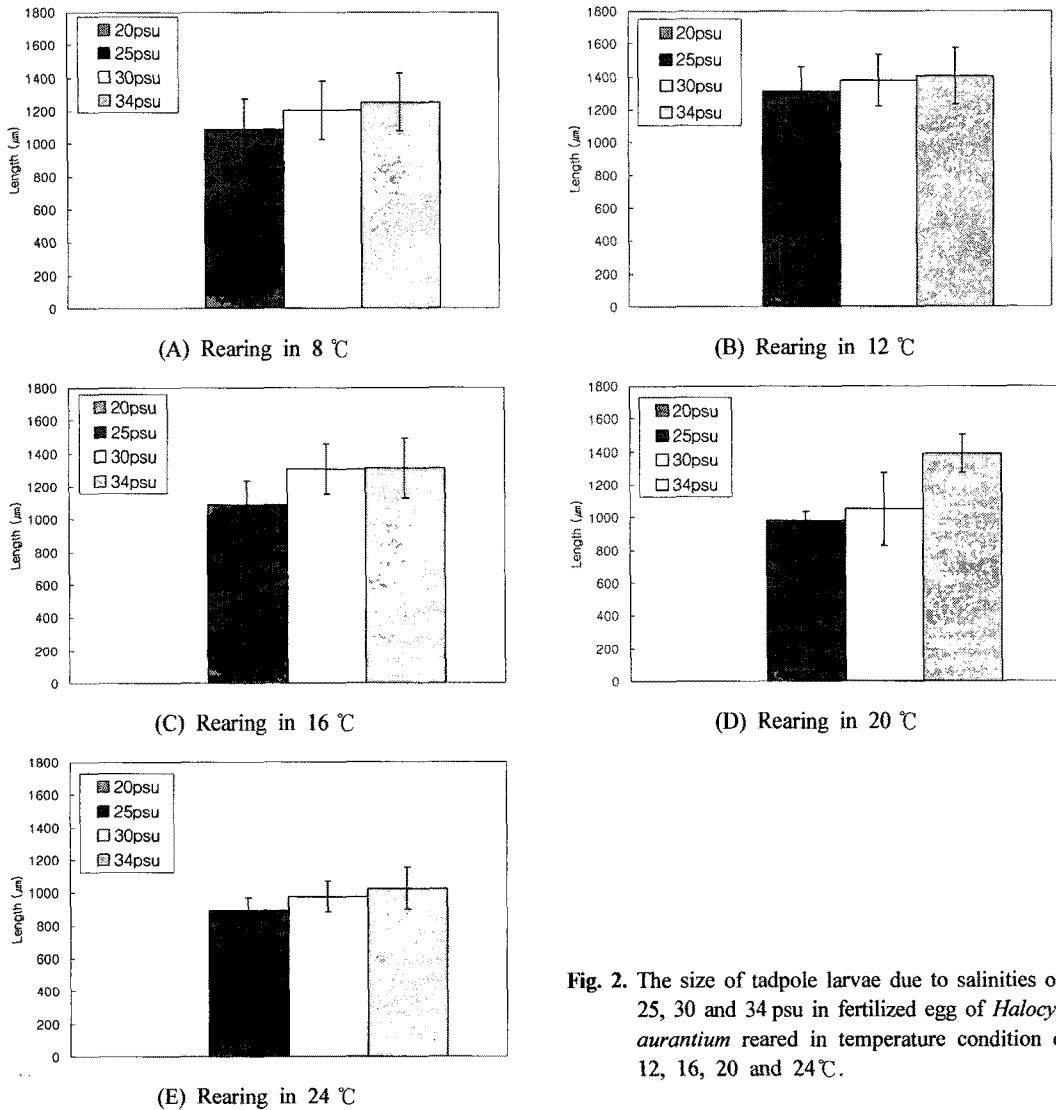
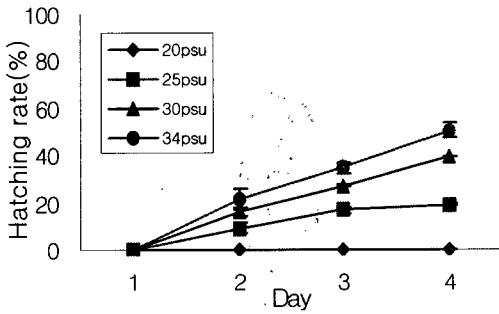


Fig. 2. The size of tadpole larvae due to salinities of 20, 25, 30 and 34 psu in fertilized egg of *Halocynthia aurantium* reared in temperature condition of 8, 12, 16, 20 and 24°C.

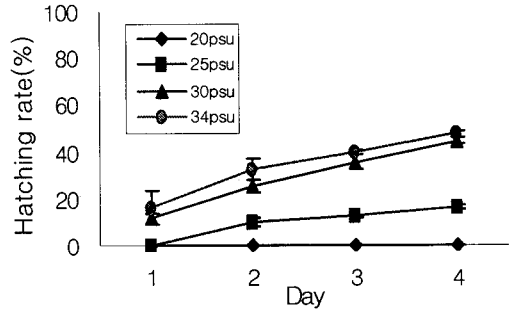
16.3%, 30 psu에서 44.3%, 34 psu에서 47.3%의 유생이 출현하였다. 수온 16°C 실험에서는 25 psu에서 유생의 생존율은 51.6%, 30 psu에서 55.6%, 34 psu에서 62.3%의 유생을 관찰하였으며 25 psu 이상 시험군 모두에서 기형유생이 발생하였다. 수온 20°C 실험에서는 25 psu에서 유생의 발생률은 4.3%, 30 psu에서 10.0%, 34 psu에서 51.3%의 유생이 관찰되었다. 수온 24°C 실험에서는 4일 후, 25 psu에서 올챙이 유생으로 발생이 관찰되지 않았으며 30 psu에서 4.4%, 34 psu에서 5.0%의 유생이 관찰되었다(Fig. 3).

3.3. 올챙이 유생에서 부착기 유생까지 수온과 염분의 영향

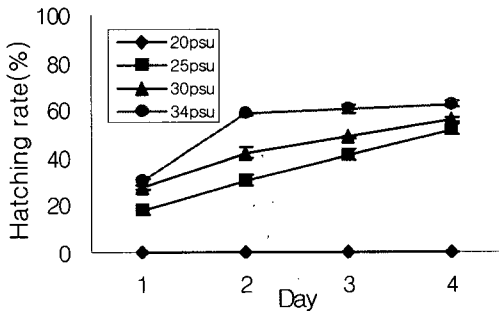
올챙이 유생사육을 위한 배양기의 사육조건은 온도 8°C, 12°C, 16°C, 20°C 그리고 24°C로 조절하였으며 염분농도는 20 psu, 25 psu, 30 psu 그리고 34 psu이었으며 올챙이 유생에서 부착기 유생까지 수온과 염분이 미치는 영향을 구명하기 위해 올챙이 유생을 여과해수 10 ml를 포함한 6 well tissue culture plate에서 20마리씩 120마리를 7일 동안 사육하였다.



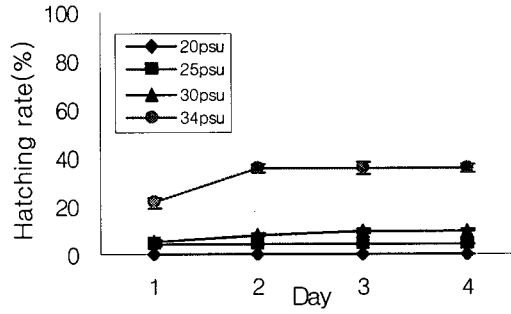
(A) Rearing in 8 °C



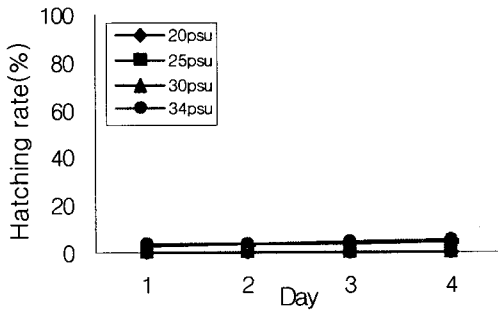
(B) Rearing in 12 °C



(C) Rearing in 16 °C



(D) Rearing in 20 °C



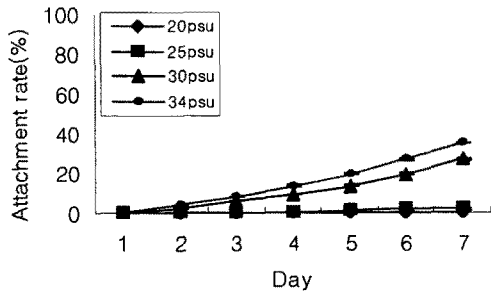
(E) Rearing in 24 °C

Fig. 3. Accumulated hatching rate due to salinities of 20, 25, 30 and 34 psu in fertilized egg of *Halocynthia aurantium* reared in temperature condition of 8, 12, 16, 20 and 24 °C during 4 days.

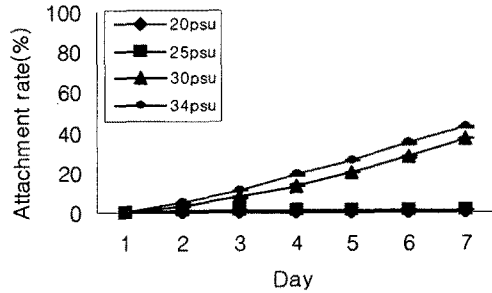
붉은명게의 올챙이 유생에서 부착기 유생까지 부착율을 조사하였다. 염분 20 psu에서는 모든 온도구간에서 부착이 관찰되지 않았다. 수온 8 °C 실험에서는 7일 후 25 psu에서 유생 부착율은 1.6%, 30 psu에서 20.3%, 34 psu에서 26.6%의 부착기 유생을 관찰할 수 있었다. 수온 12 °C 실험에서는 25 psu에서 유생의 부착율은 0.8%, 30 psu에서 36.6%, 34 psu에서 42.5%의 부착기 유생이 출현하였다. 수온 16 °C 실험에서는 25 psu에서 유생의 부착율은 0.8%, 30 psu에서 41.6%, 34 psu에서 45.8%의 부착기 유생

을 관찰하였으며 25 psu 이상 시험군 모두에서 기형 유생이 발생하였다. 수온 20 °C 실험에서는 25 psu에서 유생의 부착율은 1.6%, 30 psu에서 36.6%, 34 psu에서 45.8%의 부착기 유생이 관찰되었다. 수온 24 °C 실험에서는 4일 후, 25 psu에서 부착기 유생으로 고착이 관찰되지 않았으며 30 psu와 34 psu에서 1% 이하의 부착기 유생이 관찰되었다(Fig. 4).

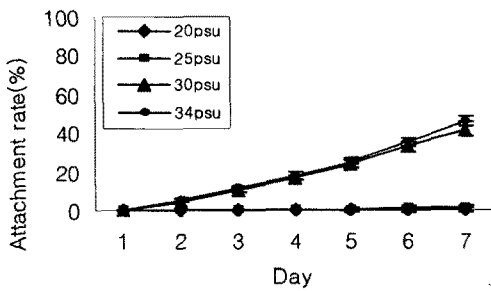
변 등¹¹⁾은 우렁쉥이 발생은 8.6~11.8 °C에서 수정 후 40.5시간 만에 전장 약 1.7 mm의 미부에 척색을 지닌 올챙이 유생으로 부화하였다고 보고하였



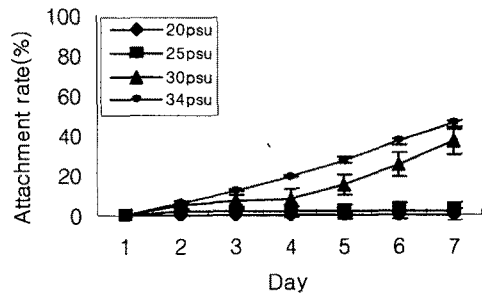
(A) Rearing in 8°C



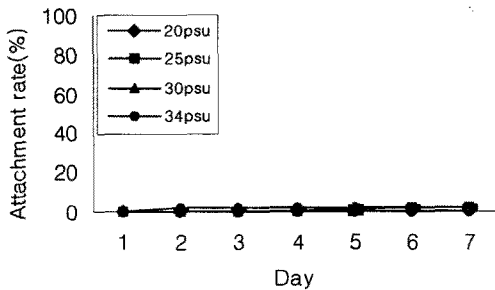
(B) Rearing in 12°C



(C) Rearing in 16°C



(D) Rearing in 20°C



(E) Rearing in 24°C

Fig. 4. Accumulated attachment rate due to salinities of 20, 25, 30 and 34 psu in tadpole larvae of *Halocynthia aurantium* reared in temperature condition of 8, 12, 16, 20 and 24 °C during 7 days.

다. 또한 올챙이 유생이 유영기를 지나 미부가 흡수된 다음, 수정 후 5일째에 구형의 부착유생이 되었고 입수공과 출수공의 형성은 24일이 소요되었다고 설명하였다. 박 등¹⁰⁾은 우렁쟁이 수정란이 18.0~20.5 °C에서 23.5시간 만에 올챙이 유생이 출현하였고, 12.5~13.5 °C에서 약 40.5시간 만에 올챙이 유생이 출현하였으며, 6.5~8.0 °C에서 72시간 만에 올챙이 유생이 출현하였다고 보고하였다. 또한 그들은 우렁쟁이 유생이 18.0~20.5 °C에서 40.5시간 만에 올챙이 유생의 미부가 퇴화하였고, 12.5~13.5 °C에서

약 65시간 만에 올챙이 유생 미부가 퇴화하였으며, 6.5~8.0 °C에서 105시간 만에 올챙이 유생 미부가 퇴화하였다고 설명하였다. 붉은명게의 올챙이 유생으로 실험한 결과, 본 종의 유생은 수온에 강한 영향을 받을 뿐만 아니라 염분에도 많은 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다. 염분 30psu와 34psu 농도에서 수온 8 °C 집단은 올챙이 유생의 발생 지연현상을 보여 주었으며 24 °C 이상의 수온에서는 유생의 기형발생과 활동성이 현저히 떨어져 부착단계 유생으로 발전할 수 없었다. 또한 12 °C와 16 °C의 실험

집단에서 올챙이 유생의 높은 부착율을 보였으나 16 °C 집단에서 기형유생이 발생하였기 때문에 인공종묘 대량생산을 위한 정상발생은 12 °C 이하에서 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

4. 결 론

붉은명개는 대량생산 기술개발의 어려움으로 산업화되지는 않았으며, 최근 우렁쟁이 대량폐사로 어려움을 겪으면서 그 대체품종으로 관심이 집중되었다. 우리는 2008년에 우렁쟁이와 동일한 속(*Genus Halocynthia*)에 속하는 붉은명개의 연구에 착수하고 동해안의 자연 서식지를 조사한 결과 난류의 복상, 강우에 의한 염분변화, 냉수대 등 해양환경의 변화로 인해 자원이 고갈 된 상태였다. 그래서 우리는 붉은명개의 발생학적 측면에서 수온과 염분이 미치는 영향에 대해 알아보고자 본 연구를 실시하였다.

첫째, 붉은명개 수정란을 수온 12 °C, 염분 33 psu로 된 사육수에서 배양한 결과 붉은명개의 난할과정(cleavage process)은 약 6.5시간이 소요되었으며 낭배기(gastrula stage)까지 도달하는 데에 7.5시간이 걸렸다. 올챙이 유생(tadpole larva)이 수정란 내에 형성되어 꼬리 원기가 형성(rudiment formation)되는 데에는 약 16시간이 소요되었고 올챙이 유생의 꼬리가 완전히 형성(tail fully developed)되어 올챙이 유생으로 부화하는 데에는 약 18.5시간이 걸렸다. 올챙이 유생이 기질에 부착하는 기간은 약 45시간이 소요되었다. 그리고 올챙이 유생이 기질에 부착하기 위해 효소에 의해 꼬리가 분해(reduction of tail)되는 소요되는 시간은 약 48.5시간이었다. 팽대부(ampulla)가 형성되는데 소요되는 기간은 약 53.5시간이었다. 붉은명개의 입수공과 출수공이 되는 수관(siphon)이 형성되는 데에는 약 91.5시간이 필요하였다.

둘째, 올챙이 유생의 몸통의 크기뿐만 아니라 유생의 꼬리부분의 길이 또한 유생의 생존과 성공적인 어린 개체로의 부착에 많은 영향을 줄 것으로 판단하여 수온과 염분이 유생의 출현에 미치는 영향을 알아보았다. 염분 20 psu에서는 모든 온도구간에서 발생이 중단되었으며 올챙이 유생 또한 출현하지 않았다. 수온 8 °C 실험에서는 25 psu에서 기형

유생이 일부 출현하였고 30 psu와 34 psu에서는 정상 올챙이 유생이 출현하였으나 일부가 지연된 발생과정을 보였다. 수온 12 °C 실험에서는 25 psu에서 꼬리가 굵은 기형유생이 다수 발견되었으나 30 psu와 34 psu에서 유생 전체의 길이가 가장 길고 활동성이 좋은 건강한 형태의 올챙이 유생을 관찰할 수 있었다. 수온 16 °C 실험에서는 25 psu 이상 모든 시험군에서 기형유생이 발생하였으나 올챙이 유생은 대체로 정상적인 활동을 보여 주었다. 수온 20 °C 실험에서는 25 psu에서 기형유생 뿐만 아니라 부착돌기가 1개밖에 없는 기형유생도 다수 출현하였다. 수온 24 °C 실험에서는 25 psu에서 유생의 길이는 0.98 mm, 30 psu에서 0.89 mm, 34 psu에서 1.02 mm의 유생이 관찰되었는데 25 psu에서는 기형유생이 다수 발생하였으며 30 psu와 34 psu의 정상유생도 활동성이 없었으며 낮은 생존율을 보여주었다. 유영력에 대한 관찰결과는 12 °C의 시험군이 염분 30 psu와 34 psu에서 활동성이 가장 활발하였는데 붉은명개 올챙이 유생의 생존율은 올챙이 유생의 길이와 관련이 있는 것으로 추정된다.

셋째, 붉은명개의 올챙이 유생에서 부착기 유생까지 부착율을 조사한 결과, 염분 20 psu에서는 모든 온도구간에서 부착이 관찰되지 않았다. 수온 8 °C 실험에서는 7일 후 25 psu에서 유생 부착율은 1.6%, 30 psu에서 20.3%, 34 psu에서 26.6%의 부착기 유생을 관찰할 수 있었다. 수온 12 °C 실험에서는 25 psu에서 유생의 부착율은 0.8%, 30 psu에서 36.6%, 34 psu에서 42.5%의 부착기 유생이 출현하였다. 수온 16 °C 실험에서는 25 psu에서 유생의 부착율은 0.8%, 30 psu에서 41.6%, 34 psu에서 45.8%의 부착기 유생을 관찰하였으며 25 psu 이상 시험군 모두에서 기형유생이 발생하였다. 수온 20 °C 실험에서는 25 psu에서 유생의 부착율은 1.6%, 30 psu에서 36.6%, 34 psu에서 45.8%의 부착기 유생이 관찰되었다. 수온 24 °C 실험에서는 4일 후, 25 psu에서 부착기 유생으로 고착이 관찰되지 않았으며 30 psu와 34 psu에서 1% 이하의 부착기 유생이 관찰되었다.

감사의 글

본 연구는 국립수산물과학원 경상과제인 동해안 특

산품종 기술개발연구(RP-2009-AQ-051)에 의해 수행되었으며 분석과 자료정리에 도움을 주신 연구원 이인철, 이성희께 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- 1) Gotshall D. W., 1994, Guide to marine invertebrates: Alaska to Baja California. Sea Challengers, Monterey, CA., 105.
- 2) Baik K. K., S. K. Chung and Y. S. Chung, 1986, Studies on the spawning season of sea squirts, *Halocynthia roretzi*(von Drasche) and *Halocynthia aurantium*(Pallas) in the coast of Kangwon province, Bulletin of Fisheries Research & Development Agency, 37, 179-183.
- 3) Ivanov B. G., 1993, An interesting mode of feeding of snow crabs, *Chionoecetes* spp.(Crustacea, Decapoda, Majida), on the ascidian *Halocynthia aurantium*, Zoology, 72, 27-33.
- 4) Jewett S. C. and H. M. Feder, 1981, Epifaunal invertebrates of the continental shelf of the eastern Bering and Chukchi Seas, University of Washington Press, 1131-1153.
- 5) Kessler D. W., 1985, Alaska's saltwater fishes and other sea life: a field guide, Alaska Northwest Publication, Anchorage, Alaska.
- 6) Ushakov P. V., 1955, Phylum Chordata, Subphylum Tunicata, Academy of Sciences of the USSR Zoological Institute, 307-312.
- 7) Honegger T. G. and R. Koyanagi, 2008, The ascidian egg envelope in fertilization: structural and molecular features, The International Journal of Developmental Biology, 52, 527-533.
- 8) Koyanagi R., T. G. Honegger and R. Koyanagi, 2003, Molecular cloning and sequence analysis of an ascidian egg, Developmental Growth and Differentiation, 45, 209-218.
- 9) Yoo S. K., 1998, Shallow water aquaculture, Gooduck Publishing Company, 205-220.
- 10) Park Y. J., Y. G. Rho, J. H. Lee and J. M. Lee, 1991, Studies on spawning and seed collection of sea squirt, *Halocynthia roretzi*(Drasche), Bulletin of Fisheries Research & Development Agency, 45, 165-173.
- 11) Pyen C. K., Y. Z. Chang and Y. G. Ro, 1977, Studies on the early development and seed collection of the sea squirt, *Cynthia roretzi*, Bulletin of Fisheries Research & Development Agency, 18, 113-122.
- 12) Yoo S. K. and H. Y. Ryu, 1982, The metamorphosis of the sea squirt, *Halocynthia roretzi*: hatching, settlement and tail reduction of the tadpole larva, Bulletin of Fisheries Research & Development Agency, 28, 177-183.
- 13) Thiyagarajan V. and P. Y. Qian, 2003, Effect of temperature, salinity and delayed attachment on development of the solitary ascidian *Styela plicata*(Lesueur), Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 290, 133-146.
- 14) Grave C., 1920, *Amaroucium pellucidum* (Leidy) from *constellatum* (Verrill) I. The activities and reactions of the tadpole larva, Journal of Experimental Zoology, 30, 239-257.
- 15) Mchenry M. J., 2005, The morphology, behavior, and biomechanics of swimming in ascidian larvae, Canadian Journal of Zoology, 83, 62-74.
- 16) Mchenry M. J. and S. N. Patek, 2003, The evolution of larval morphology and swimming performance in ascidians, Evolution, 58, 1209-1224.