

## 자바리, *Epinephelus bruneus*의 난 발생과 부화에 미치는 수온의 영향

양문호 · 최영웅<sup>1,†</sup> · 정민민<sup>1</sup> · 구학동<sup>1</sup> · 오봉세<sup>1</sup> · 문태석 · 이창훈 · 김경민 · 한석중

국립수산물과학원 제주수산연구소, <sup>1</sup>국립수산물과학원 제주수산연구소 종보존연구센터

### Temperature Effect in Egg Development and Hatching of Longtooth Grouper, *Epinephelus bruneus*

Moon-Ho Yang, Young-Ung Choi<sup>1,†</sup>, Min-Min Jung<sup>1</sup>, Hag-Dong Ku<sup>1</sup>, Bong-Sae Oh<sup>1</sup>

Tae-Seok Moon, Chang-Hoon Lee, Kyong-Min Kim and Seock-Jung Han

Jeju Fisheries Research Institute, NFRDI, Jeju 690-192, Korea

<sup>1</sup>Marine Species Conservation Center, Jeju Fisheries Research Institute, NFRDI, Jeju 699-804, Korea

**ABSTRACT** : This study examined temperature effect in egg development and hatching of longtooth grouper, *Epinephelus bruneus*. Fertilized embryos was not growth after morula stage at 15°C, at 18, 21, 24 and 27°C, the required time from fertilized embryos to hatching were 70 h. 30 min., 44 h. 10 min., 29 h. 10 min. and 24 h. 30 min., respectively. The hatching rates at 24°C were higher than the other conditions and the hatching was not occurred at 15°C. These results suggest that the water temperature range of egg development and hatching was 18~27°C.

**Key words** : Longtooth Grouper, *Epinephelus bruneus*, Egg Development, Hatching rates.

요 약 : 이 연구는 실내 사육수조에서 자연산란 후 수정된 난을 대상으로 수온에 따른 난 발생속도와 부화율을 조사하였다. 부화에 이르기까지 각 수온조건에서 소요된 시간은 15°C에서 상실기 이후 발생이 진행되지 않았고, 18, 21, 24, 27°C에서 각각 70시간 30분, 44시간 10분, 29시간 10분 그리고 24시간 30분이 소요되었다. 부화율은 15°C에서 0%였고, 18, 21, 24 그리고 27°C에서 각각 8.3±1.2%, 18.0±6.2%, 24.0±4.0% 그리고 17.0±7.2%로 뚜렷한 차이 없이 24°C에서 다소 높았고 21와 27°C에서 비슷한 경향이었으며 18°C에서 가장 낮게 나타났다. 이러한 결과에서 자바리의 난발생 수온범위는 18~27°C로 제안된다.

## 서 론

자바리, *Epinephelus bruneus*를 포함한 능성어과 어류들은 전 세계적으로 15속 약 159종이 보고되고 있으며, 서식지역은 대부분 아열대와 열대지방에 산호초가 발달한 해역과 암초지역에 서식한다(FAO, 1993). 우리나라에는 남해안과 제주도 연안에 자바리(*E. bruneus*), 붉바리(*E. akaara*), 능성어(*E. septemfasciatus*)를 비롯한 8종이 분포하고 있다(김과이, 1994). 자바리(*E. bruneus*)를 비롯한 능성어류는 고부가

가치 수익을 올리는 어종으로 인기가 높지만, 최근 자원이 급격히 감소하면서 대책 마련이 시급한 실정이다. 지금까지 우리나라에서 자바리(*E. bruneus*)를 비롯한 능성어류에 대한 사육은 자연에서 채집한 어류를 양식장에서 축양하는 정도의 수준에 머물고 있다가 최근 들어 능성어(*E. septemfasciatus*)에서 안정적인 정자 확보를 위해서 호르몬을 이용한 응성화 유도, 자바리(*E. bruneus*)를 대상으로 냉동 정자 보존방법을 이용한 인공수정(Song *et al.*, 2005; Oh, 2006) 등의 연구가 진행되고 있다. 일본에서도 자바리(*E. bruneus*)는 수산양식업에서 고부가가치 어종으로 관심을 모으고 있고, 중요생산 기술 개발에 관한 연구가 진행되고 있으나, 자어의 초기 성장과정 중에 높은 폐사율로 인해 여전히 기초생산단계에 머물고 있다(Kato *et al.*, 2004). 이러한 상황에서 능성어류에 관한 다각적인 정보의 축적은 안정적인 중요 생산을

이 연구는 제주 바다목장화 개발 연구사업의 지원에 의해 수행되었습니다.

<sup>†</sup> 교신저자: 제주도 서귀포시 남원읍 위미2리 785, 제주수산연구소 종보존연구센터, (우) 699-804, (전) +82-64-764-6061, (팩) +82-64-764-3645, E-mail: choiyu04@hanmail.net

위해서 중요한 요건이 아닐 수 없다.

이 연구에서는 실내 사육 수조에서 자연산란 후 수정된 알을 대상으로 수온에 따른 난발생 속도와 부화율을 조사하여 자바리의 안정적인 종묘 생산을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

친어는 제주특별자치도 서귀포시 대정읍 모슬포 해역에서 연승작업으로 어획된 개체들로서 평균 전장  $60.2 \pm 8.7$  cm, 평균 체중  $3,423 \pm 1,718$  g ( $n=48$ ) 크기로 콘크리트 사각 수조( $6.0 \times 6.0 \times 2.0$  m)에서 사육관리한 개체들이었다.

실험에 이용된 알은 2007년 6월 9일부터 6월 25일까지 자연산란에서 얻어진 것들로 산란량은  $140 \sim 2,110$  mL, 부상률이  $4.3 \sim 50\%$  범위였다. 이때 난경은 평균  $938.9 \pm 24.1$   $\mu$ m였다.

수온에 따른 난발생 속도를 조사하기 위해 사각 수조( $38 \times 38 \times 25$  cm) 5개를  $15.0 \pm 0.5$ ,  $18.0 \pm 0.5$ ,  $21.0 \pm 0.5$ ,  $24.0 \pm 0.5$  그리고  $27.0 \pm 0.5$ °C의 5개 실험구로 나누어 설정하였고, 한 실험구당 1 L 비이커 3개를 설치하고 알을 100개씩 수용하여 3회 반복 실험으로 진행하였다. 실험구별 난발생 속도는 8세포기, 상실기, 쿠퍼씨포(Kupffer's vesicle) 출현기, 부화직후 자어기를 기준하여(Fig. 1) 각 발생단계에 도달한 알의 비율이 50%에 이를 때 경과시간을 조사하였다.

수온에 따른 부화율을 조사하기 위해 난발생 속도 실험구와 동일하게 수정란을 100개/L로 수용하여 부화율과 기형률을 조사하였다.

실험 결과는 SPSS Version 10.0 (SPSS, Michigan Avenue, Chicago, IL, USA)를 이용하여 ANOVA-test와 Duncan's multiple range test로 처리하여 평균간의 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 수온에 따른 난 발생속도

경골어류 알의 발생속도는 알의 성질과 알의 크기 그리고 환경조건에 따라 차이가 난다(田中, 1969). 침성란을 낳는 어류 알의 경우, 크기가 크고 부화에 소요되는 시간이 긴 반면, 부성란을 낳는 어류의 알은 크기가 작고 부화까지 소요되는

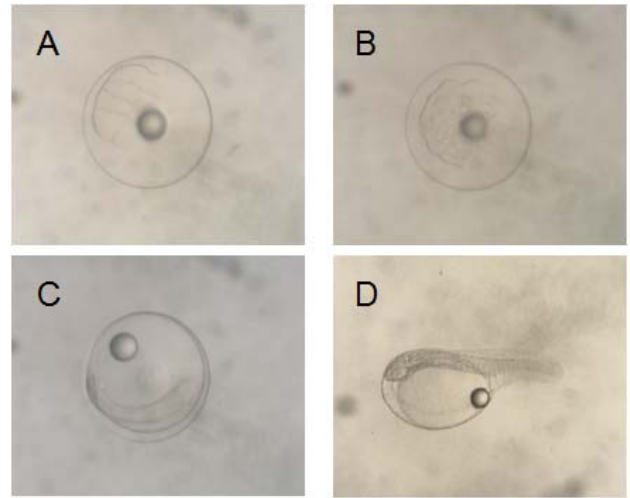


Fig. 1. The egg development stages of Longtooth Grouper, *Epinephelus bruneus*. A: 8 cell stage, B: Morula stage, C: Kuffer's vesicle appearance, D: Hatching Larva.

시간이 짧아진다(田中, 1969). 부화에 이르기까지 시간은 수온에 따라 달라지는데, 도루묵의 경우 10°C에서 부화까지 걸리는 시간이 2~3개월이 소요되고(Myoung *et al.*, 1989), 무지개 송어는 1개월(川本, 1967), 뚝지는 1개월(Kim *et al.*, 1987)이 걸린다.

이 연구에 사용된 자바리, *Epinephelus bruneus*의 알은 구형으로 점착성을 띠는 부성 점착란이었다. 난경은  $852 \sim 994$   $\mu$ m (평균  $938.9 \pm 24.1$   $\mu$ m)로 인공 수정시킨 자바리, *E. bruneus* 수정란  $879 \sim 933$   $\mu$ m(Oh, 2006)에 비해 다소 크고, 다른 바리과 어류 능성어, *E. septemfasciatus*의 수정란  $790 \sim 890$   $\mu$ m, 붉바리 *E. akaara*  $710 \sim 820$   $\mu$ m, 홍바리, *E. fasciatus*  $780 \sim 820$   $\mu$ m (Song, 2004; Watanabe *et al.*, 1985; Kawabe, 1999)보다도 큰 것을 알 수 있었다.

각각의 난발생 단계까지 이르는 시간은 15, 18, 21°C에서 8세포기에까지는 수분의 차이는 있었지만 속도의 차이를 뚜렷하게 관찰할 수 없이 50분 정도가 소요되었다. 24°C에서는 40분이 소요되었으며, 27°C에서는 30분이 소요되었다(Table 1). 각 실험구에서 상실기에 도달하는데 소요된 시간은 15, 18, 21°C에서 각각 3시간 20분, 3시간 10분, 1시간 30분이었다. 그리고 24, 27°C에서는 1시간 20분과 1시간 10분이 소요되었다. 이후 15°C에서는 상실기 이후 15시간 10분 후에 포배기에 이르고 26시간 이후 낭배기에 이르렀으나 28시간 이후는 난 발생이 진행되지 않았다(Table 1). 쿠퍼

**Table 1. The mean required time (hours) from fertilization to each developmental stage in Longtooth Grouper, *Epinephelus bruneus***

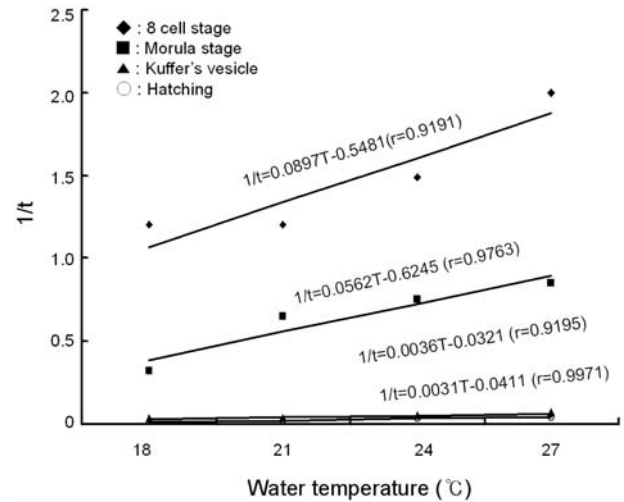
Developmental stage	Water temperature(°C)				
	15	18	21	24	27
8 cell	0.8	0.8	0.8	0.7	0.5
Morula	3.3	3.2	0.5	1.3	1.2
Kupffer's vesicle	Dead	28.8	25.2	21.2	10.5
Hatching	Dead	70.5	44.2	29.2	24.5

씨포(Kuffer's vesicle)의 출현은 18, 21°C에서 28시간 50분과 25시간 10분이 소요되었으며, 24, 27°C에서 21시간 10분과 10시간 30분이 소요되었다(Table 1). 실험구내에서 부화 자어가 50% 이상 출현이 관찰되는데 소요되는 시간은 18, 21°C에서 70시간 30분과 44시간 10분이 소요되었으며, 24, 27°C에서 29시간 10분 그리고 24시간 30분이 소요되었다(Table 1). 참가자미의 경우, 부화에 이르는 시간은 9°C에서 95.5시간, 12°C에서 72.5시간, 15°C에서 56.0시간이 소요되었다(Lee *et al.*, 1997). 이는 아열대성 어종인 자바리(*E. bruneus*)의 난 발생수온 범위와 뚜렷한 차이가 있었고, 참돔의 경우 15°C에서 87시간, 18°C에서 48시간, 21°C에서 32시간, 24°C에서 27시간(Yoo *et al.*, 1991)으로 18~24°C 범위에서 자바리(*E. bruneus*)보다 부화에 소요되는 시간이 짧았다. 흰점독가시치(*Siganus canaliculatus*)는 20°C에서 55.2시간, 24°C에서 34.0시간, 28°C에서 27.0시간, 32°C에서 22.0시간이 소요되어(Hwang, 1999) 자바리(*E. bruneus*)보다 부화에 소요되는 시간이 길었다. 이 연구에서 수온(T)과 발생단계별 소요시간(t)의 관계식은 아래와 같이 나타낼 수 있었다(Fig. 2).

- 8세포기 :  $1/t=0.0897T-0.5481(r=0.9191)$
- 16세포기 :  $1/t=0.0562T-0.6245(r=0.9763)$
- Kuffer씨포 출현기 :  $1/t=0.0036T-0.0321(r=0.9165)$
- 부화 자어기 :  $1/t=0.0031T-0.0411(r=0.9971)$

이들 관계식을 기초로 하여 추정된 생물학적 영도(biological minimum temperature)는 9.8°C였다.

2. 수온에 따른 부화율



**Fig. 2. Relationships between water temperature and time required for each developmental stage after fertilization of Longtooth Grouper, *Epinephelus bruneus*.**

수온에 따른 자바리의 부화율은 Table 2에 나타낸 바와 같다. 15°C에서는 난 발생 속도에서 조사한 결과와 같은 경향으로 수정란이 침하되고 전부 폐사하여 부화율은 0%였다. 그리고 18, 21, 24 그리고 27°C에서 부화율은 각각 8.3±1.2%, 18.0±6.2%, 24.0±4.0% 그리고 17.0±7.2%로 24°C에서 부화율이 다소 높았고, 21°C와 27°C에서 비슷한 경향이었으며, 18°C에서 부화율이 가장 낮았다(Table 2, P<0.05).

그리고 부화 개체 중 정상 개체의 비율은 18, 21, 24 그리고 27°C에서 각각 79.5±12.0, 70.0±4.8, 79.2±7.4 그리고 90.0±2.8%로 27°C에서 가장 높았고, 18°C와 24°C에서 비슷하였으며 21°C에서 가장 낮았다(P<0.05). 위의 결과에서 부화율이 전체적으로 낮은 수정란에 대한 적합한 부화온도를 판단하는데 어려움이 있다. 그러나 각 실험구의 부화율의 경향을 종합해 보면 24°C에서 높은 점을 나타내고 있다.

**Table 2. Hatching rates of fertilized eggs of Longtooth Grouper, *Epinephelus bruneus* in different water temperature**

Water temperature(°C)	Hatching rate(%)
15	0
18	8.3±1.2 <sup>b</sup>
21	18.0±6.2 <sup>ab</sup>
24	24.0±4.0 <sup>a</sup>
27	17.0±7.2 <sup>ab</sup>

그리고 기형율이 고수온 실험구인 27°C보다 24°C에서 다소 높았지만 수온 차이에 따른 영향이라기보다는 실험에 이용된 난질에 대한 기초적인 문제로 판단되므로 부화에 적합한 온도는 24°C로 판단된다. 이후 27°C 이상의 고수온 실험구에 대한 실험이 더 진행되어야 할 것으로 생각된다.

어류의 난질 평가는 어종에 따라 판단 기준이 다양하지만 해산어류 종묘 생산에서는 대부분 부상률과 침강률(McEvoy, 1984; Carrillo *et al.*, 1989)을 난질 평가의 기준으로 적용하고 있고, 수정 난막의 출현율, 알의 형태와 투명도, 유구의 분포, 수정률, 부화율 및 알의 과숙 상태 등도 난질을 평가할 수 있는 좋은 기준이 된다(Kjorsvik *et al.*, 1990). 위의 기준에서 부상률을 적용하여 이번 실험에 이용된 자연산란한 자바리(*E. bruneus*) 수정란의 부상률이 4.3~50%의 범위였던 것을 감안하면 자연산란한 알의 질적인 문제가 이 실험에 영향을 끼쳤던 것으로 판단된다. 또한, 이 연구에서 부화율은 24°C에서 24.0%였던 반면 인공수정시킨 수정란의 부화율은 25°C 조건에서 96.7%(Oh, 2006)로 자연산란과 인공수정된 알의 질적인 문제가 뚜렷하게 차이가 있음을 알 수 있었다. 이상과 같이 자바리(*E. bruneus*)의 난발생과 부화는 15°C의 저수온에서 난발생과 부화가 일어나지 않아 난발생과 부화의 수온범위는 18~27°C로 조사되었고, 부화율 조사에서 24°C가 적합한 것으로 판단된다. 이번 조사된 결과는 안정적인 자바리(*E. bruneus*) 종묘 생산을 위한 과정에서 기초적인 자료를 제공할 수 있으리라 생각된다.

## 인용문헌

- Carrillo M, Bromage N, Zanuy S, Serrano R, Prat F (1989) The effect of modifications in photoperiod on spawning time, ovarian development and egg quality in the sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture* 81: 351-365.
- FAO (1993) FAO species catalogue Vol. 16. Groupers of the world. FAO Rome pp 1-10.
- Hwang HK (1999) Biological Studies on Aquaculture of the Rabbitfish, *Siganus canaliculatus* (Park). Ph. D. thesis, Cheju National Univ pp 54-63.
- Kato K, Ishmaru K, Sawada Y, Mutsuro J, Miysshita S, Murata O, Kumai H (2004). Ontogeny of digestive and immune system organs of larval and juvenile kelp grouper *Epinephelus bruneus* reared in the laboratory. *Fish Sci* 70:1061-1069.
- Kawabe K (1999) Evaluation of common s-type rotifer as an initial food for the larvae of blacktip grouper, *Epinephelus fasciatus*. *Suisanzoshoku* 47:403-408.
- Kjorsvik E, Jonsen AM, Holmefjord I (1990) Egg quality in fishes. *Mar Biol* 26:71-113.
- Kim YU, Park YS, Myoung JG (1987) Development of eggs laval juveniles of smooth lump sucker, *Aptocyclus Ventricosus* (Pallas). *Bull Korean Fish Soc* 20:157-165.
- Lee JY, Kim YK, Chang YJ (1997) Influence of water temperature and salinity on egg development of flatfish, *Limanda herzensteini*. *J Aquaculture* 10:357-362.
- McEvoy, LA (1984) Ovulatory rhythms and over-ripening of eggs in cultivated turbot, *Scophthalmus maximus*. *J Fish Biol* 24:437-438.
- Myoung JG, Kim JM, Kim YU (1989) Egg development and morphology of sand fish, *Arctoscopus japonicus* (Steindachner) larvae and juveniles reared in the laboratory. *Bull Korean Fish Soc* 22:129-137.
- Oh SR (2006) Seed Production of Longtooth Grouper, *Epinephelus bruneus*의 with Induced Sex Reversal and Maturation. Ph. D. thesis, Cheju National Univ pp 60-63.
- Song YB (2004) Induction Sexual Maturation and Early Development of The Sevenband Grouper, *Epinephelus septemfasciatus*. Ph. D. thesis, Cheju National Univ pp60.
- Song YB, Baek HJ, Kim HB, Lee KJ, Soyano K, Lee YD (2005) Induced sex reversal of sevenband grouper, *Epinephelus septemfasciatus* by 17 $\alpha$ -methyltestosterone. *J Aquaculture* 18:167-172.
- Watanabe K, Araki S, Tenshin M, Narita T, Akizuki T (1985) Rearing experimental of larval grouper. *Bull Tokushima Fish Expl Stn* pp 18-19.
- Yoo SK, Chang YJ, Kang KH (1991) Influence of water temperature on egg development of the red sea bream, *Pagrus major*. *J Aquaculture* 4:13-18.

田中克 (1969) 仔魚の孵化系の構造と機能に関する研究-1.  
前期仔魚の孵化系の發達. 魚雜, 16:1-9.  
川本信之 (1967) 養魚學各論. 水産學全集 23. 恒星社. 東京,

p 817.

김익수 · 이완옥 (1994) 제주도의 어류상. 전북대학교 생물  
학과 한국어류상 연구회, p 51.