

# 수온과 염분이 능성어 (*Epinephelus septemfasciatus*)의 난 발생 및 자어에 미치는 영향

조재권 · 홍창기 · 박종연 · 손맹현 · 박충국<sup>1</sup> · 박재민<sup>2,\*</sup>

남서해수산연구소 해역산업과, <sup>1</sup>전라남도 해양수산과학원, <sup>2</sup>경상북도 토속어류산업화센터

**Effects of Water Temperature and Salinity on the Egg Development and Larvae of Sevenband grouper, *Epinephelus septemfasciatus* by Jae Kwon Cho, Chang Gi Hong, Jong Youn Park, Maeng Hyun Son, Chung Kug Park<sup>1</sup> and Jae Min Park<sup>2,\*</sup>** (Southwest Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Yeosu 556-823, Korea; <sup>1</sup>Jeollanam-do Ocean and Fisheries Science Institute, Yeosu 550-702, Korea; <sup>2</sup>Gyeongsangbuk-do Native Fish Business Center, Uiseong 769-921, Korea)

**ABSTRACT** We studied the effects of temperature and salinity on the egg development and larvae of sevenband grouper *Epinephelus septemfasciatus* under sea cage culturing condition. In regard to rearing environment, the water temperature is 21.5~23.5°C (mean 22.0±0.05°C) and the salinity is 32.0~33.0 psu (mean 32.5±0.05 psu). The time of egg development was positively proportional to water temperature with 29 hrs, 27 hrs, 24 hrs, 17 hrs, 15 hrs after fertilization in 15°C, 20°C, 25°C, 30°C, 35°C respectively. Each of the salinity hatching rate was 80% in the section of 15 psu, 81.8% in the section of 25 psu, 89.1% in the section of 30 psu, and 79.1% in the section of 35 psu. All things considered, the highest hatching rate appeared in the range of the section of 25~30 psu. Abnormalities of low salinity section, such as 15 psu (20.0%) and 20 psu (18.2%), was lower than the abnormalities of 35 psu that belongs to high salt section. The relation between the time of egg development (t : hour) and water temperature (T : °C) was represented by the mathematical formulae. The mean biological minimum temperature was 5.4°C.

**Key words :** *Epinephelus septemfasciatus*, egg development, salinity-temperature effect

## 서 론

능성어 *Epinephelus septemfasciatus*는 농어목(Perciforms) 바리과(Serranidae)에 속하는 어종으로, 우리나라에는 남해안과 제주도 연안에 능성어를 비롯한 자바리 *E. bruneus*, 붉바리 *E. akaara* 및 홍바리 *E. fasciatus* 등 12속 27종이 분포하고 있다(김 등, 2005; 양 등, 2007).

능성어에 관한 연구로는 번식생물학적 연구(김 등, 1997), 바이러스병원성(손과 전, 1999), 성전환 유도(송 등, 2005) 및 성숙과 배란유도(송 등, 2008) 등의 연구가 수행되었고, 최근에는 종묘생산 기술개발에 대한 연구가 진행되고 있으

나 자어의 초기 성장과정 중 높은 폐사율로 인해 기초 생산단계에 머물고 있다(Kato *et al.*, 2004; 양 등, 2007).

수온은 어중에 따라 생활사와 생태적 특성에 따른 적정 수온범위를 가지고, 초기발생에 있어서도 난 발생과 자어의 성장 및 생존에 영향을 미치는 요인으로 작용한다.

어류의 종묘생산 과정에 있어 수온과 염분의 영향은 수정란의 발생 과정, 난 발생 속도 및 부화율에 영향을 미치므로 안정적인 종묘생산을 위해서는 중요한 요인이 아닐 수 없다.

수온과 염분에 대한 연구로는 넙치 *Paralichthys olivaceus* (전과 노, 1991), 참가자미 *Limanda herzensteini* (이 등, 1997), 농어 *Lateolabrax japonicus* (한 등, 2001), 자바리 *E. bruneus* (양 등, 2007), 줄복 *Takifugu pardalis* (한과 조, 2007), 고등어 *Scomber japonicus* (황 등, 2008), 동갈돔 *Hapalogenys*

\*Corresponding author: Jae Min Park Tel: 82-61-690-8968, Fax.: 82-61-685-9073, E-mail: gost016803@naver.com

nitens (강 등, 2009), 벵에돔 *Girella punctata* 및 긴꼬리벵에돔 *G. melanichthys* (오 등, 2010) 등이 수행되었다.

양식대상종의 사육기술 개발과정 중에는 난의 적정 발생을 유도하고, 초기 생존율을 높이기 위해 적합한 수온과 염분농도를 구명하는 것이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 수온과 염분이 능성어의 난 발생 및 자어에 미치는 영향을 조사하여 안정적인 종묘생산을 위한 기초자료로 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 어미관리 및 인공수정

실험에 사용된 어미는 2012년 6월까지 전남 여수시 거문도 해상가두리 (7×7×5 m)에서 8년간 양성된 개체로 전갱이와 배합사료를 공급하여 사육하던 중 성숙한 어미 73.7~80.9 cm (평균 77.3±3.6 cm) 5개체를 선별하여 사용하였다. 어미는 복부압박법을 이용해 채란 및 채정을 실시하였고, 확보한 알과 정자는 건식법으로 인공수정시켜 여과해수로 세란 후 실험실로 운반하였다. 수온은 21.5~23.5°C (평균 22.0±0.05°C), 염분농도는 32.0~33.0 psu (평균 32.5±0.05 psu) 범위를 유지하였다.

### 2. 난 발생 속도와 부화율

인공수정을 통한 수정율은 110개의 알을 대상으로 조사하였고, 500 mL의 유리 비이커에 염분농도 32.0 psu인 여과해수를 채웠으며, 각 실험구 수조의 수온을 15, 20, 25, 30, 35°C로 설정하였다. 실험구는 3반복으로 실험하였고, 수온에 따른 발생속도 차이를 관찰하기 위해 단계별로 상실기, 포배기, 낭배기, Kuffer's포 출현기 및 부화자어를 기준으로 하였으며, 발생 단계별 소요시간, 부화시간, 부화율 및 기형을 등을 관찰하였다.

각 단계별 발생은 입체해부현미경 (Nikon NM-40, Japan)과 만능투영기 (Nikon JP V-12B, Japan)를 사용하여 관찰하였고, 수정 후 발생 단계별 소요시간 산출은 전체 난의 50% 정도 진행된 시간으로 하였으며, 매일 1/2씩 여과해수로 환수하였다.

수정란의 염분농도별 부화율과 부화시간을 조사하기 위해 500 mL 유리 비이커에 15, 20, 25, 30, 35 psu로 설정하였다. 수정란은 각 실험구당 110개씩 수용하였고, 부화율 및 기형을 등을 조사하였다.

### 3. 통계처리

실험결과에 대한 통계처리는 SPSS 통계 패키지 (version 9.0)를 이용하여 one-way ANOVA로 평균 간의 유의성 ( $P < 0.05$ )을 검정하였다.

## 결 과

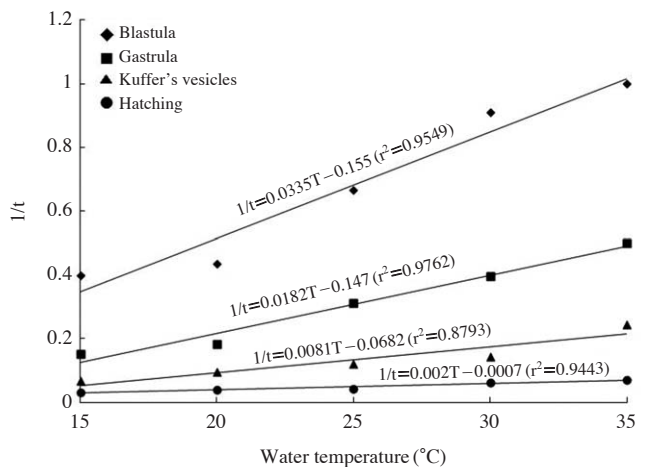
### 1. 수온별 부화시간

능성어의 난 발생 과정에서 각 발생 단계별로 도달하는 시간은 Table 1과 같았다. 수정 후부터 낭배기까지 소요되는 시간은 15°C에서 6시간 55분, 20°C에서 5시간 50분, 25°C에서 3시간 20분, 30°C에서 2시간 53분, 35°C에서 2시간 1분이 소요되었다. Kuffer's포 출현기까지 소요되는 시간은 15°C에서 15시간 10분, 20°C에서 11시간 8분, 25°C에서 8시간 27분, 30°C에서 7시간 46분, 35°C에서 4시간 11분이 소요되었다 (Table 1). 수정란은 15~35°C까지 전 구간에서 부화가 이루어졌고, 각 수온 조건별로 부화 시까지 소요되는 시간은 15°C에서 28시간 50분, 20°C에서 26시간 28분, 25°C에서는 23시간 27분, 30°C에서 16시간 13분, 35°C에서 14시간 11분이 소요되어 수온이 높아질수록 부화 시간이 짧아지는 것으로 나타났다.

위 결과를 바탕으로 각 발생 단계별 소요시간 (t: hour)과 수온 (T: °C)과의 관계는 다음 직선함수식의 관계를 가지는 것으로 나타났다 (Fig. 1).

**Table 1.** Elapsed time (hours) after fertilization of *Epinephelus septemfasciatus* to distinctive development stages at different water temperature

Development stages	Water temperature				
	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C
Blastula	02:50	02:40	02:20	01:10	01:00
Gastrula	06:55	05:50	03:20	02:53	02:01
Kuffer's vesicles	15:10	11:08	08:27	07:46	04:11
Hatching	28:50	26:28	23:27	16:13	14:11



**Fig. 1.** Relationships between water temperature and time required to each development stages after fertilization of *Epinephelus septemfasciatus*.

포배기 :  $1/t=0.0335T-0.155$  ( $r^2=0.9549$ )

낭배기 :  $1/t=0.0182T-0.147$  ( $r^2=0.9762$ )

Kuffer's 포 출현기 :  $1/t=0.0081T-0.0682$  ( $r^2=0.8793$ )

부 화 :  $1/t=0.002T-0.0007$  ( $r^2=0.9443$ )

이들 관계식을 토대로 Y축의 값이 0일 때 X축에 접하는 수온, 즉 초기발생에 있어 난 발생이 진행되지 않는 생물학적 영도(Biological minimum temperature)는 평균 5.4°C로 추정되었다.

## 2. 부화율

수온별 능성어의 부화율 및 기형율(Fig. 2)을 보면 수온별 부화율은 15°C에서 58.2±4.2%, 20°C에서 61.8±3.5%, 25°C에서 89.1±4.2%, 30°C에서 88.2±2.5%, 35°C에서 86.4±4.2%로서 저수온인 15°C가 가장 부화율이 낮은 것으로 보여 유의차를 보였다( $P>0.05$ ). 또, 각 실험구에서 나타난 부화자어의 기형율은 15°C에서 41.8%, 20°C에서 38.2%, 25°C에서 10.9%, 30°C에서 11.8%, 35°C에서 13.6%로 15°C에서 가장 높은 값을 보였고( $P>0.05$ ), 25°C에서 가장 낮은 값을 보였다( $P<0.05$ ).

염분별 능성어의 부화율 및 기형율(Fig. 3)을 보면, 염분별 부화율은 15 psu에서 80.0±5.6%, 20 psu에서 81.8±1.4%, 25 psu에서 86.4±2.1%, 30 psu에서 89.1±0.7%, 35 psu에서 79.1±0.7%로 25~30 psu에서 가장 부화율이 높은 것으로 나타났다. 부화자어의 기형율은 15 psu에서 20.0%, 20 psu에서 18.2%, 25 psu에서 13.6%, 30 psu에서 10.9%, 35 psu에서 20.9%로 저염분 구간인 15 psu(20.0%)와 20 psu(18.2%)보다 35 psu에서 기형율이 20.9%로 가장 높았다( $P>0.05$ ).

## 고 찰

실험에 사용된 능성어의 수정란 크기는 0.81~0.89 mm(평균 0.85±0.04 mm)로서 Kitajima *et al.* (1991)과 이와 고(2003)가 보고한 것에 비해 크거나 유사한 것으로 나타났다. 다른 바리과 어류와 수정란 크기를 비교한 결과 자바리(양 등, 2007) 0.85~0.99 mm보다 작았고, 붉바리(이 등, 1997) 0.74~0.82 mm, 홍바리(Kawabe and Kohno, 2009) 0.74~0.84 mm보다는 컸다. 부화에 소요되는 시간은 능성어가 수온 22°C에서 48시간이 소요되었고, Kitajima *et al.* (1991)의 보고에서는 수온 21.2~23.2°C에서 30~35시간이 소요된 것으로 보아 수온에 따른 발생시간에 차이가 있는 것으로 보인다. 자바리(양 등, 2007)는 수온 24°C에서는 29시간 10분, 홍바리(Kawabe and Kohno, 2009)는 수온 21.5~22.3°C에서 33시간 40분, 붉바리(이 등, 1997)는 수온 25°C에서 25시간 30분이 소요되어 수온이 높을수록 부화에 소요되는 시간이 짧아지는 경향을 볼 수 있다.

이와 같은 경향은 벵에돔 *Girella punctata*과 긴꼬리벵에돔 *G. melanichthys*(오 등, 2010), 넙치 *Paralichthys olivaceus*(김 등, 2010), 대구 *Gadus macrocephalus*(이 등, 2007), 고등어 *Scomber japonicus*(황 등, 2008), 줄복 *Takifugu pardalis*(한과 조, 2007), 찰가자미 *Microstomus achne*(변 등, 2009) 및 참가자미 *Limanda herzensteini*(이 등, 1997) 등의 많은 어류에서 볼 수가 있다.

수온에 따른 부화율과 기형율을 살펴보면 부화율은 수온 15°C에서 58.2%로 가장 낮았고, 25°C에서 89.1%로 가장 높았다. 기형율은 수온 15°C에서 41.8%로 가장 높았고, 25°C에서 10.9%로 가장 낮았다. 결론적으로 수온이 낮을수록

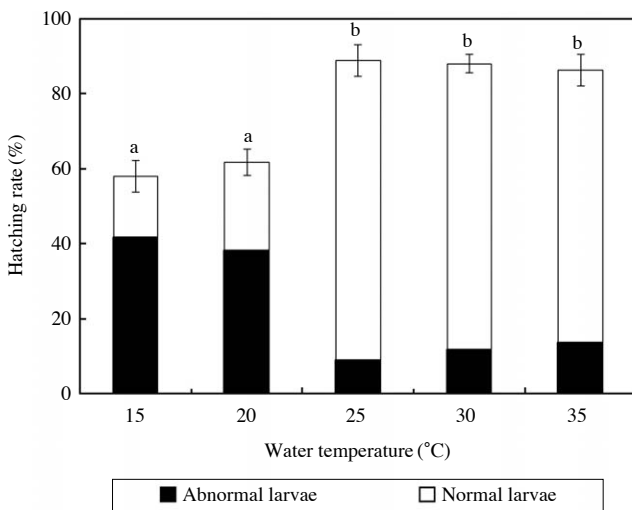


Fig. 2. Hatching rate of *Epinephelus septemfasciatus* at water temperature.

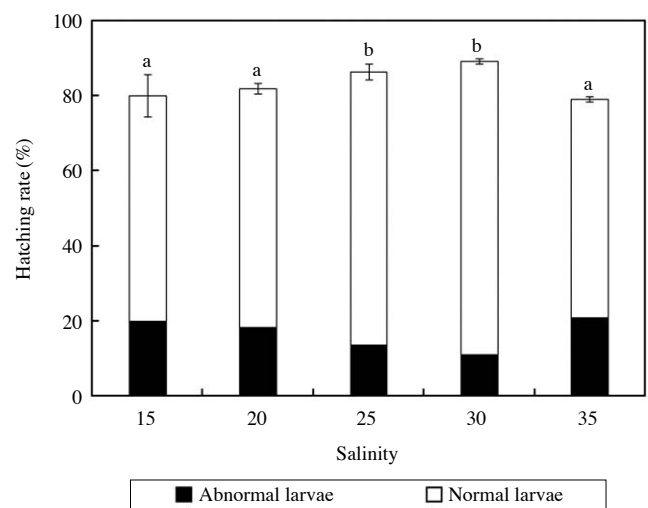


Fig. 3. Hatching rate of *Epinephelus septemfasciatus* at salinity.

부화율이 낮아지는 경향을 보였고, 수온이 높을수록 부화율이 높아지는 경향을 보였으나 25°C 이상일 경우 다시 부화율이 낮아졌으며, 기형율은 증가하는 경향을 보여 수온의 변화에 따라 부화율과 기형율이 달라지는 것을 볼 수가 있다. 넙치(김 등, 2010)의 경우 10, 15 및 20°C에서 3, 12 및 25%의 부화율을 보였고, 25°C에서 50%의 가장 높은 부화율을 보였다. 수온이 가장 낮은 5°C와 가장 높은 30°C 이상부터는 부화율이 낮아지면서 전량 폐사하는 것으로 보아 능성어와 비슷한 양상을 보였다.

염분에 따른 부화율과 기형율을 살펴보면 부화율은 염분 15 psu에서 80.0%로 가장 낮았고, 30 psu에서 89.1%로 가장 높았다. 기형율은 염분 15 psu에서 20.0%, 35 psu에서 20.9%로 가장 높았고, 30 psu에서 10.9%로 가장 낮았다. 부화율은 저염분일수록 낮아지는 경향을 보였고, 염분농도가 증가할수록 높아지는 경향을 보였으나 30 psu 이상의 높은 염분에서는 다시 낮아지는 경향을 보였다. 기형율은 염분농도가 낮거나 35 psu 이상 염분이 높을 경우 기형율이 높아지는 경향을 보였고, 가장 기형율이 낮은 30 psu가 적정 염분농도인 것으로 판단된다. 농어(한 등, 2001)는 22.0 psu에서 10.7%의 부화율을 보였고, 34.5 psu에서 61.9%로 가장 높은 부화율을 보였다. 낮은 염분농도에서는 부화율이 감소하였고, 정상 염분농도 범위인 30~35 psu에서는 높은 부화율을 보여 능성어의 염분농도별 부화율과 같은 경향을 보였다. 감성돔(오 등, 2004)의 경우 염분농도가 가장 낮은 5 psu에서 생존율과 부화율이 가장 낮았고, 비교적 염분농도가 낮은 20 psu부터 35 psu까지 큰 유의차 없이 생존율과 부화율이 높은 것으로 나타나 능성어보다 감성돔의 수정란이 낮은 염분농도에서 생존율과 부화율이 더 높은 것으로 보인다.

이 실험에서 능성어의 난 발생 과정 중 생물학적 최저온도는 평균 5.4°C로 추정되었다. 능성어의 부화 적수온은 21.0~23.0°C로 자연 산란시기로 추정되는 6월의 여수 연안 평균 수온(21.4°C)과 비교하였을 때 큰 유의차가 없는 것으로 보아 부화에 적합한 수온은 자연 산란수온과 일치하는 것으로 보인다. 환경요인 중 염분은 종묘생산 과정 중에 자어의 성장과 생존뿐만 아니라 부화율, 자어의 활력, 난 황흡수 및 먹이효율 등에 영향을 미치고, 특히 알에 있어서 산란, 발생 및 부화하는 데 염분에 의해 큰 영향을 받는다(황 등, 2008). 고등어의 난 발생 과정에서 높은 염분은 배체의 움직임과 심장박동을 빠르게 증가시키고, 이에 반해 아주 낮은 염분농도에서는 배체의 움직임과 심장박동이 미약하여 부화율을 감소시키며, 기형어의 출현율을 증가시켰다(황 등, 2008).

본 연구의 결과를 종합해보면 능성어의 부화 최적수온은 25~30°C로 비교적 높은 수온에서 부화율이 높은 것으로 나타났고, 최적 염분농도는 25~30 psu인 것으로 나타났.

## 요 약

본 연구는 해상가두리에서 사육한 능성어의 수정란을 가지고 난 발생 및 자어에 미치는 수온과 염분의 영향에 대하여 연구하였다. 수정란은 유백색의 구형으로 분리부성란이었고, 1개의 유구를 가지고 있었으며, 난 발생 과정 동안의 수온은 21.5~23.5°C(평균 22.0±0.05°C), 염분은 32.0~33.0 psu(평균 32.5±0.05 psu) 범위였다. 각 수온조건별로 부화에 소요된 시간은 15°C에서 29시간, 20°C에서 27시간, 25°C에서 24시간, 30°C에서 17시간, 35°C에서 15시간이 소요되었다. 염분별 부화율은 15 psu에서 80.0%, 20 psu에서 81.8%, 25 psu에서 86.4%, 30 psu에서 89.1%, 35 psu에서 79.1%로 25~30 psu에서 가장 부화율이 높은 것으로 나타났다. 기형율은 저염분 구간인 15 psu(20.0%)와 20 psu(18.2%)보다 35 psu에서 기형율이 20.9%로 가장 높았다. 각 발생 단계별 소요시간(t: hour)과 수온(T: °C)과의 관계는 직선함수식의 관계를 가지는 것으로 나타났다. 초기발생에 있어 난 발생이 진행되지 않는 생물학적 영도는 평균 5.4°C로 추정되었다.

## 사 사

이 연구는 국립수산물학원 수산시험연구과제인 능성어 대량 종묘생산 기술개발(RP-2014-AQ-032)의 지원에 의해 수행되었습니다.

## 인 용 문 헌

- 강희웅 · 전제천 · 강덕영 · 조기채 · 최기호 · 김규희. 2009. 동갈돔, *Hapalogenys nitens* 난과 자어의 생존 및 성장에 미치는 저염분 및 저수온의 영향. 한국어류학회지, 21: 158-166.
- 김병호 · 김경민 · 이영돈 · 송춘복 · 노 섬. 1997. 능성어, *Epinephelus septemfasciatus*의 번식생물학적 연구 I. HCG 처리에 의한 배란유도. 한국양식학회지, 10: 55-61.
- 김영수 · 도용현 · 김수연 · 장영진. 2010. 넙치 *Paralichthys olivaceus* 수정란의 수온별 발생 속도. 발생과 생식, 14: 59-63.
- 김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 한국어류대도감. (주)교학사, pp. 276-286.
- 변순규 · 이성훈 · 황재호 · 한경호 · 연인호 · 김진도 · 이종하 · 이배익. 2009. 수온이 찰가자미(*Microstomus achne*)의 난 발생에 미치는 영향. 발생과 생식, 13: 265-270.
- 손상규 · 전세규. 1999. 능성어, *Epinephelus septemfasciatus*의 바이러스성 신경괴사증 바이러스의 병원성 연구. 한국어류학회지, 12: 107-113.
- 송영보 · 백혜자 · 김형배 · 이경준 · Kiyoshi Soyano, 이영돈. 2005.

- 17 $\alpha$ -methyltestosterone에 의한 능성어 *Epinephelus septemfasciatus*의 성전환 유도. 한국양식학회지, 18: 167-172.
- 송영보 · 백혜자 · 김형배 · Kiyoshi Soyano · 김세재 · 이영돈. 2008. HCG 처리에 의한 능성어 *Epinephelus septemfasciatus*의 성숙과 배란유도. 한국양식학회지, 21: 96-101.
- 양문호 · 최영웅 · 정민민 · 구학동 · 오봉세 · 문태석 · 이창훈 · 김경민 · 한석중. 2007. 자바리, *Epinephelus bruneus*의 난 발생과 부화에 미치는 수온의 영향. 발생과 생식, 11: 105-109.
- 오봉세 · 최영웅 · 구학동 · 김성철 · 정민민 · 박홍식. 2010. 벵에돔 *Girella punctata*와 긴꼬리벵에돔 *Girella melanichthys*의 난 발생에 미치는 수온의 영향. 발생과 생식, 14: 51-58.
- 오상규 · 김맹진 · 송춘복. 2004. 감성돔 알의 생존에 미치는 수온과 염분의 영향. 한국양식학회 공동학술대회 발표요지집, 5월 2004, pp. 209-210.
- 이영돈 · 고경민. 2003. 능성어 번식기술개발을 통한 양식 산업화. 제주대학교, 제주도해양수산자원연구소, pp. 45-50.
- 이정용 · 김완기 · 장영진. 1997. 참가자미, *Limanda herzensteini*의 난 발생에 미치는 수온과 염분의 영향. 한국양식학회지, 10: 357-362.
- 이정용 · 이채성 · 김완기 · 박상언 · 민병화. 2007. 태평양 대구 *Gadus macrocephalus* 채란, 부화 및 자어성장에 미치는 수온의 영향. 한국양식학회지, 20: 260-264.
- 이창규 · 허성범 · 박 승 · 김병균. 1997. 산란기간중의 붉바리 난 질 변화. 한국양식학회지, 10: 463-472.
- 전제천 · 노 섬. 1991. 넙치, *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel) 난 및 자치어의 염분 내성에 관한 연구. 한국양식학회지, 4: 73-84.
- 한경호 · 조재권. 2007. 수온이 줄복 *Takifugu pardalis*의 난 발생에 미치는 영향. 한국양식학회지, 20: 265-269.
- 한형균 · 강덕영 · 허성범 · 김성원. 2001. 농어, *Lateolabrax japonicus*의 초기 발달, 성장 및 생존율에 미치는 수온과 염분의 영향. 한국양식학회지, 14: 17-27.
- 황형규 · 김대현 · 박민우 · 윤성중 · 이윤호. 2008. 고등어 *Scomber japonicus* 난 발생 및 자어에 미치는 수온, 염분의 영향. 한국양식학회지, 21: 234-238.
- Kato, K., K. Ishmaru, Y. Sawada, J. Mutsuro, S. Miysshita, O. Murata and H. Kumai. 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. and H. Kohno. 2009. Morphological development of larval and juvenile blacktip grouper, *Epinephelus fasciatus*. Fish Sci., 75: 1239-1251.
- Kitajima, C., M. Takaya, Y. Tsukashima and T. Arakawa. 1991. Development of eggs, larvae and juveniles of the grouper, *Epinephelus septemfasciatus*, reared in the laboratory, Japan. J. Ichthyol., 38: 47-55.