

Note

대왕범바리(*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *E. lanceolatus* ♂) 수정란의
장거리 수송을 위한 염분, 수온 및 발생단계에 따른 생존율 및 부화율

김강래¹ · 문신주¹ · 박종연¹ · Duc Tam Huynh¹ · 박종열² · 김근식³ · 한상봉⁴ · 방인철^{1*}

¹순천향대학교 자연과학대학 생명시스템학과
(31538) 아산시 순천향로 22

²목포대학교 자연과학대학 해양수산자원학과
(58554) 무안군 영산로 1666

³한국해양과학기술원 울릉도·독도해양과학기지
(40205) 울릉군 현포2길 127

⁴주아쿠아바이오텍
(31538) 아산시 순천향로 22

Effects of Salinity, Water Temperature and Development Stage on the Hatching
Rate and Survival of Fertilized Eggs in Hybrid Grouper
(*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *E. lanceolatus* ♂) for
Long-distance Transport

Kang-Rae Kim¹, Shin-Joo Moon¹, Jong-Yeon Park¹, Duc Tam Huynh¹, Jung-Yeol Park²,
Keun-Sik Kim³, Sang-Bong Han⁴, and In-Chul Bang^{1*}

¹Department of Life Science & Biotechnology, College of Natural Sciences, Soonchunhyang University
Asan 31538, Korea

²Department of Marine & Fisheries Resources, College of Natural Sciences, Mokpo National University
Mokpo 58554, Korea

³Ulleungdo-Dokdo Ocean Research Station, KIOST
Ulleung 40205, Korea

⁴Aqua Biotech Corp., Soonchunhyang University
Asan 31538, Korea

Abstract : We examined the effect of salinity and water temperature on hatching and survival rates of fertilized eggs of hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *E. lanceolatus* ♂) at different developmental stages, determining optimal conditions for their long-distance transportation. Deformities and hatching rates of fertilized grouper eggs were observed at salinities of 24, 27, 30, 33, 36, and 39 psu. The optimal salinity was determined to be 36 psu, with a survival rate of 70.0 ± 2.0%. Transportation experiments at 36 psu were conducted at water temperatures of 21, 24, 27, and 30°C, different developmental stages such as morula, 5-myomere, and tail beating for hatching and survival rates. The optimal water temperature and developmental stage for transportation were 30°C and tail beating stage and those hatching rates were 50.6 ± 1.9% and 86.3 ± 1.3%, respectively. At 21°C, the survival rate by

*Corresponding author. E-mail : incbang@gmail.com

transportation water temperature was highest ($73.1 \pm 10.6\%$), but the hatching rate ($17.1 \pm 3.1\%$) was lowest. Therefore, the hybrid grouper fertilized eggs (*E. fuscoguttatus* ♀ × *E. lanceolatus* ♂) can be most efficiently produced under long-distance transportation conditions during the tail beating stage and at a water temperature of 30°C.

Key words : *Epinephelus fuscoguttatus*, *Epinephelus lanceolatus*, hybrid grouper, fertilized egg, hatching rate, survival rate, long distance transportation

1. 서 론

바리과 어류(family Serranidae) 중 능성어아과(sub-family Epinephelinae)는 15속 159종이며 산업적으로 가치가 높은 중요한 분류군으로, 동북 및 동남아시아에서 고가에 거래되고 있다(Heemstra and Randall 1993). 이 중 갈색점바리 *Epinephelus fuscoguttatus*는 인도-태평양 해역의 암반 또는 산호초 지대에 서식하는 열대 및 아열대성 어종으로, 성어는 전장 1.2 m, 체중 11.0 kg까지 성장하는 것으로 알려져 있다(Chan et al. 1974; Heemstra and Randall 1993; Marte 2003). 한편, 대왕바리 *E. lanceolatus*는 열대성 기후인 인도-태평양 해역 연안에 서식하며, 최대 2.7 m, 체중 400 kg까지 성장하는 것으로 보고되어 있다(Heemstra and Randall 1993).

수산양식에서 교잡종(hybrid)의 생산 목적은 성장주기의 단축, 성비 제어, 육질의 향상, 질병에 대한 저항성 증가 및 극한 환경에 대한 저항력 개선 등의 효과를 얻는 것이다(Nguenga et al. 2000; Ch'ng and Senoo 2008). 이 같은 이유로 빠른 성장과 발달, 질병에 대한 강한 내성, 높은 생존율 등과 같은 다양한 잡종강세를 가진 바리과 교잡종들이 개발되었다(James et al. 1999; Glamuzina et al. 1999; Glamuzina et al. 2001; Liufu et al. 2007; Ch'ng and Senoo 2008). 갈색점바리와 대왕바리의 교잡종인 대왕범바리 *E. fuscoguttatus* × *E. lanceolatus*는 성장이 빠르며, 맛이 뛰어난 것으로 보고되어 있다(Senoo 2006). 이러한 장점으로 대왕범바리는 바리과 어류 주요 거래처인 홍콩 시장에서 각광받는 양식 대상종이 되었으며, 전 세계적으로 상업화되었다(Senoo 2010).

대부분의 바리과 어종은 아열대와 열대지방의 산호초가 발달한 해역과 암초지역에 서식하며(Heemstra and Randall 1993), 갈색점바리는 아열대 환경에서 연중 다산란이 가능하여 수정란의 가격이 저렴한 편이다. 반면, 국내에서 대왕범바리 생산 시 온대 기후의 특성으로 인해 친어의 수온 유지 및 사육 관리에 많은 비용이 발생한다. 따라서 대왕범바리의 수정란을 수송하여 생산하는 편이 효율적이며, 이를 위해서는 항공 또는 차량을 이용한 장거리 수송이 필요하다.

장거리 수송 과정은 시간이 오래 걸리고, 이로 인해 발

생하는 물리·환경적 스트레스로 폐사의 위험을 가지고 있다. 특히 아열대 바리과 어류 수정란의 경우 현지 교통사정상 12시간 이상의 장거리 수송이 필요하며, 이로 인한 대량폐사의 위험성을 가지고 있다. 대왕범바리에 대한 이전 연구는 수정란 및 자어발달(Ch'ng and Senoo 2008)과 성숙 및 생식선발달(Marianne et al. 2013), 성장 관련 transcriptome 분석(Sun et al. 2016), 염분이 수정란의 부화율 및 배 발달에 미치는 영향(Chu et al. 2016) 등이 보고되어 있으나, 대왕범바리 수정란의 장거리 수송을 위한 적정 조건에 대한 연구는 이루어진 바 없다. 따라서 본 연구에서는 대왕범바리 수정란의 장거리 수송을 위해 수정란 포장을 위한 적정 염분, 수온, 발달단계를 조사함으로써 대왕범바리 수정란의 장거리 운반 조건을 확인하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

수정란 확보

본 연구에 이용한 대왕범바리(*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *E. lanceolatus* ♂)의 수정란은 2015년 1월 24일 말레이시아 사바주 코타키나발루(Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia)의 수산청 종묘배양장에서 확보하였다. 성숙한 갈색점바리 *Epinephelus fuscoguttatus* 암컷(3마리, 평균 전장 55.1 ± 2.5 cm, 평균 체중 3.7 ± 0.2 kg)에 Ovaprim (Ovaprim, Syndel USA, Ferndale, California, USA) 0.5 ml/kg 주사하고, 약 36시간 이후 복부압박을 통해 채란하였다. 대왕바리 *E. lanceolatus* 수컷(3마리, 평균 전장 144.7 ± 8.7 cm, 평균 체중 67.4 ± 18.7 kg)의 정액은 복부압박법을 이용하여 채정하였다. 확보한 성숙란과 정액은 건식법으로 인공 수정하였다. 멸균 여과한 36 psu의 해수에 2-3회 세란 후 30분 동안 관찰하여 부상란만을 실험에 이용하였다.

염분별 부화율 및 기형률

대왕범바리 수정란의 장거리 수송을 위한 적정 염분 구간을 조사하기 위해 말레이시아의 표층 염분인 31.3 psu와 바다 염분인 34.4 psu를 고려하여, 33 psu를 기준으로 3 psu 간격으로 나누어 24, 27, 30, 33, 36 그리고 39 psu

6구간으로 설정하였다(Abdul et al. 2004). 현지의 수정란 생산업체에서 인공수정 후 판매를 위해 포장하는 시점인 128세포기의 수정란을 해수 4 L 비커에 각 200개씩 수용한 후 기포발생기를 이용하여 산소를 공급하였다. 수온은 이전 연구결과를 참고하여 29°C로 유지하였으며(Ch'ng and Senoo 2008), 각 실험구당 3반복을 수행했다. 부화율 및 기형률 조사는 수정 후 20시간부터 실체현미경(Motic SMZ171, Motic Electric Group Co., Ltd., Hong Kong, China)을 이용하여, 부화율은 200개의 수정란 중에 부화한 자어의 비율을 조사하였고, 기형률은 부화한 자어 중 기형 비율을 조사하여 산출하였다.

수온 및 발생단계에 따른 수송 후 생존율 및 부화율

대왕범바리 수정란의 장거리 수송을 위한 수온은 말레이시아 표준 최고 수온인 30.6°C와 바닥 최소 수온인 20.4°C를 고려하여, 30°C를 기준으로 3°C 간격으로 나누어 21°C, 24°C, 27°C 그리고 30°C로 4구간으로 설정하였다(Abdul et al. 2004). 염분은 앞선 실험에서 적정 염분(36 psu)을 적용하였으며, 각 실험구당 3반복으로 수행하였다. 현지의 수정란 생산업체에서 인공수정 후 판매를 위해 포장하는 시점인 128세포기의 수정란을 각 실험구별로 8.0 g씩 1.2 L의 해수가 담긴 포장비닐(0.08 mm × 900 mm × 1350 mm)에 산소포장하고, 수온 변화폭을 줄이기 위해 스티로폼 박스(530 mm × 400 mm × 315 mm)에 넣었다. 스티로폼 박스(530 mm × 400 mm × 315 mm)는 에어컨이 설치되어 있는 공간에 24°C로 기온을 유지하였으며, 27°C와 30°C 실험구는 디지털온도조절기(OKE-6710HC, OKE, Busan, Korea)와 300 W의 스테인리스 히터(AH-300s, Aquatech, Busan, Korea)를 이용하여 가온하였다. 수온 24°C와 21°C 실험구는 디지털온도조절기(OKE-6710HC, OKE, Busan, Korea)를 이용하여 10분마다 수온을 확인하였고, 높아진 수온은 아이스팩을 이용해 지속적으로 유지하였다. 수송 시간은 중국이나 대만 현지의 근거리 항공 수송과 장거리 차량 수송을 고려하여 12시간으로 설정하였으며, 수송 과정에서 발생하는 비슷한 조건의 물리적 충격을 주기 위해 매 시간마다 한 번씩 15회 강하게 교반하였다.

수온에 따른 수송 후 생존율은 12시간 수송 이후 2 L 비커에 넣어 10분간 방치하고서 관찰한 결과 부상란은 생존한 수정란, 침강란은 사란으로 판단하였다. 부상란을 수거하고 페이퍼 타올을 이용해 물기를 제거한 후 습중량을 측정하였다. 부상란의 수는 1 g당 개수를 5반복하여 조사한 평균 개수인 1 g당 1500개로 환산하여 산출하였다.

수온에 따른 수송 후 부화율은 12시간 수송 이후 부상란과 부화 자어를 수거하여 2 L 비커에 넣고 첫 부화시점으로부터 4시간 뒤에 실체현미경(Motic SMZ171, Motic

Electric Group Co., Ltd., Hong Kong, China)을 이용하여, 해수 10 ml 당 부화 자어의 비율을 5반복하여 조사 후 평균 부화율을 환산하여 산출하였다.

대왕범바리 수정란의 장거리 수송을 위한 발생단계는 상실기(수정 후 1시간 45분)와 5체절 형성기(수정 후 10시간) 단계의 부상란을 8.0 g씩 1.2 L 해수가 포함된 비닐봉지(0.08 mm × 900 mm × 1350 mm)에 산소 포장하였다. 부화 직전(수정 후 17시간) 단계의 수정란은 수용하기 전에 사란을 제거한 후, 부상란 8.0 g을 1.2 L 해수가 포함된 비닐봉지(0.08 mm × 900 mm × 1350 mm)에 산소 포장하여 수온 30°C가 유지되는 스티로폼 박스(530 mm × 400 mm × 315 mm)에 담았다. 수온은 위와 같은 방법으로 조절하였으며, 매 시간마다 한 번씩 15회 강하게 교반하였다. 각 실험구당 3반복으로 진행하였다.

발생단계에 따른 수송 후 생존율은 5체절 형성기와 부화 직전 단계에 포장한 수정란의 경우 12시간 수송 시 전부 부화되므로, 침강란을 사란으로 판단하였으며, 사란을 수거하고 페이퍼 타올을 이용해 물기를 제거한 후 습중량을 측정하여 1 g당 1500개로 환산하여 산출하였다. 상실기 단계에서 포장한 수정란의 수송 후 생존율은 수온에 따른 수송 후 생존율과 동일한 방법으로 조사하였다.

발생단계에 따른 수송 후 부화율은 5체절 형성기와 부화 직전 단계에 포장한 수정란의 경우 발생단계에 따른 수송 후 생존율과 동일하므로, 발생단계에 따른 수송 후 생존율과 동일한 방법으로 조사하였으며, 상실기는 수온에 따른 수송 후 부화율과 동일한 방법으로 조사하였다.

통계처리

실험 결과에 대한 통계처리는 SPSS 통계 패키지 프로그램(version 12.0)을 이용하여 one-way ANOVA test를 수행하였으며, 발생단계에 따른 수송 후 부화율은 등분산이 만족되지 않아 사후검정법 Dunnett T3를 사용하였고, 등분산을 만족하는 나머지 실험결과에 대한 사후검정은 Duncan's test를 이용해 평균간 유의성을 검정하였다 ($P < 0.05$).

3. 결과 및 고찰

대왕범바리의 장거리 수송을 위한 염분별 부화율을 조사한 결과 24 psu는 수송 도중 모두 폐사하였고, 27 psu는 $10.5 \pm 2.5\%$, 30 psu는 $44.5 \pm 0.5\%$, 33 psu는 $55.0 \pm 2.0\%$, 36 psu는 $70.0 \pm 2.0\%$ 로서 36 psu에서 부화율은 가장 높았으며 다른 실험구에 비해 통계적으로 유의하게 높았다 ($P < 0.05$). 염분 증가에 따라 부화율이 증가하는 경향이 나타났다(Fig. 1).

환경요인 중 염분은 수정란의 발생과 부화에 큰 영향

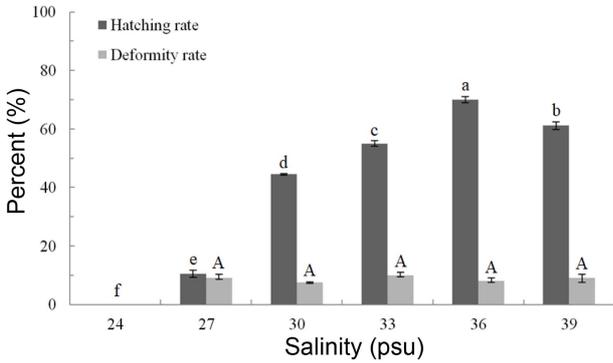


Fig. 1. Hatching and deformity rate for fertilized eggs of hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *E. lanceolatus* ♂) with various salinities. Significant differences are indicated as different letters above the error bars within each variable ($P < 0.05$). Same capital and small letters mean no significant difference among salinities ($P > 0.05$)

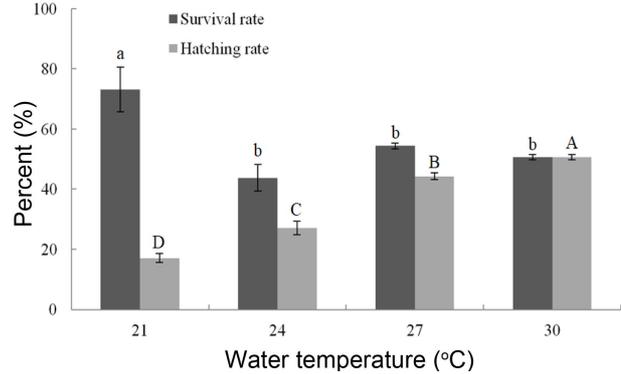


Fig. 2. Survival and hatching rates of fertilized eggs for hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *E. lanceolatus* ♂) after transportation with various water temperatures. Significant differences are indicated as different letters above the error bars within each variable ($P < 0.05$). Same capital and small letters mean no significant difference among water temperatures ($P > 0.05$)

을 미친다(Holliday 1969). 경골어류의 알은 성어의 체액 삼투도(300–400 mOsm/kg)와 비슷하게 유지하지만 미세한 삼투조절 능력을 가지고 있다(Alderdice 1988). 독가시치류는 저염분에서 배체의 움직임과 심장박동이 느려지며, 반대로 고염분에서는 배아의 발달 속도를 증가시키고 부화시간을 단축시키며 생존율 및 부화율을 감소시킨다(Young and Dueñas 1993). 본 연구에서 36 psu까지 염분이 증가할수록 부화율이 높아졌으나, 고염분인 39 psu에서 부화율이 낮아지는 양상을 보여 이전 연구결과와 동일하였다(Chu et al. 2016). 염분별 기형률은 24 psu는 수송 과정 중 전량 폐사하여 기형률 분석이 불가능하였으며, 24 psu를 제외한 각 실험구 간의 기형률은 7.5–10.0%로 통계적으로 유의하게 차이가 없었다($P > 0.05$). 대왕범바리의 수정란 수송 시 단시간 내에 수정란을 부상시키고, 수송 중 표층에 부상하도록 높은 염분(40 psu)을 사용하므로 수정란 수송을 위한 염분은 부화율이 가장 높은 36 psu가 적합하다고 판단된다.

수온에 따른 수송 후 생존율을 조사한 결과 21°C에서 $73.1 \pm 10.6\%$, 24°C에서 $43.8 \pm 8.8\%$ 로 27°C에서 $54.4 \pm 1.9\%$, 30°C는 $50.6 \pm 1.9\%$ 로서 24°C에서 가장 낮았고, 21°C $73.1 \pm 10.6\%$ 로 가장 높았다. 수온에 따른 수송 후 생존율은 21°C 실험구가 24°C, 27°C, 30°C 실험구에 비해 통계적으로 유의하게 높았다(Fig. 2, $P < 0.05$). 어류는 정상적인 발생을 위한 최적 수온 범위를 갖게 되는데, 해산어류의 초기 발달 과정에서 최적의 수온 범위를 벗어나면 부화율 및 생존율이 감소한다(Lewis 1965; Alderdice and Forrester 1968; Katavic 1980; Rana 1990). 본 연구에서 대왕범바리의 수정란을 21°C로 수송한 결과 생존율은 73.1%로 가장 높았으나, 부화율은 17.1%로 가장 낮은 결과를 보였다.

이는 저수온으로 인해 난 발달이 지연됨에 따라 수송 후의 생존율은 높았으나, 이후 부화시점까지 정상적인 난 발달이 진행되지 못하고 가장 낮은 부화율을 나타낸 것으로 판단된다.

수온에 따른 수송 후 부화율을 조사한 결과 21°C에서 $17.1 \pm 3.1\%$, 24°C에서 $27.2 \pm 4.5\%$, 27°C에서 $44.3 \pm 2.1\%$, 30°C는 $50.6 \pm 1.9\%$ 로서 30°C에서 가장 높은 값을 나타내 다른 실험구에 비해 통계적으로 유의하게 높았다($P < 0.05$). 일반적인 환경에서 부화한 수정란의 부화율은 29.5°C에서 87.2%로 나타났으며(Ch'ng and Senoo 2008), 본 연구결과는 수온 30°C에서 수송 후 부화율이 50.6%로 이전 연구에 비해 더 낮은 부화율을 보였다. Milkfish *Chanos chanos*는 일반적인 부화 환경에 비해 수정란을 수송한 경우의 생존율과 부화율이 더 낮다고 보고한 바 있다(Gracia and Toledo 1988). 따라서 일반적인 부화환경에 비해 수송 환경에서의 스트레스가 더 큰 것으로 판단된다.

본 실험에서 대왕범바리 수정란은 수온의 증가에 따라 부화율이 높아지는 경향을 보였다. 이전의 바리와 교잡종 연구에서 붉바리 *E. akaara* × 갈색점바리 *E. fuscoguttatus* 간 교잡종은 수온 25°C에서 부화율이 9.8%인 반면 22°C의 부화율이 0%를 보고하였고(노 등 2015), 능성어 *Hyporthodus septemfasciatus*는 수온 25°C에서 부화율이 89.1%인 반면 15°C에서 58.2%로 조사되었으며(조 등 2015), 또한 자바리 *E. bruneus* (양 등 2015) 등의 바리와 어류에서도 동일하게 나타난다.

일반적으로 해산어류의 최적 부화 수온은 자연산란 시기의 수온과 일치한다(Herzig and Winkler 1986). 갈색점바리는 수온 28–30°C에 주로 산란이 이루어지며(Rimmer

et al. 2013), 대왕바리도 수온 28–31°C로서(Zhang et al. 2008), 두 종간의 교잡종인 대왕범바리 수정란은 수온 27°C와 30°C에서 부화율이 높게 나타나 순종의 자연 산란 시기에 수온범위와 일치하였다. 따라서 대왕범바리 수정란은 생존율과 부화율이 가장 높게 나타난 30°C의 수온으로 수송하는 것이 적합한 것으로 판단된다.

발생단계에 따른 수송 후 생존율을 조사한 결과 상실기에 포장한 실험구는 47.1 ± 5.1%, 5체절 형성기에 포장한 실험구는 47.9 ± 6.2%, 부화 직전의 수정란 단계에 포장한 실험구는 86.3 ± 1.3%로 상실기와 5체절 형성기 두 실험구 간에 통계적으로 유의하게 차이가 없었으나($P > 0.05$), 부화 직전 단계 실험구는 두 실험구에 비하여 통계적으로 유의하게 높았다(Fig. 3, $P < 0.05$). 이는 발달 시기에 따라 생존율에 미치는 영향이 다른 것으로 보이며, 이전 연구에서 동일한 바리과 교잡종인 대왕붉바리(*E. akaara* × *E. lanceolatus*)와 순종 붉바리 *E. akaara* 수정란은 상실기에서 안포형성기로 발달되는 과정 중에 생존율이 급격히 낮아지는 결과를 보고하였으며, tail beating 단계에서 부화 단계로 발달하는 과정은 생존율의 변동이 거의 없는 결과를 보인 바 있다(노 등 2015).

발생단계에 따른 수송 후 부화율을 조사한 결과, 상실기에 포장한 실험구는 26.1 ± 0.9%, 5체절 형성기에 포장한 실험구는 47.9 ± 6.2%로 통계적으로 유의하게 차이가 없었으나($P > 0.05$), 부화 직전 단계에서 포장한 실험구의 부화율은 생존율과 동일하게 86.3 ± 1.3%로 다른 두 실험구에 비해 통계적으로 유의하게 높았다($P < 0.05$). 이는 상실기와 5체절 형성기의 경우 많은 양의 사란에 의한 수질악화로 급격히 폐사된 것으로 생각되며, 반면 부화 직전 단계에 포장한 수정란은 생존율이 높음에 따라 수질악화

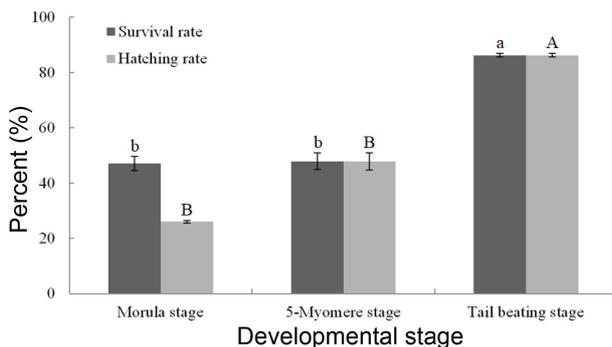


Fig. 3. Survival and hatching rates of fertilized eggs of hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *E. lanceolatus* ♂) after transportation with various developmental stages. Significant differences are indicated as different letters above the error bars within each variable ($P < 0.05$). Same capital and small letters mean no significant difference among developmental stages ($P > 0.05$)

에 의한 폐사의 영향이 더 적어 부화율이 높은 것으로 판단된다. 따라서 대왕범바리 수정란은 생존율과 부화율이 가장 높은 부화 직전 단계에서 포장하여 수송하는 것이 적합한 것으로 판단된다. 그러나 추후 자어를 장시간 수송하는 경우 중자생산 단계까지의 생존율을 여타 실험구와 비교 검토하여야 할 것이다.

본 연구에서 대왕범바리 수정란의 장거리 수송을 위한 적정 조건은 각각 염분 36 psu, 수온 30°C, 그리고 부화 직전 단계에 수정란을 포장하여 운반하는 것이 가장 적합한 것으로 조사되었다.

사 사

본 논문은 농림축산식품부, 해양수산부, 농촌진흥청, 산림청과 Golden Seed 프로젝트 사업(213008-05-1-SB410)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 노충환, 김근식, 명정구, 조재권, 윤락진, 임한규, 방인철 (2015) 붉바리(*Epinephelus akaara*)와 Brown-Marbled Grouper (*E. fuscoguttatus*) 중간 잡종 수정란의 부화율. 한국어류학회지 27:16–20
- 양문호, 최영웅, 정민진, 구학동, 오봉세, 문태석, 이창훈, 김경민, 한석중 (2007) 자바리, *Epinephelus brunneus*의 난 발생과 부화에 미치는 수온의 영향. 발생과 생식 11:105–109
- 조재권, 홍창기, 박종연, 손맹현, 박충국, 박재민 (2015) 수온과 염분이 능성어(*Epinephelus septemfasciatus*)의 난 발생 및 자어에 미치는 영향. 한국어류학회지 27:21–25
- Abdul KI, Jeremy AAD, Nazrul HY, Mohd RM (2004) Salinity and temperature variations around peninsula malaysia coastal waters. In: Proceedings of the MINT R and D Seminar 2004: Innovation through excellence in R and D, Seminar B, Bangi, 12–15 Jul 2004
- Alderdice DF, Forrester CR (1968) Some effects of salinity and temperature on early development and survival of the english sole (*Parophrys vetulus*). Can J Fish Aquat Sci 25:495–521
- Alderdice DF (1988) Osmotic and ionic regulation in teleost eggs and larvae. In: Hoar WS, Randall DJ (eds) Fish Physiology vol 11. Academic Press, New York, pp 163–251
- Chan W, Carlsson D, Loharkan N (1974) Serranidae. In: Fischer W, Whitehead PJP (eds) FAO species identification sheets for fishery purposes. Eastern Indian Ocean (Fishing Area 57) and Western Central Pacific (Fishing Area 71). Volume 4. FAO, Rome, 1–22 p

- Chu IKC, Nurhamizah B, Dee'ana ZN, Sufian M (2016) Effect of salinity on embryonic development and hatching of hybrid grouper, *Epinephelus fuscoguttatus* × *Epinephelus lanceolatus*. *AACL Bioflux* **9**:1278–1285
- Ch'ng CL, Senoo S (2008) Egg and larval development of a new hybrid grouper, tiger grouper *Epinephelus fuscoguttatus* × giant grouper *E. lanceolatus*. *Aquacult Sci* **56**:505–512
- Glamuzina B, Tutman P, Skaramuca B (1999) Hybridization of mediterranean groupers: *Epinephelus marginatus* ♀ × *E. aeneus* ♂ and early development. *Aquac Res* **30**:625–628
- Glamuzina B, Glavić N, Skaramuca B, Kozul V, Tutman P (2001) Early development of the hybrid *Epinephelus costae* ♀ × *E. marginatus* ♂. *Aquaculture* **198**:55–61
- Gracia LM, Toledo JD (1988) Critical factors influencing survival and hatching of milkfish (*Chanos chanos* Forsskal) eggs during simulated transport. *Aquaculture* **72**:85–93
- Heemstra PC, Randall JE (1993) Vol. 16. Groupers of the world (family Serranidae, subfamily Epinephelinae). An annotated and illustrated catalogue of the grouper, rockcod, hind, coral grouper and lyretail species known to date. FAO, Rome, 382 p
- Herzig A, Winkler H (1986) The influence of temperature on the embryonic development of three cyprinid fishes, *Abrmis brama*, *Chalcalburnus chalcoides* and *Vimba vimba*. *J Fish Biol* **28**:171–181
- Holliday FGT (1969) The effects of salinity on the eggs and larvae of teleosts. In: Hoar WS, Randall DJ (eds) *Fish Physiology*, Vol 1. Academic Press, New York, pp 293–311
- James CM, Al-Thobaiti SA, Rasem BM, Carlos MH (1999) Potential of grouper hybrid (*Epinephelus fuscoguttatus* × *E. polyphemus*) for aquaculture. *Naga Iclarm Q* **22**:19–23
- Katavic I (1980) Influence of temperature on the development of sea bass, *Dicentrarchus Labrax* eggs and larvae. *Nova Thalassia* **4**:113–125
- Lewis RM (1965) The effect of minimum temperature on the survival of larval atlantic menhaden, *Brevoortia tyrannus*. *T Am Fish Soc* **94**:409–412
- Liufu YZ, Zhao HH, Liu XC, Lin HR, Huang GG (2007) Preliminary study on the hybrid redspotted grouper (*Epinephelus akaara*) ♂ × orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*) ♀. *Acta Scientiarum Naturalium Univ Sunyatseni* **46**:72–75
- Marianne L, Fui CF, Senoo S (2013) Sexual maturation and gonad development in tiger grouper (*Epinephelus Fuscoguttatus*) × giant grouper (*E. Lanceolatus*) hybrid. *J Aquac Res Dev* **5**:1000213
- Marte CL (2003) Larviculture of marine species in southeast asia: current research and industry prospects. *Aquaculture* **227**:293–304
- Nguenga D, Teugels GG, Ollevier F (2000) Fertilization, hatching, survival and growth rates in reciprocal crosses of two strains of an african catfish *Heterobranchus longifilis* Valenciennes 1840 under controlled hatchery conditions. *Aquac Res* **31**:565–573
- Rana KG (1990) Influence of incubation temperature on *Oreochromis niloticus* (L.) eggs and fry: I. gross embryology, temperature tolerance and rates of embryonic development. *Aquaculture* **87**:165–181
- Rimmer MA, Thampisamraj YC, Jayagopal P, Thineshanthar D, Damodar PN, Toledo JD (2013) Spawning of tiger grouper *Epinephelus fuscoguttatus* and squartail coral-grouper *Plectropomus areolatus* in sea cages and onshore tanks in andaman and Nicobar Islands, India. *Aquaculture* **410**:197–202
- Senoo S (2006) Hybrid production between tiger grouper *Epinephelus Fuscoguttatus* X giant grouper *Epinephelus Lanceolatus*. *Aquanet Mag* **12**:58–63
- Senoo S (2010) Consideration of artificial egg collection technique on fish IV (fish culture in Southeast Asia 80). *Aquanet Mag* **204**:64–67
- Sun Y, Guo CY, Wang DD, Li XF, Xiao L, Zhang X, You X, shi Q, Hu GJ, Fang C, Lin HR, Zhang Y (2016) Transcriptome analysis reveals the molecular mechanisms underlying growth superiority in a novel grouper hybrid (*Epinephelus fuscoguttatus* female symbol × *E. lanceolatus* male symbol). *BMC Genet* **17**:24. doi:10.1186/s12863-016-0328-y
- Young PS, Dueñas CE (1993) Salinity tolerance of fertilized eggs and yolk-sac larvae of the rabbitfish *Siganus guttatus* (Bloch). *Aquaculture* **112**:363–377
- Zhang HF, Wang YX, Liufu YZ, Huang GG, Ou CH, Huang PW, Liang WF (2008) Studies on artificial propagation and embryonic development of *Epinephelus lanceolatus*. *J Guangdong Ocean Univ* **28**:36–40

국문 참고자료의 영어 표기

English translation / Romanization of references originally written in Korean

- Noh CH, Kim KS, Myoung JG, Cho JK, Yun NJ, Lim HG, Bang IC (2015) The hatchability of fertilized eggs of interspecific hybrid between red spotted grouper (*Epinephelus akaara*) and brown-marbled grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*). *Kor J Ichthyol* **27**:16–20

Yang MH, Choi YU, Jung MM, Ku HD, Oh BS, Moon TS, Lee CH, Kim KM Han SJ (2007) Temperature effect in egg development and hatching of longtooth grouper, *Epinephelus bruneus*. Dev Reprod **11**:105–109

Cho JK, Hong CG, Park JY, Son MH, Park CK, Park JM (2015) Effects of water temperature and salinity on the

egg development and larvae of sevenband grouper, *Epinephelus septemfasciatus*. Kor J Ichthyol **27**:21–25

Received Jun. 11, 2018

Revised Aug. 28, 2018

Accepted Sep. 12, 2018