

동갈돛돔, *Hapalogenys nitens* 난과 자치어의 생존 및 성장에 미치는 저염분 및 저수온의 영향

강희웅 · 전제천* · 강덕영 · 조기채 · 최기호 · 김규희

국립수산과학원 서해수산연구소

Influence of Low Salinity and Cold Water Temperature on the Hatching, Survival and Growth of the Offspring of Grunt, *Hapalogenys nitens* by Hee-Woong Kang, Je-Cheon Jun*, Duk-Young Kang, Ki-Che Jo, Ki-Ho Choi and Gyu-Hee Kim (West Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Incheon 400-420, Korea)

ABSTRACT To obtain the fundamental data for the mass seedling production of grunt, *Hapalogenys nitens*, we investigated the influence of salinity and cold water temperature on hatching and survival of eggs and growth and survival of larvae and fry. In regards to salinity, we surveyed the hatching rate and floating rate of fertilized eggs, the floating rate and survival rate of hatching larvae, and the survival and growth of fry. In respect to cold temperature, we investigated the influence of degree of daily temperature decrease, acute temperature shock, and slow temperature decreases on the survival, feeding and swimming activities of fry. In the salinity experiment, the hatching and floating rates of fertilized eggs, and the floating and survival rates of hatching larvae, were shown to be higher in seawater than in brackish water. Growth and survival of larvae and fry were not different between seawater (25~32 psu) and brackish water (5~20 psu), but were significantly lower in freshwater. In the cold-temperature test, three tests showed that rearing of fry in cold water and acutely decreasing water temperature to less than 10°C reduced the survival, feeding and swimming activities of the fry. Therefore, we concluded that low salinity (less than 32 psu) could reduce the hatching rate and survival of eggs, but the growth and survival of fry were not influenced by salinity, and cold water (less than 10°C) decreased metabolism of grunt. During winter, we found a low-temperature limit at 8°C.

Key words : Salinity, grunt, *Hapalogenys nitens*, cold water temperature, survival

서 론

동갈돛돔 (*Hapalogenys nitens*)은 농어목 (Order Perciformes), 하스돛과 (Family Haemulidae)에 속하는 어종으로 우리나라 전 연안, 일본 남부, 동중국해 등에 분포한다(국립수산과학원, 2004). 일반적으로 수심 90 m 이내, 특히 수심 90 m 전후의 펄과 모래 바닥에 서식하며, 하천수의 영향을 받는 수심 30 m 전후의 얕은 연안에서도 많이 서식한다(국립수산과학원, 2004). 몸의 형태는 체고가 매우 높고 체측에 선명한 2줄의 폭 넓은 선명한 흑갈색 무늬가 있으며, 체색은 연두색 혹은 갈색을 띤다. 특히 산란 직전이나 산란기에

어미의 육질은 부드럽고 맛이 매우 좋아 시장가격이 매우 높은 어종으로 성장속도가 빠르며 항병력이 강한 장점이 있어 최근 해상가두리 신품종개발 품종으로 잠재력이 높은 어종이다(蔡, 2003). 동갈돛돔은 남해안의 외양에서 주로 4~6월에 소량 어획되는 아열대성 어종으로 주목을 받지 못하였으나 최근 우리나라에서도 온난화의 영향으로 자주 어획되고 있다(임과 최, 2000).

동갈돛돔에 관한 연구로 분포 및 형태(Masuda *et al.*, 1984; 山田, 1986; 이 등, 1997b; 임과 최, 2000), 핵형(Ziniu *et al.*, 1994; Chen *et al.*, 2005), 부화 및 유생의 생존에 미치는 수온과 염분의 영향(Lin *et al.*, 1998), 초기 형태발달(Xie *et al.*, 2004), 종묘생산기술(Zhang *et al.*, 2001a; Hong and Zhang, 2002, 2003), 영양성분(Zhang *et al.*, 2001b; Limin *et al.*, 2006),

*교신저자: 전제천 Tel: 82-32-745-0631, Fax: 82-32-745-0619, E-mail: jcyj21@nfrdi.go.kr

난황형성 (Cuiqin *et al.*, 2006), 자연산란과 난발생 (강 등, 2004b), 종묘생산 기초 연구 (김 등, 2003), 해상가두리양식의 성장 (Li *et al.*, 2007), 자치어의 활동과 섭식에 미치는 염분의 영향 (Zheng *et al.*, 2004), 자치어의 성장과 생존에 미치는 먹이의 영향 (Zhang *et al.*, 2003), 유전적 다양성 (Liang *et al.*, 2003) 등이 보고되어 있다. 국내에서의 동갈돔돔 연구는 매우 미흡하여 양식기술이 확립될 경우, 축제식 양식 및 해상가두리에서 산업화 양식의 잠재력이 매우 높아 고급품종의 양식다양화는 물론, 연안 수산자원의 회복에도 크게 도움이 될 것으로 기대된다.

어류의 종묘생산시 염분이 난 및 자치어에 미치는 영향에 관한 연구로 넙치, *Paralichthys olivaceus* (전과 노, 1991), 가자미류, *Limanda ferrugines* (Laurence and Howell, 1981), 참가자미, *Limanda herzenstenini* (이 등, 1997a), 감성돔 *Acanthopagrus schegeli* (이와 노, 1986; 오 등, 2004; 박 등, 2009), 농어, *Lateolabrax japonicus* (한 등, 2001), 전어, *Konosirus punctatus* (김 등, 2005), 민어, *Miichthys miiuy* (윤 등, 2006) 등 다수의 연구보고가 있다. 해산어류의 저염분 내성을 규명하는 것은 양식방법, 사육환경을 변화시킬 수 있어 향후 기수 및 담수에 순치하여 양식생산성을 높일 수 있고 질병예방에 효과가 있어 양식산업적 측면에서 매우 중요하다 (박 등, 2009).

수온은 생물의 대사효율과 활성을 변경시켜 변온동물인 어류의 성장과 생존에 직접적인 영향을 미치며 산소소비, 먹이섭식 그리고 많은 생리적인 기능들이 의존하는 중요한 요인이다. 우리나라의 연안수온의 계절적 변화는 양식 해산어류의 생리적 대사, 건강도에 직접적인 영향을 주며 서해중부해역의 동계 저수온기는 생존율에 큰 영향을 미친다 (해양수산부, 2007). 우리나라의 겨울철 수온은 온대성 어류 양식의 저해요인으로 작용할 뿐 아니라 대부분의 어종은 10°C 이상의 월동수온을 요하기 때문에 월동 제한요인으로 작용하여 양식어종 다양화에 어려움을 주고 있다. 따라서 신제품 동갈돔돔의 양식기술개발을 위해서는 저수온에 대한 연구가 절실히 필요하다.

본 연구는 지구온난화에 대응하여 서해안 지역특성에 적합한 신제품 어종 개발의 일환으로 동갈돔돔의 염분에 따른 난과 자치어의 저염분 내성 및 저수온 내성을 구명하여 기수 및 내수면 양식에 적용하기 위한 목적으로 실시하였으며 자연산란된 수정란을 이용 염분별 부상률, 부화율, 자치어의 염분 내성과 치어의 수온별 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 염분의 영향

1) 수정란의 부화율 및 부상률

실험에 사용한 동갈돔돔 수정란은 2002년 9월 23일 서

해수산연구소 보령수산시험장의 콘크리트 사각수조(3.3×2.4×H 0.8m)에서 자연산란된 알 중 수정되어 4세포기에 서 32세포기 단계의 1시간 이내의 부상란만을 수집하여 사용하였다. 부화실험은 1L 비커를 이용하여 수정란 300개씩을 넣었으며, 실험구는 0, 3, 6, 9, 11, 13, 15, 20, 25 psu 및 대조구인 32 psu (자연해수)의 10개 실험구를 2반복으로 설정하였다. 수온은 23.0±1.0°C로 유지하였고 염분 조절은 여과해수와 지하담수를 혼합하여 염분계 (YSI 805, USA)를 이용하여 조절하였다. 각각의 비커는 air stone 넣어주어 DO 농도를 5.0 mg/L 이상 유지하면서 관리하였고 염분별 부화율 및 부화자의 부상률을 조사하였다.

2) 자어의 생존율

실험에 사용된 동갈돔돔 자어는 부화 후 5일째의 후기자어 (전장 2.76±0.21 mm)를 1L의 비커에 염분별로 0, 13.5, 17.1, 20.2, 23.5, 26.7, 30.0 psu 및 대조구인 32.6 psu의 8개 실험구를 2반복으로 설정하였고, 각각 50마리씩 수용하였다. 수온은 23.0±1.0°C로 유지하였고 24시간 동안 경과시간에 따른 염분별 생존율을 조사하였다.

3) 치어의 성장과 생존

치어의 염분별 사육은 부화 후 1개월된 전장 2.65±0.49 cm, 체중 0.43±0.21 g의 치어로 배합사료에 완전 순치된 개체를 이용하였다. 사육수조는 100L FRP 원형수조 (유효수량 70L)에 염분을 0, 5, 10, 15, 20, 25 psu 및 대조구인 32 psu (자연해수)로 조절한 7개 실험구를 2반복으로 설정하여 26일간 실시하였고 각 실험수조당 20마리씩 수용하였다. 염분 조절은 여과해수와 지하담수를 혼합하여 조절하였고, 사육은 유수식으로 초기 해산어용 배합사료를 1일 2회 공급하면서 사육하였다. 수온은 20.0±1.0°C, DO는 5.0 mg/L 이상 유지하였고, 생존율은 매일 폐사한 개체를 계수하여 생존율로 나타내었다. 성장은 실험수조에 실험어를 수용하기 전과 실험 후의 전장과 체중을 측정하여 계산하였다.

2. 수온의 영향

수온의 영향 실험에 이용된 실험어는 동갈돔돔 치어를 이용하였으며, 유수식 (5회전/1일)으로 사육하면서 배합사료를 공급하였다. 실험 기간은 2003년 1월부터 2003년 2월까지 51일간이었으며 사육수온은 1kW 히터 1개씩을 사용하여 16.0°C로 조절하였고, 수온하강에 따른 각각의 치사온도는 60L 원형 FRP 실험수조에 각각 30마리씩 2반복으로 수용하여 25% 치사온도 (lethal temperature, LT₂₅), 50% 치사온도 (LT₅₀), 90% 치사온도 (LT₉₀)를 수온변화에 따른 전체 수용마리수의 25%, 50%, 90%의 누적폐사율로 구하였으며, 먹이섭취 및 유영상태를 조사하였다.

1) 일간 수온 하강 정도에 따른 영향

본 실험은 부화 후 100일령 전후의 치어 (전장 5.7±0.3

cm, 체중 4.05 ± 0.68 g)를 이용하여 통상 사육수온(16°C)을 시작점으로 하여 1일 이내 실험구별로 $1^{\circ}\text{C}/\text{일}$ ($16^{\circ}\text{C} \rightarrow 15^{\circ}\text{C}$), $2^{\circ}\text{C}/\text{일}$ ($16^{\circ}\text{C} \rightarrow 14^{\circ}\text{C}$), $3^{\circ}\text{C}/\text{일}$ ($16^{\circ}\text{C} \rightarrow 13^{\circ}\text{C}$), $4^{\circ}\text{C}/\text{일}$ ($16^{\circ}\text{C} \rightarrow 12^{\circ}\text{C}$), $5^{\circ}\text{C}/\text{일}$ ($16^{\circ}\text{C} \rightarrow 11^{\circ}\text{C}$)로 낮추었을 때 실험 대상 어류의 생존, 먹이섭식 및 유영상태에 미치는 영향을 48시간 동안 조사하였다.

2) 급격한 저수온 충격에 따른 영향

급격한 저수온 충격의 영향은 전장 5.9 ± 0.3 cm, 체중 4.26 ± 0.57 g의 치어를 이용하였으며, 1일에 사육수온(16°C)에서 2°C 간격으로 $14 \sim 6^{\circ}\text{C}$ ($14^{\circ}\text{C}/\text{일}$, $12^{\circ}\text{C}/\text{일}$, $10^{\circ}\text{C}/\text{일}$, $8^{\circ}\text{C}/\text{일}$, $6^{\circ}\text{C}/\text{일}$) 구간에 각각 순간적으로 노출시켰을 때 생존, 먹이섭식 및 유영에 미치는 영향을 24시간 동안 조사하였다.

3) 완만한 수온 감소에 따른 영향

저수온 사육시 영향을 알아보기 위해 통상 사육수온 16°C 에서 $2^{\circ}\text{C}/\text{일}$ 씩 순차적으로 수온을 낮추어 최종 수온 14, 12, 10, 8, 6°C 에서 생존, 먹이섭식 및 유영에 미치는 영향을 7일간 유수식으로 사육하면서 조사하였다. 이때 실험에 사용된 치어는 전장 6.5 ± 0.4 cm, 체중 6.22 ± 1.28 g이었다.

3. 통계처리

각 실험에서 얻어진 결과의 통계처리는 SPSS Version 12 (SPSS, Michigan Avenue, Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 신뢰도 95%에서 Oneway ANOVA-test 및 Duncan's multiple range test를 실시하여 평균간의 유의성을 검정하였다.

결 과

1. 염분의 영향

1) 수정란의 부화

평균수온 23.0°C 에서 동갈돛돔 수정란은 20 psu 이하의 염분에서 부상없이 모두 100% 침강하였다. 25 psu에서는 9.9%로 매우 낮았고, 32 psu (자연해수)에서는 100%가 부상하여 높은 염분에서 부상률이 높았다(Fig. 1). 염분별 부화율은 0, 3 psu에서 0%, 6 psu 1.2%, 9 psu 15.7%, 11 psu 66.8%, 13 psu 79.5%, 15 psu 84.5%, 20 psu 86.5%, 25 psu 88.7%, 32 psu 99.9%로 염분이 높을수록 부화율이 높게 나타났다(Fig. 2).

2) 자어 부상률 및 생존

염분별 부화 후 1시간 이내 전기자어(전장 1.80 ± 0.17 mm)의 부상률은 6~20 psu에서는 0%이었으며, 이 염분범

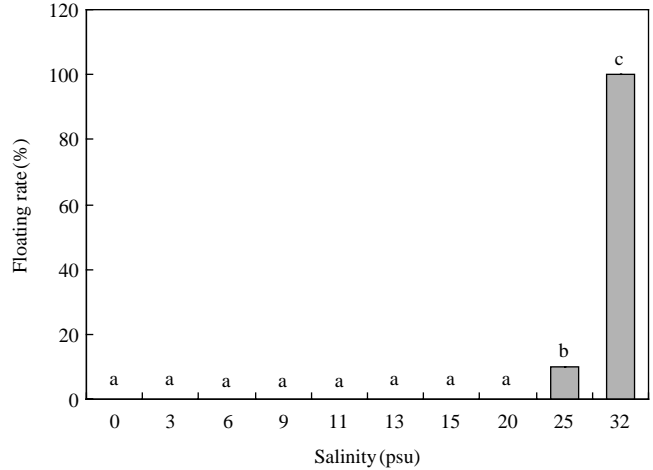


Fig. 1. Floating rate of fertilized eggs *H. nitens* at different salinities of seawater.

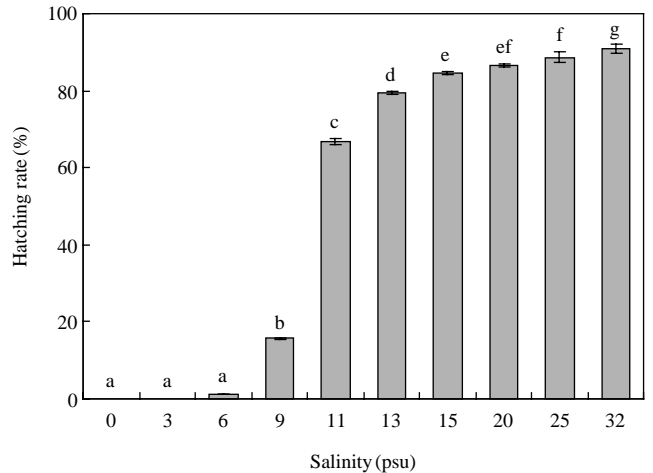


Fig. 2. Hatching rate of *H. nitens* eggs incubated at different salinities.

위에서 부화는 가능하지만 비커 바닥에 머물고 있다가 3시간 이후에 전량 폐사하였다. 25 psu에서 부화자어의 부상률은 18.5%로 낮았으나, 정상적인 수직 이동이 관찰되었고, 32 psu (자연해수)에서는 100%가 부상하여 정상적인 상하 수직이동을 하였다(Fig. 3). 본 연구결과, 수정란의 부상률, 부화율, 부화 직후 자어의 부상률은 염분의 증가에 따라 유의한 차이를 나타내었다($P < 0.05$).

부화 후 난황이 완전 흡수되어 5일이 경과한 동갈돛돔 후기자어(전장 2.76 ± 0.21 mm)를 각 염분에 갑자기 노출시켰을 때 시간에 따른 생존율은 Table 1과 같다. 0 psu는 0%, 13.5 psu $16.0 \pm 0.0\%$, 17.1 psu $14.5 \pm 1.1\%$ 로 17.1 psu 이하에서는 50% 미만의 생존율을 나타내었다. 또한 20.2 psu에서는 $79.0 \pm 0.7\%$ 이었으며, 23.5~32.6 psu (자연해수)의 실험구에서는 100%의 생존율을 보여, 부화 후 5일된 동갈돛

대상으로 한 순차적 수온하강의 영향은 Table 2에 나타내었다. 사육수온 16°C에서 각각 1°C/일(15°C), 2°C/일(14°C), 3°C(13°C)/일, 4°C/일(12°C), 5°C/일(11°C)로 각 온도에서 48시간을 유지하였을 때 동갈돔돔 치어의 LT₂₅는 일간 1, 2°C/일의 수온하강에서는 나타나지 않았으며, 4°C/일 수온하강에서는 42시간으로 나타났다. 5°C/일 수온하강에서 LT₅₀은 24시간, LT₉₀은 36시간으로 나타나 수온하강 속도가 1~2°C/일에서는 생존율에 영향을 미치지 않았다. 섭식 반응은 1~3°C/일 수온하강에서는 정상이었으며, 4°C/일 수온하강에서는 저수온 노출 후 8시간만에 정상적인 섭식 행동이 관찰되었다. 유영상태는 1~2°C/일 수온하강에서는 정상이었으며, 3°C/일 수온하강에서는 6시간 후 유영이 관

찰되었다.

2) 급성 저수온 충격에 따른 영향

동갈돔돔 치어(전장 5.9±0.3 cm, 체중 4.26±0.57 g)에 대한 순간적 수온하강의 영향은 Table 3에 나타내었다. 1일에 사육수온(16°C)에서 2°C 간격으로 14~6°C 구간에 각각 순간적으로 노출시켰을 때 10°C까지 수온에서는 모두 생존한 반면, 8°C에서 LT₅₀은 18시간, LT₉₀은 24시간만에 관찰되었고, 6°C에서는 LT₅₀은 10분, LT₉₀은 30분으로 월동기 동갈돔돔 치어는 8°C 이하로 순간적으로 노출할 경우 매우 낮은 생존율을 보였다.

섭식반응은 사육수온(16°C)에서 12°C 이상의 수온에 순간적 노출하였을 경우 영향을 받지 않았으며, 10°C에 순간적으로 노출하였을 경우에는 노출 8시간 후 섭식하였고, 8°C 이하의 수온에서는 섭식반응이 없었다. 유영상태는 12°C 이상의 수온으로 순간적으로 노출시켰을 때에는 정상이었으며, 10°C에서는 6시간 후에 유영을 시작하였고, 6°C에서는 움직임이 없이 2시간 후 전량 폐사하였다.

3) 완만한 수온 감소에 따른 영향

동갈돔돔 치어(전장 6.5±0.4 cm, 체중 6.22±1.28 g)를 사육수온(16°C)에서 1일에 2°C씩 수온을 낮추어 14, 12, 10, 8, 6°C의 5개 실험구로 각각 순차적으로 저온에 노출하여 7일간 계속해서 사육하였을 때 그 영향은 Table 4에 나타내었다. 10°C 이상에서는 폐사가 나타나지 않았으며, 8°C에서는 14시간째에 16.6%의 폐사를 보였고, 6°C에서 LT₅₀은 168시간에 나타났다. 섭식반응 및 유영은 1일에 1°C씩 수온을 낮출 경우 8°C 이상에서는 정상으로 나타나, 월동기

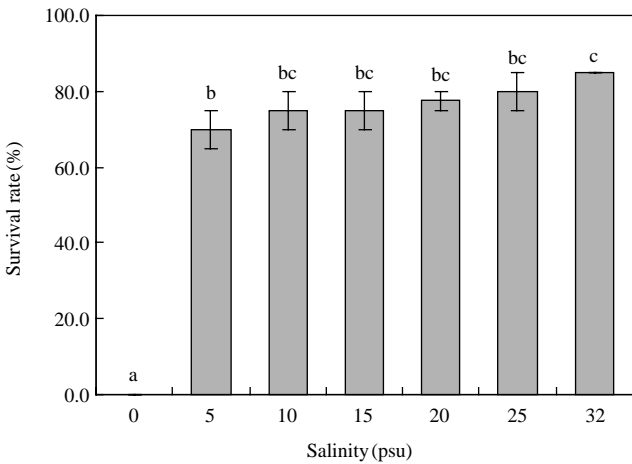


Fig. 6. Survival rate of juveniles *H. nitens* at different salinities.

Table 2. Influence of daily decline of temperature on survival, feeding and swimming of juveniles grunt, *H. nitens* for 48 hr

Group	Daily declinedegree of water temperature				
	-1°C/day (16→15°C)	-2°C/day (16→14°C)	-3°C/day (16→13°C)	-4°C/day (16→12°C)	-5°C/day (16→11°C)
LT ₂₅	-	-	48 h/13.3%	42 hours	-
LT ₅₀	-	-	-	-	24 h
LT ₉₀	-	-	-	-	36 h
Feeding reaction	Normality	Normality	Normality	Feeding after 8 h	-
Swimming condition	Normality	Normality	Swimming after 6 h	Swimming after 6 h	-

*LT : Lethal temperature

Table 3. Influence of cold temperature on survival, feeding and swimming of juveniles grunts, *H. nitens* the for 24 hr. as directly transferred at once from 16°C tank to cold water tanks

Group	Tank water temperature (°C)				
	14°C	12°C	10°C	8°C	6°C
LT ₂₅	-	-	-	10 h	5 min
LT ₅₀	-	-	-	18 h	10 min
LT ₉₀	-	-	-	24 h	30 mim
Feeding reaction	Normality	Normality	Feeding after 8 h	Non feeding	Non feeding
Swimming condition	Normality	Normality	Swimming after 6 h	Swimming after 12 h	Die after 2 h

Table 4. Influence of cold temperature on survival, feeding and swim-ming of juveniles grunts, *H. nitens* the for 168 hr. As rearing water temperature was slowly changed on 1°C/day

Test	Continuous low temperature(°C)				
	14°C	12°C	10°C	8°C	6°C
LT ₂₅	-	-	-	14h/16.6%	96h
LT ₅₀	-	-	-	18h	168h
LT ₉₀	-	-	-	-	-
Feeding reaction	Normality	Normality	Normality	Normality	-
Swimming condition	Normality	Normality	Normality	Normality	-

지속적인 저수온 노출에 대한 동갈돛돔 치어의 생존 하한 수온은 8°C로 판단된다.

고찰

염분은 해양생태계에서 해양생물의 생리적 변화에 영향을 미치는 환경요인 중 하나로 어류의 대사활동, 삼투조절 및 생체리듬 등에 영향을 주기 때문에 회유성 어류 및 기수역에 서식하는 광염성 어류의 생활사에 있어 대단히 중요하다(강 등, 2000). 또한 수산생물 사육수의 염분은 어란과 자치어의 삼투압 조절능력과 관련되어 발생, 성장, 발달에 영향을 미치고 더 나아가 생사를 좌우한다(隆島·羽生, 1989). 어류가 체외로 산란한 난의 비중은 주변 환경의 물의 비중보다 높고 낮음에 따라 부성란과 침성란으로 구분된다. 염분에 따른 어류의 저항성은 그들의 서식지역에 따라 다양한 내성을 나타내는데, 기수지역의 어류는 담수 또는 해수역에 한정되어 서식하는 어류보다 광범위한 염분내성을 나타내며, 삼투조절이 가능하다(Martin, 1990). 그러나 외부환경에 대한 어류 체액 내 삼투조절의 실패는 대사변동을 일으키게 되며, 극단적인 경우에는 사망에 이르게 된다(Woo and Fung, 1981). 동갈돛돔 수정란은 일반해수의 염분에서 부성을 띄는 분리부성란으로(강 등, 2004b), 본 연구에서 동갈돛돔의 수정란은 20psu 이하에서 10분 이내에 모두 침강하였으며, 25psu에서는 9.9%, 32psu(자연해수)에서는 100%의 부상률을 보여 넙치 수정란이 18.0psu에서 침강하고 19.0psu에서 부성을 나타낸다는 보고(落合, 1981)와 전과 노(1991)의 20.6psu에서 15%의 부상률을 보인 것과 비교하면 동갈돛돔 수정란의 부상에는 높은 염분이 필요한 것으로 나타났다. 또 동갈돛돔 수정란의 염분별 부화율은 13psu 이상에서는 80.0% 이상의 부화율을 보여 20.6psu에서 15.0%의 부화율을 나타낸 넙치(전과 노, 1991)와 비교하여 저염분에 강한 내성을 나타내었다. Lin(1998)이 보고한 동갈돛돔의 부화 적정 염분범위는 23°C에서 24.2~32.1psu이었고, 부화 최적 염분은 29.5psu로 본 연구결과와 거의 일치하였다. 또한 연안성 어종인 감성

돔의 경우 20°C에서 22psu 이하에서는 수정란이 모두 침강되었지만 부화율에 있어서는 74.7~78.7%(오 등, 2004)를 보여 본 연구결과와 비슷하였다. 자연조건의 해수(32psu)에서 동갈돛돔의 부화율은 90.9%로 넙치의 63.0%(전과 노, 1991), 참가자미 60.0%(이 등, 1997a) 보다는 높았으며, 민어의 85.0%(윤 등, 2006)와는 비슷한 경향을 보였다. 이상의 결과로, 동갈돛돔의 부화가능한 염분은 13~32psu로 다른 어종에 비해 비교적 광범위하여 광염성 어종으로 판단되었다. 본 연구에서 동갈돛돔 부화직후 자어의 부상률은 20psu 이하에서는 0%로 3시간 이후에 전량 폐사하였고, 25psu는 18.5%, 32psu(자연해수)에서는 100%가 부상 및 정상적인 상하 수직이동을 보여 부화는 낮은 염분에서도 이루어지지만 부화 직후 자어관리는 자연해수(32.0psu)가 가장 좋을 것으로 판단되었다. Lin(1998)은 부화 후 42~52시간이 경과한 동갈돛돔 자어의 생존율에 있어서도 26.9~32.1psu일 때 81.8~84.0%를 나타내었다. 본 연구에서 부화 후 5일된 후기자어는 20.2psu에서 24시간 동안 노출시켰을 때 79.0%의 생존율을 보였으며, 23.5psu 이상에서는 100%의 생존율을 나타내어 감성돔(이와 노, 1986), 넙치(전과 노, 1991)의 경우와 같이 부화 이후 시간이 경과할수록 염분내성이 강해지는 결과를 보였다. 수정란의 부화율과 부화 직후의 생존율은 난질과도 밀접한 관련성을 가지고 있다. 따라서 난질평가기법을 접목한 부화율 및 부화 직후 자어의 생존율에 관한 연구도 필요할 것으로 판단된다.

부화 후 1개월된 전장 2.65 ± 0.49 cm의 치어를 염분농도 별로 26일간 사육한 결과, 0psu에서는 5일째 전량 폐사하여 성장변화가 없었으나 5~32psu(자연해수)에서는 성장에 차이없이 유사한 값을 나타내어 동갈돛돔은 치어기에 저염분에 대한 내성이 강하게 나타났다. 실험종료시 생존율은 0psu에 노출시 5일만에 전량 폐사하였으며, 5psu는 70.0%, 25psu는 80.0%, 32psu(자연해수)는 85.0%로 5psu 이상의 염분에서는 70.0% 이상의 생존율을 보였다. 어류양식 시 기수 및 저염분 지하수의 활용은 월동기간 중 월동비용 감소, 질병예방, 유휴 내수면 양식장의 활용 등의 부가적 효과로 양식효율을 높일 수 있어 감성돔 *A. Schlegeli*(박 등, 2009), 숭어 *Mugil cephalus*(장 등, 1996), 자주복

Takifugu rubripes (Lee et al., 2005), 황복 *Takifugu obscurus* (강 등, 2004c) 등의 사육에 적용되고 있다. 자연해수에서 0 psu의 담수로의 급격한 염분변화는 감성돔 치어(전장 1.23~1.72 cm)는 12시간과 26시간(박 등, 2009), 자주복 치어(3.8~5.7 g)는 48시간(Lee et al., 2005), 전어 *K. punctatus* 치어(체중 1.78 g)는 64시간만에 전량 폐사하여(김 등, 2005) 본 연구인 동갈돔돔 치어가 5일만에 폐사한 것과 같이 완전 담수에서는 사육이 어려웠다. 이러한 원인은 해수에서 담수로 전환시 삼투압 및 이온 조절 등에 관여하는 염류세포가 충분히 발달하지 못하는데 기인한 것으로 판단된다. 치어가 성장함에 따라 염분내성도 증가하여 0 psu에서 감성돔 치어(전장 1.23 cm, 전장 1.72 cm)는 각각 14일과 28일간 사육시 0%의 생존율을 보였으나 전장 2.83 cm의 치어는 21일간 사육시 99.0%의 생존율을 보였고(박 등, 2009), 송어 치어(전장 4.8 cm)는 60일간 사육시 62.0%의 생존율을 보여(장 등, 1996). 동갈돔돔의 경우에도 앞으로 세심한 성장단계별 염분내성 조사가 필요할 것으로 사료된다.

기수역에 서식하는 광염성 어류는 성장에 필요한 최적 염분범위가 종에 따라 다르며, 5~35 psu 범위 내에서 다양하게 나타난다. 날개망둑 *Favonigobius gymnauchen* (강 등, 2000)은 20.2~33.6 psu, 두줄망둑(강 등, 2004a)은 10~34 psu, 송어 *M. cephalus* (DsSilva and Perera, 1976)는 20 psu, 유럽넙치 *Platichthys flesus* (Gutt, 1985)는 5~15 psu, Spotted, *Pomadasys commersonnii* (Deacon and Hecht, 1999)는 12~35 psu가 적정 염분이며, 동갈돔돔의 최적성장을 위한 염분은 10~32 psu로 보여 광염성 어류로 판단된다.

서해 중부해역의 해상가두리에서 사육하는 양식어종은 가숭어, 조피볼락, 쥐노래미 등으로 겨울철 저수온 충격에 상대적으로 강한 내성을 가지고 있다. 자연계에서 월동기 한파조건과 같이 단기간에 사육수온에서 급격히 수온을 하강시키면 양식산 가숭어는 수온하강에 따라 스트레스 관련 생체지수의 변화와 갑상선과 같은 내분비적인 변동이 일어나며, 대량 폐사의 원인이 되고 있다(해양수산부, 2007). 본 연구에서는 겨울철 저수온 충격에 따른 동갈돔돔의 치어의 생존율은 일간 수온 하강 정도에 따라 저수온 노출시 월동수온(16°C)에서 1일간 각각 1, 2, 3, 4, 5°C의 수온간격으로 하강시켜 48시간을 유지하였을 때 1~2°C/일 수온하강시는 영향이 없었으나, 일간 3°C 수온하강에서는 48시간째에 13.3%의 생존율을, 4°C 이상의 수온하강 변화에서는 LT₂₅가 42시간만에 나타났고, 5°C/일 수온하강에서 LT₉₀은 36시간으로 관찰되어 동절기에 동갈돔돔 치어는 일간 1~2°C 수온하강 변화에서는 적응력이 높은 것으로 확인되었다. 동갈돔돔 치어의 급성 저수온 충격에 따른 영향은 1일에 사육수온(16°C)에서 2°C 간격으로 14~6°C의 저수온에 순간적으로 노출시켰을 때 10°C 이상의 실험구에서는 모두 폐사가 없었으며, 섭식행동 및 유영도 정상적인 반면, 8°C 이하

에서는 수온이 낮을수록 치사시간이 짧게 나타났다. 동갈돔돔 치어에 대한 완만한 수온감소의 영향은 사육수온(16°C)에서 1일에 1°C씩 수온을 낮추어 14, 12, 10, 8, 6°C의 실험구의 수온에서 7일간 연속해서 사육하였을 때 10°C 이상의 수온에서는 폐사가 나타나지 않았지만 8°C 이하의 실험구에서는 폐사가 나타났으며, 6°C에서는 168시간만에 전량 폐사하여 월동기에 지속적인 저수온 노출에 대한 동갈돔돔 치어의 생존 하한 임계수온은 8°C로 생각된다.

현재 동갈돔돔 양식은 우리나라 남해안의 통영지역의 해상가두리와 서해안의 육상양식이 일부 이루어지고 있다. 자연산 동갈돔돔의 경우, 저수온기에는 월동장으로 이동하지만 해상가두리나 육상수조의 양식장의 경우 적정 월동을 위해 임계수온 구멍이 매우 중요하다. 본 연구를 통해 동갈돔돔 치어의 저수온 내성과 임계수온을 밝힘으로서 서해안에서 동갈돔돔 양식을 위한 월동기의 사육관리와 지속적 성장을 위한 사육기법 연구가 이루어져 할 것으로 생각된다.

사 사

본 연구는 국립수산물연구원 수산시험연구과제인 양식생물 종보존 및 복원연구(RP-2009-AQ-041)의 지원에 의해 수행되었습니다.

요 약

본 연구는 동갈돔돔의 양식생물학적 기초자료를 확보하고자 염분의 영향과 수온의 영향을 조사하였다. 염분의 경우 수정란의 부화와 부상률, 자어의 부상률 및 생존율, 치어의 성장과 생존에 미치는 영향을 조사하였다. 수온의 경우 일간 수온 변화 정도, 급성 저수온 충격, 완만한 수온 감소에 따른 생존, 먹이섭식 및 유영능력을 조사하였다. 염분의 영향에서 수정란의 부화율과 부상률 및 자어의 부상률과 생존율은 자연 해수 염분(32 psu)에 가까울수록 높게 나타났다. 치어의 성장과 생존의 경우에는 기수의 염분(5~20 psu)의 경우 해수 염분(25~32 psu)과 유의한 차이가 없었다. 다만 담수의 경우만 유의하게 낮았다. 수온의 영향에 관한 3가지 실험 모두에서 급성이던 만성이던 수온의 하락 폭이 클수록 생존율, 먹이섭식 및 유영활동이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 결론적으로 본 실험을 통해 동갈돔돔은 성장과 생존은 일반 해수염분에서 가장 좋았고, 월동의 임계수온은 8°C로 나타났다.

인 용 문 헌

강주찬 · 지정훈 · 김성길 · 박경수 · 박승윤. 2004c. 염분농도에 따른 두줄망둑, *Tridentiger trigonocephalus* 치어의 내성. 환경생물, 22: 153-158.

강주찬 · 진 평 · 이정식 · 신윤경 · 조규석. 2000. 날개망둑 치어의 생존, 성장 및 산소소비율에 미치는 염분의 영향. 한국수산학회지, 22: 153-158.

강희웅 · 김종화 · 이권혁 · 김종식. 2004a. 동갈돛돔, *Hapalogenys nitens*의 자연산란과 난발생 특성. 한국양식학회지, 17: 180-186.

강희웅 · 강덕영 · 조기채 · 이진호 · 박광재 · 김종화. 2004b. 황복, *Takifugu obscurus*의 초기 발달 동안 성장 및 생존에 있어 먹이와 염분의 효과. 한국양식학회지, 17: 221-227.

국립수산과학원. 2004. 한국 연근해 유용 어류도감. 한글, 333pp.

김종화 · 전제천 · 이권혁 · 김종식. 2003. 기수성 수산생물의 중요 생산기술개발. 국립수산과학원 사업보고서, pp. 747-764.

김홍범 · 정성권 · 김중창 · 고현정 · 정관식. 2005. 전어, *Konosirus punctatus* 치어의 적정 사육염분농도. 한국양식학회 춘계 학술발표, 부산, p. 176.

박상용 · 최운수 · 장영진 · 방인철. 2009. 감성돔 자 · 치어의 저염분 내성. 한국양식학회지, 22: 122-125.

오상규 · 김맹진 · 송춘복. 2004. 감성돔 알의 생존에 미치는 수온과 염분의 영향. 수산관련학회 공동학술대회 발표, 부산, pp. 209-210.

윤호섭 · 서대철 · 최상덕. 2006. 서해안 민어, *Miichthys miiuy*의 산란 특성과 부화에 미치는 염분의 영향. 환경생물, 24: 53-59.

이정용 · 김완기 · 장영진. 1997. 참가자미, *Limanda herzensteini*의 난발생에 미치는 수온과 염분의 영향. 한국양식학회지, 10: 357-362.

이정재 · 노 섬. 1986. 감성돔, *Mylio macrocephalus* (Basilewsky)의 종묘생산에 관한 연구. 濟大 海資研報, pp. 1-15.

이태원 · 문형태 · 최신석. 1997. 천수만 어류의 종조성 변화. 2. 대천 해빈 쇄파대 어류. 한국어류학회지, 9: 79-90.

임환철 · 최 윤. 2000. 한국 서해의 태안 연안 어류상. 한국어류학회지, 12: 215-222.

장영진 · 이영춘 · 이복규. 1996. 어린송어 (*Mugil cephalus*)의 염분농도별 성장과 생존율 비교. 한국양식학회지, 9: 311-320.

전제천 · 노 섬. 1991. 넙치, *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel) 난 및 자치어의 염분 내성에 관한 연구. 한국양식학회지, 4: 73-84.

한형균 · 강덕영 · 허성범 · 김성원. 2001. 농어, *Lateolabrax japonicus*의 초기 발달, 성장 및 생존율에 미치는 수온의 영향. 한국양식학회지, 14: 17-27.

해양수산부. 2007. 서해안 축제식 복합양식 기술개발 및 월동대책. 한국해양수산기술진흥원 최종보고서, 반도피피, p. 211.

Chen, X., S. Wang, J. Wang and D. Wang. 2005. Karyotypes of cultured *Hapalogenys nitens* from Xiamen stock. J. Xiamen Univ., 44: 200-202.

Cuiqin, W., Y. Dongxing and L. Baomin. 2006. Rapid determination of vitellogenin in fish plasma by anion exchange high performance liquid chromatography using postcolumn fluorescence derivatization with *o*-phthalaldehyde. Analytical sci., 22: 1593-1596.

Deacon, N. and T. Hecht. 1999. The effect of reduced salinity on growth, food conversion and protein efficiency ratio in juvenile spotted grunter, *Pomadasy commersonnii*. Aquacult. Res., 30: 13-20.

DeSilva, S.S. and P.A.B. Perera. 1976. Studies on young grey mullet, *Mugil cephalus* L. I. Effects of salinity on food in take, growth and food conversion. Aqacult., 7: 327-338.

Gutt, J. 1985. The growth of juvenile flounders (*Platyichthys flesus* L.) at salinities of 0, 5, 15 and 35‰. J. Appl. Ichthyol., 1: 17-26.

Hong, W.S. and Q.Y. Zhang. 2002. Artificial propagation and breeding of marine fish in China. Chin. J. Oceanol. Limnol., 20: 41-51.

Hong, W.S. and Q.Y. Zhang. 2003. Review of captive bred species and fry production of marine fish in China. Aquacult., 227: 305-318.

Laurence, G.C. and W.H. Howell. 1981. Embryogy and influence of temperature and salinity on early development and survival of yellowtail flounder *Limanda ferrugines*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 6: 11-8.

Lee, K.M., T. Kanneko and K. Aida. 2005. Low-salinity tolerance of juvenile fugu, *Takifugu rubripes*. Jap. Fish. Sci., 71: 1324-1331.

Li, J., J.Q. Zhang, Y.J. Ou, J.S. Zhang, Z. Liu and R. Liao. 2007. Study on the growth performance of skewband grunt *Hapalogenys nitens* in sea gulf net cage. South China Fish. Sci., 3: 1-6.

Liang, J., J. Wang, Y. Su, Y. Cai and D. Wang. 2003. Isoenzyme analysis of genetic diversity in cultured *Hapalogenys nitens*. J. Oceanogr. Taiwan Strait, 22: 19-23.

Limin, L., X. Feng and H. Jing. 2006. Amino acids composition difference and nutritive evaluation of the muscle of five species of marine fish, *Pseudosciaena crocea* (large yellow croaker), *Lateolabrax japonicus* (common sea perch), *Pagrosomus major* (red seabream), *Seriola dumerili* (Dumeril's amberjack) and *Hapalogenys nitens* (black grunt) from xiamen bay of China. Aquacult. nut., 12: 53-59.

Lin, W., F. Cai., W. Chen. Z. K. Chen, X. Lai and M. Huang. 1998. Effects of different temperature and salinity on hatching larval survival rate *Hapalogenys nitens*. J. Oceanogr. Taiwan Strait, 17: 305-308.

Martin, T.J. 1990. Osmoregulatory in three species of Ambassidae (*Osteichthyes: Perciformes*) from estuaries in Natal. South African J. Zool., 25: 229-234.

Masuda, H., K. Amaoka, C. Araga, T. Uyeno and T. Yoshino. 1984. The fishes of the Japanese Archipelago. Vol. 1. Tokai University Press, Tokyo, Japan, 437pp.

Woo, N.Y.S. and A.C.Y. Fung. 1981. Studies on the biology of red

- sea bream. 2. salinity adaptation. *Comp. Biochem. Physiol.* 69A: 237-242.
- Xie, Y., Y. Zhang, J. Hu, B. Sun, Y. Zhong and L. Lin. 2004. Morphological studies of early development of *Hapalogenys nitens*. *J. Fish. Sci. China*, 11: 89-94.
- Zheng, L., Q. Fang, H. Wang and J. Zhang. 2004. Effect of salinity on activity and larval feeding rate *Hapalogenys nitens* Richardson. *Mar. Sci.*, 28: 5-7.
- Zhang, Q., W. Hong and P. Chen. 2001a. Status and prospects of artificial propagation and breeding technique of marine fish in Fujian. *J. Oceanogr. Taiwan Strait*, 20: 266-273.
- Zhang, W., Y. Su, J. Wang, C. Quan and S. Ding. 2001b. Biochemical composition of five common reared fishes. *Mar. Sci. Bull.*, 20: 26-31.
- Zhang, Y., J. Hu, Y. Xie, Y. Zhong and C. Huang. 2003. Effects of diets on growth and survival rates of artificially-produced juveniles of *Hapalogenys nitens*. *Mar. Sci.*, 27: 30-33.
- Ziniu, Y., K. Xiaoyu, X. Wenwu and X. Zongyang. 1994. The karyotypes of *Hapalogenys nitens* (Richardson) and *H. mucronatus* (Eyedoux et Souleyet). *J. Ocean Univ. Qingdao Haiyang Daxue Xuebao*, 24: 175-180.
- 落合 明. 1981. ヒラメの生態 形態 習性から食性まで. 養殖, 3: 48-51.
- 山田梅芳. 1986. ヒゲソリダイ *Hapalogenys nitens* Richardson. 東シナ海・黄海のさかな, 水産廳西海區水産研究所, 長崎, pp. 222-223.
- 隆島史夫・羽生 功. 1989. 水族繁殖學. 水産養殖講座 4, 綠書房, pp. 222-237.
- 蔡良候. 2003. 无公害海水養殖 綜合技術. 中國農業出版社, pp. 43-50.