KFAS 한국수산과학회지 Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
한수지 59(5), 645-651, 2026

Note
Korean J Fish Aquat Sci 59(5),645-651,2026

거제 연안에서 채집된 자연산 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*) 치어의 현장 출현과 저염분 노출 반응에 대한 예비 연구

박신일 · 곽우석*

경상국립대학교 해양생물교육연구센터

Field Occurrence and Low-Salinity Responses of Wild Juvenile *Acanthopagrus schlegelii* in Geoje: Preliminary Study

Shin-Il Park and Woo-Seok Gwak*

Marine Bio-Education & Research Center, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Republic of Korea

The black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*) is a euryhaline species with broad salinity tolerance, but little is known about the responses of wild juveniles to low-salinity exposure. In this study, we investigated the occurrence of wild juveniles in estuarine and sandy coastal habitats along the coast of Geoje, Korea, and conducted a preliminary laboratory exposure experiment at low salinities (0, 5, and 12 psu). Juveniles were collected at an estuarine station (St. 1; 5.7–14.5 psu) and a sandy coastal station (St. 2; 31.8–33.5 psu). After 186.5 h of exposure, survival was low in both the 12 psu and 5 psu treatments (5.56±3.85% and 7.78±5.09%, respectively; P=0.751), whereas all fish at 0 psu died within approximately 84.5 h. Pathological signs, including exophthalmos and globe rupture, were observed only at 0 psu, suggesting that freshwater exposure may cause physiological damage in juvenile *A. schlegelii*. However, because mortality was also high at 12 and 5 psu, the lower salinity tolerance limit could not be reliably determined, and the confounding effects of capture and handling stress cannot be excluded. These results provide baseline data on the field occurrence of wild juveniles and their early-life responses to low-salinity exposure.

Keywords: *Acanthopagrus schlegelii*, Euryhaline, Juvenile, Low salinity exposure, Estuary

서 론

감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*)은 양쥐돔목(Acanthuriformes), 도미과(Sparidae), 감성돔속(*Acanthopagrus*)에 속하는 어류로(Near and Thacker, 2024), 우리나라 남해 및 서해 연안을 비롯하여 일본, 중국, 대만 등 서북태평양 연안에 넓게 분포한다(Kim et al., 2005). 감성돔은 대표적인 광염성(euryhaline) 어류로서 다양한 염분 환경에 적응하는 능력이 있는 것으로 알려져 있으며(Kimura and Tanaka, 1991), 연안 정치망 및 낚시 어업의 중요 대상종인 동시에 양식 산업에서도 주목받고 있다(Kim et al., 2011). 높은 경제적 가치, 넓은 범위의 환경적 내성, 높은 사육 밀도 수용력 및 강한 질병 저항력을 갖추고 있어 양식 잠재력이 매우 높다(Zhou et al., 2011).

감성돔의 생활사는 연안 환경과 밀접하게 연결되어 있다. 산란은 주로 봄철(3–5월)에 연안의 암초 지역 또는 내만 수역에서 이루어지며, 수정란은 분리부성란(pelagic egg)으로 부화 후 자어기를 거친다(Ochiai and Tanaka, 1998). 부화 후 약 1개월이 경과하면 전장 10–20 mm 내외의 치어가 되어 내만 및 하구역의 얕은 천해역으로 이동하며, 이곳에서 여름 동안 집중적인 성장이 이루어진다. 이후 가을철에 접어들면서 수온 저하와 함께 점차 깊은 수심대의 연안역으로 분산하여 이동하며, 수온 적응 범위가 넓어 하계 31–32℃, 동계 4–5℃ 수준까지 생존이 가능한 광온성 어종으로도 알려져 있다(Ochiai and Tanaka, 1998). 이처럼 감성돔 치어는 생애 초기의 결정적인 성장 단계를 하구역 또는 내만의 기수 환경에서 보내는 특성을 지닌다(Vasconcelos et al., 2011).

하구역은 담수와 해수가 혼합되는 점이수역(ecotone)으로서, 조석, 강우, 계절적 담수 유입량 변화에 따라 염분의 시공간적

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9152 Fax: +82. 55. 772. 9159
E-mail address: wsgwak@gnu.ac.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

https://doi.org/10.5657/KFAS.2026.0645
Korean J Fish Aquat Sci 59(5), 645-651, October 2026
Received 26 May 2026; Revised 28 July 2026; Accepted 10 August 2026
저자 직위: 박신일(대학원생), 곽우석(교수)

변동이 매우 크다(Blaber, 2000). 이러한 환경은 어류에게 포식 압력의 감소, 유기 퇴적물에서 비롯된 풍부한 먹이 자원, 빠른 성장 등의 이점을 제공하지만(Blaber and Blaber, 1980), 동시에 삼투압 조절(osmoregulation) 부담의 증가라는 생리적 도전을 수반한다. 경골어류는 체액의 삼투질 농도를 약 300–350 mOsm kg^{-1} 수준으로 유지하기 위해 아가미, 신장, 장 등을 통해 이온 및 수분을 능동적으로 조절하는데(Evans et al., 2005), 저장성(hypotonic) 환경인 저염분 또는 담수에서는 체내로의 수분 유입과 이온 손실이 발생하여 이를 능동 수송을 통해 보상해야 한다. 이 과정에서 상당한 에너지 비용이 소모되며, 삼투압 조절 능력이 한계에 도달할 경우 폐사에 이르게 된다. 어류의 삼투압 조절 능력은 종뿐만 아니라 발달 단계 및 개체 크기에 따라서도 상이하게 나타난다. 일반적으로 자어기에는 삼투압 조절 기관인 아가미 이온수송세포(ionocyte)의 발달이 미숙하여 광염성 성어에 비해 염분 내성 범위가 좁은 경우가 많으며(Evans et al., 2005; Varsamos et al., 2005; Fridman, 2020), 발달이 진행됨에 따라 이온 조절 능력이 강화되는 경향이 있다. 감성돔과 동일한 도미과에 속하는 *Acanthopagrus*속 어류들은 전반적으로 광염성 특성을 공유하지만, 치어기의 저염분 노출에 대한 반응은 종 및 개체군에 따라 차이가 있을 수 있다(Tseng and Hwang, 2008). 인위적으로 통제된 안정적인 사육 환경에서 성장한 인공 종묘와 달리 하구역의 자연산 치어는 부화 이후부터 자연에서 빈번하게 발생하는 염분 변동에 상시 노출되어 있어, 삼투압 조절 능력의 발달 양상이 인공 종묘와는 근본적으로 다를 수 있다. 이러한 점에서 자연산 치어를 대상으로 한 연구가 별도로 필요하다.

감성돔의 염분 반응에 관한 기존 연구들은 대부분 양식 환경에서의 인공 종묘를 대상으로 수행되었으며(Kelly et al., 1999; Kim et al., 2011), 현장 조사를 통해 자연산 치어의 서식 염분 환경을 파악한 연구는 드물다. 특히 한국 남해 연안의 하구역을 대상으로 감성돔 치어가 실제로 어느 정도의 저염분 환경에 노출되는지를 다룬 연구는 많지 않다. 하구역은 계절적 강수량 변화에 따라 일시적으로 염분이 크게 저하될 수 있으며, 이러한 환경 변화는 치어의 생존에 영향을 줄 수 있다. 따라서 자연산 치어의 현장 출현 자료와 저염분 노출 시 반응을 함께 제시하는 연구가 필요하다.

이번 연구에서는 한국 경남 거제 연안의 하구역 정점(station, St. 1)과 사질 연안 정점(St. 2)에서 자연산 감성돔 치어를 채집하여 두 정점의 서식 염분 환경을 비교하고, 실내 노출 실험을 통해 0, 5, 12 psu 조건에서의 생존 양상과 외부 병리 반응을 예비적으로 관찰하였다. 이번 연구는 자연산 감성돔 치어의 현장 출현 자료와 저염분 노출에 따른 초기 반응을 제시함으로써, 이 분야 연구를 위한 기초 자료를 제공하는 데 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 채집 및 현장 환경 측정

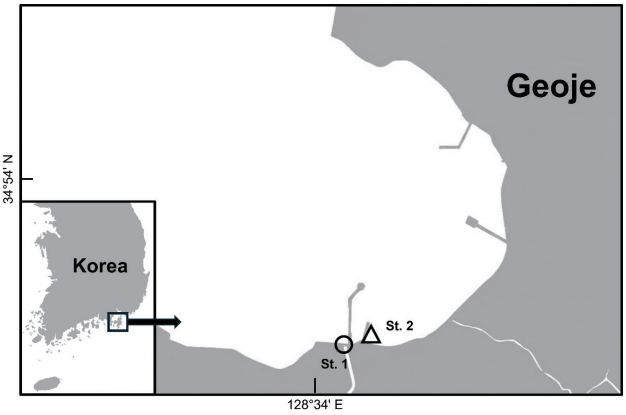


Fig. 1. Map of the study area showing the two sampling stations in Geoje, Korea. Open circle (○) indicates St. 1 located in the estuarine area; open triangle (△) indicates St. 2 located in the sandy coastal area.

이번 연구에 사용된 감성돔(*A. schlegelii*)은 경상남도 거제 사곡해변길 연안에 위치한 St. 1(하구역) 및 St. 2(사질 연안)에서 2025년 7월 10일, 7월 12일, 7월 13일 총 3회 채집하였다(Fig. 1). 채집은 간조 시 St. 1, St. 2 각 약 600 m^2의 면적을 2명의 조사 인원이 족대(망목 4×4 mm)를 이용하여 무리 지어 유영하는 개체들을 대상으로 수행하였다. 조사 해역의 환경 특성을 파악하기 위하여 handheld conductivity meter (Pro30; YSI Inc., Yellow Springs, OH, USA)를 사용하여 수온과 염분을 측정하였다. St. 1과 St. 2는 동일 연안 내에 위치하여 야생 자·치어가 산란 후 유입되어 초기 성육장으로 이용하는 대표적 연안 환경이다(Chang et al., 2002). 따라서 특정 정점에 국한되지 않고 거제 연안 야생 치어 집단 전체의 저염분 노출에 대한 반응성을 평가하기 위해 정점 구분 없이 통합 수용하여 경상국립대학교 해양생물교육연구센터로 운반하였다. 이에 따라 실험에 사용된 개체는 St. 1과 St. 2 출신이 혼재한 상태였다. 운반 후 Kinoshita (1988)와 Kang et al. (2014)에 따라 종 동정을 실시하였고, 이후 실내 사육 실험에 사용하였다.

2. 실험 개체의 사육 및 순치

채집 후 운반된 개체는 야생 치어의 포획 및 수송 스트레스를 완화하고 실내 사육 환경에 적응시키기 위해 48시간 동안 염분 12 psu, 수온 22.0 ± 1.0℃의 조건에서 순치시켰다. 이는 감성돔을 대상으로 한 중간 염분(10–12 psu) 환경에서 초기 스트레스 관련 효소인 아스파르테이트 아미노전이효소(aspartate aminotransferase)의 회복 및 삼투 조절 지표(cortisol, 삼투질 농도)의 생리적 안정성을 입증한 선행연구(Min et al., 2003)와 22.0℃ 대역의 수온(22.2–23.9℃)을 실험에 적용한 선행연구(Kimura and Tanaka, 1991)를 참고하여 설정하였다. 실험 전 전장(total length, TL)을 측정하였으며, 개체의 상태를 확인한 후 비슷한

크기의 외형적 손상이나 비정상적인 행동을 보이지 않으며 상태가 좋은 건강한 개체만을 선별하여 실험에 사용하였다. 사각 아크릴수조(35 × 30 × 30 cm)에서 사육하였으며, 매일 15:00에 30% 부분 환수를 진행하였다. 또한 용존산소의 유지를 위해 폭기 장치를 사용하여 지속해서 공기를 공급하였다. 염분 이외의 환경 요인이 실험 결과에 영향을 미치지 않도록 모든 실험구에 동일한 사육 조건을 적용하였다. 먹이는 brine shrimp (*Artemia* sp.)를 매일 09:00에 1회 충분히 급이하였다.

3. 염분 처리 조건 및 실험 설계

감성돔 치어의 정상 해수 조건(약 33 psu)에서의 안정적인 생존은 선행 연구에서 확인된 바 있으므로(Kimura and Tanaka, 1991), 이번 연구에서는 저염분 실험구(0, 5, 12 psu)의 반응에 집중하였다. 다만 정상 해수 대조구가 포함되지 않은 점은 결과 해석의 한계로 인정된다. 12 psu는 순치 조건과 동일한 최고 염분 실험구이며, 5 psu는 중간 염분 실험구, 0 psu는 담수 환경이자 최저 염분 실험구이다. 각 염분 실험구에는 감성돔 30개체를 무작위로 배치하였으며, 모든 실험은 3반복으로 수행하였다. 염분 변화에 따른 급격한 환경 스트레스를 최소화하기 위해 염분 조절은 단계적으로 실시하였다. 감성돔이 수용된 수조의 염분을 12 psu로 설정한 후에, Min et al. (2003)의 방법에 따라 염분을 시간당 2 psu씩 조절하여 0 psu 및 5 psu 실험구를 조성하였다. 실험은 2025년 7월 15일 19:30부터 2025년 7월 23일 14:00까지 총 186.5시간 동안 진행하였다. 실험이 진행되는 동안 매일 4회(02:00, 08:00, 14:00, 20:00) 6시간 간격으로 폐사한 개체를 확인하였으며, 폐사한 개체는 95% 에탄올에 보관하였다. 최종 생존 개체수는 실험 종료 시 확인하였다.

4. 자료 처리

이번 실험의 모든 결과는 3반복 수조의 평균값±표준편차(mean±SD)로 산출하였다. 염분 농도(0, 5, 12 psu) 조건에 따른 시간 경과별 누적 생존율 및 생존 곡선의 유의적 차이는 Kaplan-Meier 생존 분석(Kaplan-Meier survival analysis)과 log-rank 검정(log-rank test)을 실시하여 평가하였다. 또한, 실험구 간 최종 생존율의 통계적 유의성 검정을 위해 일원분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였으며, 구체적인 유의차 분석을 위해 Tukey's HSD test로 사후검정을 수행하였다. 모든 통계 분석은 jamovi (ver. 2.7, The jamovi project, 2025)를 사용하였으며, 통계적 유의성은 $P<0.05$ 수준에서 검증하였다.

결 과

1. 채집 정점의 환경 특성 및 치어 분포

채집 기간 동안 두 정점의 환경 특성은 Table 1에 제시하였다. St. 1(하구역)의 수온은 25.0–29.7°C, 염분은 5.7–14.5 psu로 조사 일자에 따라 상당한 변동이 있었으며, 특히 7월 13일에는 강우의 영향으로 염분이 5.7 psu까지 저하되었다. St. 2(사질 연안)의 수온은 25.1–28.2°C, 염분은 31.8–33.5 psu로 비교적 안정적인 해양성 환경을 유지하였다. 두 정점 모두에서 감성돔 치어가 채집되었으며, St. 1의 하구역은 염분이 낮고 변동이 큰 환경임에도 감성돔 치어가 서식하고 있음이 확인되었다.

Table 1. Environmental conditions (salinity and water temperature) recorded at two sampling stations in Geoje, Korea during July 2025

Date	Station	Salinity (psu)	Water temperature (°C)	Note
Jul. 10, 2025	St. 1	14.2	29.7	-
	St. 2	33.0	28.2	
Jul. 12	St. 1	14.5	28.4	-
	St. 2	33.5	27.6	
Jul. 13	St. 1	5.7	25.0	Rainy
	St. 2	31.8	25.1	

St. 1, Estuarine area; St. 2, Sandy coastal area.

2. 저염분 노출 실험 결과

실험에 사용된 감성돔 치어의 평균 전장(TL)은 2.25±0.23 cm (범위 2.0–2.7 cm)였다. 186.5시간의 실험 동안, 염분 실험구(0, 5, 12 psu) 간 시간 경과에 따른 누적 생존 곡선은 통계적으로 유의미한 차이를 나타냈다(log-rank test, $\chi^2=351$, $P<0.001$; Fig. 2). 0 psu 실험구는 5 psu 및 12 psu 실험구와 구별되는 급격한 폐사 양상을 보였으며, 5 psu와 12 psu 실험구는 모두 높은 최종 폐사율을 나타냈다(Fig. 2).

12 psu 실험구에서는 실험 초기 수일 동안 폐사 개체가 많지 않았으나, 이후 점진적인 폐사가 발생하여 실험 종료 시 수조별 누적 폐사 개체 수는 27–29개체(최종 생존율 5.56±3.85%)였다(Table 2).

5 psu 실험구 역시 초기 수일 동안 폐사 개체가 많지 않았으나, 이후 점진적인 폐사가 발생하여 실험 종료 시 수조별 누적 폐사 개체 수는 26–29개체(최종 생존율 7.78±5.09%)였다(Table 2). 일원분산분석(one-way ANOVA) 결과 세 염분 실험구 간 최종 생존율에는 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았

Table 2. Final survival rates of juvenile *Acanthopagrus schlegelii* exposed to three salinity levels (0, 5, and 12 psu) for 186.5 h

Salinity (psu)	Initial (N)	Final survivors (N)	Survival rate (%)
12 psu	90	5	5.56±3.85
5 psu	90	7	7.78±5.09
0 psu	90	0	0.00±0.00

Values are presented as mean±SD (n=3 replicates of 30 fish each). Differences in final survival rates among salinity treatments were not statistically significant based on one-way ANOVA ($F=3.54$, $P=0.096$).

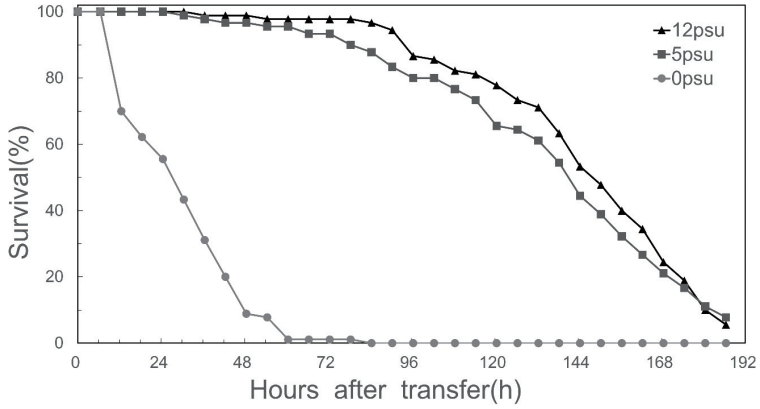


Fig. 2. Survival dynamics of juvenile *Acanthopagrus schlegelii* exposed to three salinity treatments (0, 5, and 12 psu) over 186.5 h. Values are expressed as mean (n=3 replicates of 30 fish each). Each point represents the mean cumulative survival rate of three replicate tanks over time. Statistically significant differences among survival curves were determined by log-rank test (χ^2=351, P<0.001).

으며($F_{2,6}$=3.54, P=0.096), Tukey 사후검정에서도 모든 실험구 간 유의차가 확인되지 않았다(5 vs 12 psu, P=0.751; 0 vs 5 psu, P=0.092; 0 vs 12 psu, P=0.234). 전반적인 생존 양상은 12 psu 실험구와 유사하였으며, 일부 수조에서는 폐사 발생 시점이 다소 앞당겨졌다.

반면 0 psu 실험구에서는 실험 개시 약 12시간 이후부터 폐사가 급격하게 진행되었고, 약 84.5시간 경과 후 모든 개체가 폐사하였다. 따라서 0 psu 실험구의 최종 생존율은 0%였다(Table 2).

3. 형태학적 이상 소견

0 psu 실험구에서는 폐사 개체를 대상으로 외형적 이상 소견이 확인되었다(Fig. 3). 전체 90개체 중 24개체(26.7%)에서 이상 소견이 관찰되었으며, 이 중 16개체(17.8%)는 안구돌출증(exophthalmos, Fig. 3C, D)이, 8개체(8.9%)는 안구 파열(globe rupture, Fig. 3B)이 확인되었다.

고 찰

이번 연구에서 채집된 감성돔 치어는 하구역(St. 1, 5.7–14.5 psu)과 사질 연안(St. 2, 31.8–33.5 psu) 두 정점 모두에서 채집되었다. 이는 감성돔 치어의 하구역 출현 및 이용 가능성을 지지하는 현장 자료이며, 기존의 생활사 기술(Ochiai and Tanaka, 1998)과 일치한다. 특히 7월 13일 강우 직후 St. 1의 염분이 5.7 psu까지 저하된 극단적인 조건에서도 감성돔 치어가 채집된 점은, 자연산 치어가 일시적으로 매우 낮은 염분 환경에 실제로 노출될 수 있음을 보여준다. 이 현장 관찰 결과는 이번 연구에서 설정한 저염분 노출 실험 조건(0, 5 psu)의 생태적 배경을 제공하며, 자연산 치어의 저염분 민감성과 초기 반응 양상을 파악하기 위한 예비적 관찰로서 의미를 가진다.

한편, 이번 실험에서 12 psu 및 5 psu 실험구의 최종 생존율은 각각 5.56±3.85%와 7.78±5.09%로 두 조건 간 통계적으로 유의미한 차이가 없었다(P=0.751). 일반적으로 경골어류의 체액 삼투압과 유사한 12 psu 조건은 삼투압 조절 스트레스가 비교적 적은 등삼투압(isosmotic) 환경에 해당함에도 불구하고 (Evans et al., 2005), 5 psu와 마찬가지로 90% 이상의 높은 폐사율이 발생했다. 이러한 결과는 염분 자극 자체에 더하여 채집, 운반 및 실내 사육 과정에서 수반된 복합적인 스트레스 요인이 작용했음을 시사한다. 특히 야생 치어는 인공 종묘와 달리 포획 및 환경 전환 과정에서 높은 핸들링 스트레스에 노출되며, 48시간의 짧은 적응 기간은 개체가 실내 환경에 안정적으로 적응하기에 부족했을 수 있다. 또한 채집 현장의 하절기 수온(25.0–29.7°C)과 실험 수온(22.0±1.0°C) 간의 차이는 어류의 삼투압 조절 효율 변화에 영향을 미쳤을 가능성이 있으며 (Evans et al., 2005), 용존산소, pH, 암모니아성 질소 등 미측정된 사육 수질 변수의 변동이 개체의 스트레스 반응과 결합하여 폐사를 가속화했을 수 있다. 아울러 광범위한 염분 변동성을 가진 하구역(St. 1, 5.7–14.5 psu)과 사질 연안(St. 2, 31.8–33.5 psu)의 개체가 혼재되어 초기 삼투압의 차이가 결과의 변동을 높였을 가능성도 존재한다. 따라서 12 psu 및 5 psu 실험구의 높은 폐사율은 감성돔 치어의 저염분 내성 하한값을 직접 구명한 결과라기보다, 야생 치어를 대상으로 한 실내 저염분 내성 사육 실험에서 나타난 복합 스트레스 반응과 높은 환경 민감성이 반영된 결과로 해석하는 것이 타당하다.

다만 0 psu 실험구에서는 노출 약 84.5시간 이내에 전량 폐사가 발생하였고, 안구돌출증(exophthalmos) 및 안구 파열(globe rupture)과 같은 형태학적 이상이 관찰되었다. 이러한 결과는 담수 노출이 감성돔 치어에 급성 위해를 초래할 수 있음을 시사한다. 담수와 같은 극단적 저장성 환경에서는 체내로의 수분 유입과 이온 손실이 동시에 발생하여 삼투압 불균형이 심화될 수 있으며(Evans et al., 2005), 이번 연구에서 관찰된 안구돌출증

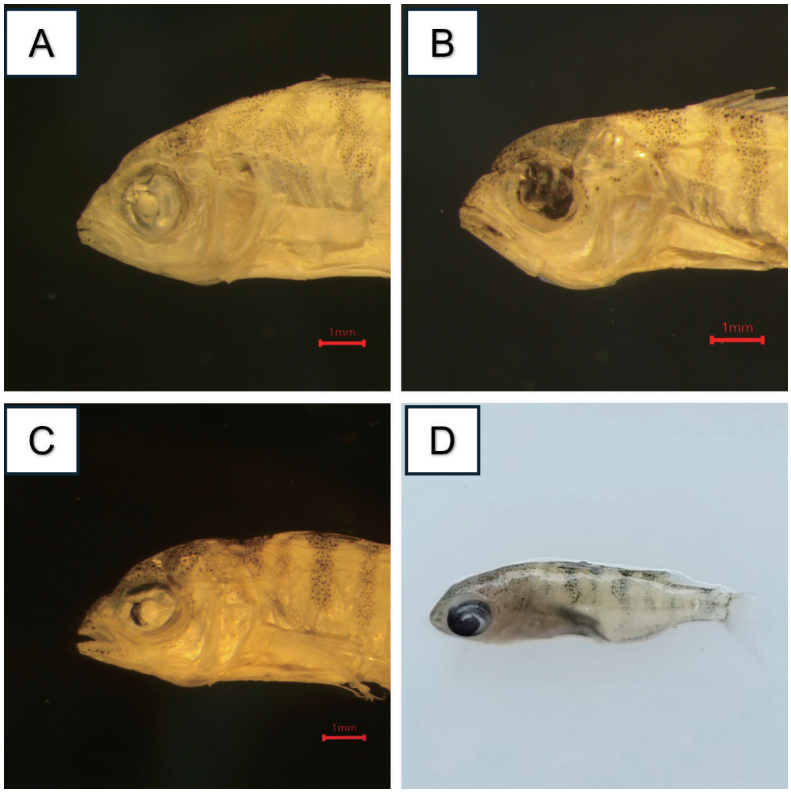


Fig. 3. Morphological changes in juvenile *Acanthopagrus schlegelii* after exposure to 0 psu. A, Normal appearance (12 psu treatment); B, Globe rupture; C and D, Exophthalmos.

및 안구 파열은 삼투압 불균형에 의한 조직 내 수분 축적에 기인하는 전형적인 병리 증상으로 보고된 바 있으며(Roberts et al., 2009), 이번 연구의 형태학적 이상도 이러한 생리적 불균형에 연관되었을 가능성이 추정된다. 그러나 이번 연구는 조직학적 검사나 혈액 삼투압 및 생화학적 분석이 동반되지 않았으므로, 이러한 병리 증상의 기작에 대한 해석에는 한계가 있다.

도미과(Sparidae) 어류의 저염분 반응은 종, 발달 단계, 그리고 개체의 기원에 따라 다르게 나타날 수 있다. Zhang et al. (2022)은 인공 종묘를 대상으로 한 실험에서 5 psu 이상의 저염분 노출 시 삼투압 조절 관련 반응을 보고하였다. 그러나 이번 연구는 인공 종묘가 아닌 야생 치어를 대상으로 수행되었으며 12 psu를 포함한 모든 실험구에서 높은 폐사율이 나타났으므로, 자연산 치어에서 관찰된 생존 양상을 인공 종묘의 생리기작과 동일한 선상에서 직접 비교하거나 해석하는 데에는 주의가 필요하다. 또한 Kelly et al. (1999)의 성어 대상 담수 순화 연구 역시 담수 환경에서의 삼투압 불균형 가능성을 보여주지만, 발달 단계와 실험 조건이 상이하므로 이번 연구 결과와 직접적으로 동일 선상에서 비교하기에는 한계가 있다. 한편, *Acanthopagrus butcheri*는 넓은 염분 범위에서 생존과 성장이 가능하였으나(Partridge and Jenkins, 2002), 이번 연구의 감성돔 치어는 0 psu에서 전량 폐사하였다. 이러한 차이는 종별 삼투압 조절 능력과 서식 환경에 따른 적응 전략의 차이를 반영할 가능성이 있다. 한편 참돔(*Pagrus major*) 치어를 대상으로 한 연구에서도 급격한 저염분 노출은 단기적으로 생존율 및 행동에 영향을 미치는 것으로 보고되어(Yoon, 2021), 도미과 어류 치어의 저염분 민감성은 종을 막론하고 공통적으로 나타나는 특성임을 시사한다.

이러한 제한점에도 불구하고, 이번 연구 결과는 하구역을 성육장으로 이용하는 야생 감성돔 치어의 생태적 특성과 환경 변동에 따른 반응을 이해하기 위한 기초자료로서 의미를 갖는다. 자연 하구역에서 감성돔 치어의 서식이 확인된 점은 하구 인근의 준설, 매립, 수문 조작 등 인위적 환경 교란으로부터 연안 성육장을 보호하는 것이 감성돔 자원 관리를 위해 중요함을 시사한다. 특히 기후변화에 따른 집중 강우의 증가로 하구역 저염분화 현상이 심화될 경우(Day et al., 1989; Dyer, 1997), 감성돔 치어의 하구역 이용 양상과 초기 생존에 영향을 미칠 가능성이 있으므로, 이에 대한 장기적인 모니터링이 필요하다. 다만, 이번 연구의 실내 저염분 노출 실험은 정상 해수 대조구 미비 및 높은 폐사율 등의 한계가 존재하므로, 이번 결과만으로 인공 종묘의 순치나 자원 관리의 구체적 기준을 직접 제안하기에는 한계가

있다. 따라서 향후 연구에서는 정상 해수 대조구 설정, 더 긴 순치 기간, 현장 수온을 반영한 실험 조건, 완만한 염분 변화 속도(예: 시간당 1 psu 이하), 조직학적·생화학적 분석 및 정점별·크기별 분리 비교 실험을 포함하는 정교한 후속 연구가 필요하다.

사 사

이번 연구가 진행될 수 있도록 도움을 주신 유시형, 임아연님께 감사드립니다. 또한 건설적인 제언과 지적으로 이번 논문의 질적 향상에 도움을 주신 익명의 심사위원님들께 깊이 감사드립니다.

References

Blaber SJM and Blaber TG. 1980. Factors affecting the distribution of juvenile estuarine and inshore fish. J Fish Biol 17, 143-162. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1980.tb02749.x.

Blaber SJM. 2000. Tropical Estuarine Fishes: Ecology, Exploitation and Conservation. Blackwell Science, Oxford, U.K., 384. https://doi.org/10.1002/9780470694985.

Chang CW, Hsu CC, Wang YT and Tzeng WN. 2002. Early life history of *Acanthopagrus latus* and *A. schlegeli* (Sparidae) on the western coast of Taiwan: Temporal and spatial partitioning of recruitment. Mar Freshw Res 53, 411-417. https://doi.org/10.1071/MF01135.

Day JW, Hall CAS, Kemp WM and Yáñez-Arancibia A. 1989. Estuarine Ecology. John Wiley and Sons, New York, NY, U.S.A., 558.

Dyer KR. 1997. Estuaries: A Physical Introduction. 2nd ed. John Wiley and Sons, Chichester, U.K., 195.

Evans DH, Piermarini PM and Choe KP. 2005. The multifunctional fish gill: Dominant site of gas exchange, osmoregulation, acid-base regulation, and excretion of nitrogenous waste. Physiol Rev 85, 97-177. https://doi.org/10.1152/physrev.00050.2003.

Fridman S. 2020. Ontogeny of the osmoregulatory capacity of teleosts and the role of ionocytes. Front Mar Sci 7, 709. https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00709.

Kang CB, Lee SH, Hwang JH and Han KH. 2014. Morphological development of larvae and juveniles of Acanthopagrus schlegeli. Dev Reprod 18, 311-319. https://doi.org/10.12717/DR.2014.18.4.311.

Kelly SP, Chow INK and Woo NYS. 1999. Haloplasticity of black seabream (*Mylio macrocephalus*): Hypersaline to freshwater acclimation. J Exp Zool 283, 226-241. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-010X(19990215)283:3%3C226::AID-JEZ2%3E3.0.CO;2-8.

Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated Book of Korean Fishes. Kyo-Hak Publishing Co., Seoul, Korea, 615.

Kim YS, Ji SC, Biswas BK, Biswas A, Jeong GS, Murata O and Takii K. 2011. Growth and environmental tolerances (water temperature and low salinity) of hybrid female red sea bream *Pagrus major* × male black sea bream *Acanthopagrus schlegeli*. Korean J Fish Aquat Sci 44, 276-283. https://doi.org/10.5657/KFAS.2011.0276.

Kimura R and Tanaka M. 1991. Prolactin production during larval and early juvenile periods of euryhaline marine fish, black sea bream *Acanthopagrus schlegeli*. Nippon Suisan Gakkaishi 57, 1833-1837. https://doi.org/10.2331/suisan.57.1833.

Kinoshita I. 1988. Sparidae. In: An Atlas of the Early Stage Fishes in Japan. Okiyama M, ed. Tokai University Press, Tokyo, Japan, 527-538.

Min BH, Kim BK, Hur JW, Bang IC, Byun SK, Choi CY and Chang YJ. 2003. Physiological responses during freshwater acclimation of seawater-cultured black porgy (*Acanthopagrus schlegeli*). Korean J Ichthyol 15, 224-231.

Near TJ and Thacker CE. 2024. Phylogenetic classification of living and fossil ray-finned fishes (Actinopterygii). Bull Peabody Mus Nat Hist 65, 3-302. https://doi.org/10.3374/014.065.0101.

Ochiai A and Tanaka M. 1998. Ichthyology. Koseisha Koseikaku, Tokyo, Japan, 1139.

Partridge GJ and Jenkins GI. 2002. The effect of salinity on growth and survival of juvenile black bream (*Acanthopagrus butcheri*). Aquaculture 210, 219-230. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00817-1.

Roberts HE, Palmeiro B and Weber ES III. 2009. Bacterial and parasitic diseases of pet fish. Vet Clin North Am Exot Anim Pract 12, 609-638. https://doi.org/10.1016/j.cvex.2009.06.010.

The jamovi project. 2025. jamovi (ver. 2.7) [Computer Software]. Retrieved from https://www.jamovi.org on July 23.

Tseng YC and Hwang PP. 2008. Some insights into energy metabolism for osmoregulation in fish. Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol 148, 419-429. https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2008.04.009.

Varsamos S, Nebel C and Charmantier G. 2005. Ontogeny of osmoregulation in postembryonic fish: A review. Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol 141, 401-429. https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2005.01.013.

Vasconcelos RP, Reis-Santos P, Costa MJ and Cabral HN. 2011. Connectivity between estuaries and marine environment: Integrating metrics to assess estuarine nursery function. Ecol Indic 11, 1123-1133. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.12.012.

Yoon SJ. 2021. Short-term behavioral responses and tolerance limits of red seabream *Pagrus major* fingerlings following sudden low salinity exposure. Korean J Environ Biol 39, 495-506. https://doi.org/10.11626/KJEB.2021.39.4.495.

Zhang Y, Zhang S, Xu S and Wang D. 2022. Effects of acute

low-salinity stress on osmoregulation, antioxidant capacity, and growth of the black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*). Fish Physiol Biochem 48, 1599-1617. https://doi.org/10.1007/s10695-022-01144-7.

Zhou F, Shao QJ, Xiao JX, Peng X, Ngandzali BO, Sun Z and Ng WK. 2011. Effects of dietary arginine and lysine levels on growth performance, nutrient utilization and tissue biochemical profile of black sea bream, *Acanthopagrus schlegelii*, fingerlings. Aquaculture 319, 72-80. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.06.001.