

한강 수계 보통천에 서식하는 줌구굴치 *Micropercops swinhonis*의 난발생 및 자치어 형태발달

박재민 · 한경호^{1,*}

경상북도 토속어류산업화센터, ¹전남대학교 수산과학과

Morphological of Development Eggs, Larvae and Juveniles *Micropercops swinhonis* in Botongcheon Stream Hangang River by Jae-Min Park and Kyeong-Ho Han^{1,*} (Gyeongsangbuk-Do Native Fish Business Center, Uiseong 37366, Republic of Korea; ¹Fishery Science Chonnam National University, Yeosu 59626, Republic of Korea)

ABSTRACT This study investigated the early life history of the *Micropercops swinhonis* in Botongcheon stream Hangang River and compared the relationship between the related species and flexibility. The fertilized egg of the ovoid type, and the average egg diameter was 1.23 mm in long diameter and 0.85 mm in short diameter. At a water temperature of 20.6°C, the hatching time took 179 hours. The newly hatched larvae measured 3.82~4.08 mm in total length (TL), and their mouth and anus were not yet open. At 18 days after hatching, the postflexion larvae reached 7.97~8.43 mm in TL, with the tip of the caudal fin bent at 45°. At 29 days after hatching, the juveniles reached 9.83~10.8 mm in TL and were differentiated by their constant number of fins (7~10 first dorsal, 10~11 second dorsal, 7~10 anal fins). As a result of the study, there was a difference from the related species in the egg diameter, the newly hatched larva size. The postflexion larvae period and the development period of the first dorsal fin were the slowest among the comparable similar species, and the size was characterized by a large number, indicating a difference from similar species in the early life history process.

Key words: Gobioninae, Odontobutidae, *Micropercops swinhonis*, egg, larvae, juvenile

서 론

우리나라 담수어류의 종 복원과 보전을 위한 방법으로 난 발생 및 초기생활사, 번식생물학적 연구, 복원방류 및 평가, 유 전다양성 평가 등 다양한 연구가 지속적으로 수행되고 있으며 (Lee *et al.*, 2004; Han *et al.*, 2020; Hong *et al.*, 2021; Souza-shibatta *et al.*, 2022), 이 중 어류의 초기생활사 연구는 수정란 에서 성장하는 기간 동안 겪는 각각의 고유 형질들의 발달과 성 장도 등의 다양한 분류, 생태학적 지식을 제공하며 이를 토대로 종의 보존과 보호, 증식뿐만 아니라 다양한 연구에도 기여한다 (Song and Choi, 2000).

망둑어목(Gobioninae) 동사리과(Odontobutidae) 어류는 전

세계 6속 23종이 알려져 있으며 국내에는 3속 6종이 분포하 는 것으로 알려져 있다(Nelson *et al.*, 2016; Chae *et al.*, 2019; Froese and Pauly, 2023).

우리나라에 분포하는 망둑어목 동사리과 어류는 동사리 *Odontobutis platycephala*, 얼룩동사리 *O. interrupta*, 남방동사 리 *O. obscura*, 곁동사리 *O. yaluensis*, 발기 *Percottus glenii*, 줌구굴치 *Micropercops swinhonis* 등 6종으로 이 중 줌구굴치 는 몸 크기 4~5 cm 정도로 크기가 작은 소형 담수어로서 한강 에서 낙동강까지의 서해와 남해로 흐르는 하천에 드물게 분포 하며 북한의 두만강과 북청남대천, 국외에는 중국에도 분포한다 (Chae *et al.*, 2019).

동사리과 어류에 대한 연구로는 산란행동 (Mashiko, 1976; Choi and Na, 2000), 분포 (Iwata *et al.*, 1985; Sakai *et al.*, 1999), 자어발달 (Iwata *et al.*, 1988; Voskoboinikova and Pavlov, 2006), 유전적 비교 (Sakai *et al.*, 1993), 줌구굴치의 산란습성 및 초

저자 직위: 박재민(연구사), 한경호(교수)

*Corresponding author: Kyeong-Ho Han Tel: 82-61-659-7163,

Fax: 82-61-659-7169, E-mail: aqua05@jnu.ac.kr

기 난발생(Kim and Kim, 1996), 생식주기(Lee, 1998; Lee and Yang, 1998), *O. hikimus*의 배체발달(Doi and Aoyama, 2006), 동사리의 난발생 및 자치어 형태발달(Lee *et al.*, 2018), 얼룩동사리의 난발생 및 초기생활사(Park *et al.*, 2014) 및 자치어 골격 발달(Park *et al.*, 2017) 등의 연구가 수행되었으나 좀구굴치는 초기 난발생 과정 이후부터는 보고된 바가 없어 자치어 형태발달에 대한 추가적인 연구가 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 좀구굴치의 초기생활사 특징을 규명하고 근연종들과의 유연관계를 비교하였다.

재료 및 방법

1. 친어사육

연구에 사용된 어미는 2022년 4월 경기도 시흥시 하중동에 위치한 보통천에서 족대(망목 3×3 mm)를 이용하여 수컷(전장 3.5~4 cm, 평균 3.76±0.25 cm) 3마리, 암컷(전장 3~4 cm, 평균 3.5±0.5 cm) 7마리를 채집해 연구실로 운반하였다. 사육 환경은 유리 사각수조(60×45×45 cm)에서 저면여과방식으로 사육하였으며, 조도 조절은 L12:D12로 유지해주었다. 수온은 19.2~22.1°C(평균 20.6±2.05°C)였으며, 먹이는 실지렁이, 냉동장구벌레(Blood worm, Hikari, China)를 2회/일 공급하였다. 수조 내부에는 산란유도를 위해 시판되고 있는 산란상을 넣어 주었다.

2. 난발생 및 자치어 형태발달

산란 직후 수정란은 별도의 유리 사각수조에 분리하였고, 난에 산소공급을 위해 에어레이션을 약하게 해주었다. 난발생 과정 관찰을 위해 수정란 30개를 채취해 실체현미경(Nikon SMZ18, Japan)으로 크기 측정과 발생 단계별 사진촬영을 하였다. 부화된 자치어는 난황흡수 이후부터 담수산 로티퍼(*Brachionus calyciflorus*)를 mL/당 3~5개체 정도 공급하였고 성장함에 따라 알테미아(*Artemia* sp. nauplius) 부화유생과 냉동장구벌레를 순차적으로 공급하였다. 자치어 형태발달 관찰을 위해 부화 직후부터 치어기까지 1~5일 간격으로 30마리씩 마취제(MS-222, Ethyl 3-aminobenzoate methanesulfonate, Sigma Aldrich Co., St. Louis, USA)로 마취 후 크기 측정 및 사진촬영을 하였다.

결 과

1. 난의 크기 및 특징

좀구굴치 암컷의 산란량은 360~375개(평균 370개)였고, 수

정란 형태는 타원형으로 끝부분에는 부착사로 이루어져 있어 산란상 표면에 부착되어 있었으며, 물에 가라앉은 침성란이었다. 난황에는 다수의 유구가 있었고 유구의 크기는 0.01~0.07(평균 0.04±0.02) mm (n=30)였다. 난의 크기는 장경 1.03~1.38(평균 1.23±0.11) mm (n=30)였고, 단경 0.82~0.87(평균 0.85±0.02) mm (n=30)였다.

2. 난발생 과정

수정란은 수정 직후부터 물을 흡수하기 시작하였고(Fig. 1A), 수정 후 1시간 후에는 배반이 형성되었다(Fig. 1B). 수정 후 1시간 30분에는 배반에 난황이 일어나면서 2개의 할구를 형성하였고, 2세포기로 이행하였다(Fig. 1C). 수정 후 2시간에는 2개의 할구가 같은 크기로 경합되면서 4세포기로 이행하였고(Fig. 1D), 수정 후 2시간 30분에는 8세포(Fig. 1E), 수정 후 3시간 30분에는 16세포(Fig. 1F)로 이행하였다. 같은 방식으로 경합이 진행되면서 수정 후 4시간 30분에는 32세포(Fig. 1G), 수정 후 5시간 30분에는 64세포(Fig. 1H)에 달하였고, 수정 후 6시간 30분에는 할구의 크기가 점차 작아지면서 상실기에 달하였고(Fig. 1I), 수정 후 10시간 30분에는 포배기에 달하였다(Fig. 1J). 수정 후 14시간에는 낭배가 형성되었고, 식물극을 덮어 내려오기 시작하면서 초기 낭배기에 달하였으며(Fig. 1K), 수정 후 24시간에는 50%를 덮어 내려와 중기 낭배기에 달하였다(Fig. 1L). 수정 후 29시간에는 난황의 90%를 덮어 내려와 말기 낭배기에 달하였고(Fig. 1M), 수정 후 31시간에는 원구가 폐쇄되면서 난황 위에는 배체가 형성되었다(Fig. 1N). 수정 후 36시간에는 머리 부분에 안포가 형성되었으며 배체의 말단부분에 Kuffer's vesicle이 형성되었다. 이 시기의 근절 수는 5~10개였다(Fig. 1O). 수정 후 56시간에는 Kuffer's vesicle이 소실되었고, 배체가 움직이면서 꼬리는 배체와 분리되었으며, 이 시기의 근절 수는 14~18개였다(Fig. 1P). 수정 후 85시간에는 심장과 눈에 렌즈가 발달하였고, 흑색소포가 침착하였다(Fig. 1Q). 수정 후 123시간에는 꼬리가 발달하여 길이가 머리까지 달하였으며, 꼬리 말단부분에는 흑색소포가 침착하였다(Fig. 1R). 수정 후 167시간에는 가슴지느러미와 부레가 발달하였고(Fig. 1S), 수정 후 179시간에는 배체의 머리가 난막을 뚫고 나오면서 부화가 시작되었다(Fig. 1T). 수정 후 182시간에는 전체 50% 부화가 완료되었으며, 수정 후 184시간에는 모든 개체의 부화가 완료되었다.

3. 자치어 형태발달

부화 직후 난황자치어는 전장 3.82~4.08(평균 3.94±0.09) mm (n=30)로 몸통과 꼬리에는 막지느러미로 이루어져 있었고, 복부에는 난황과 유구가 있었다. 입과 항문은 발달하였으나 완전하게 열리지 않았다. 흑색소포는 난황 아래쪽과 몸통 아래에서

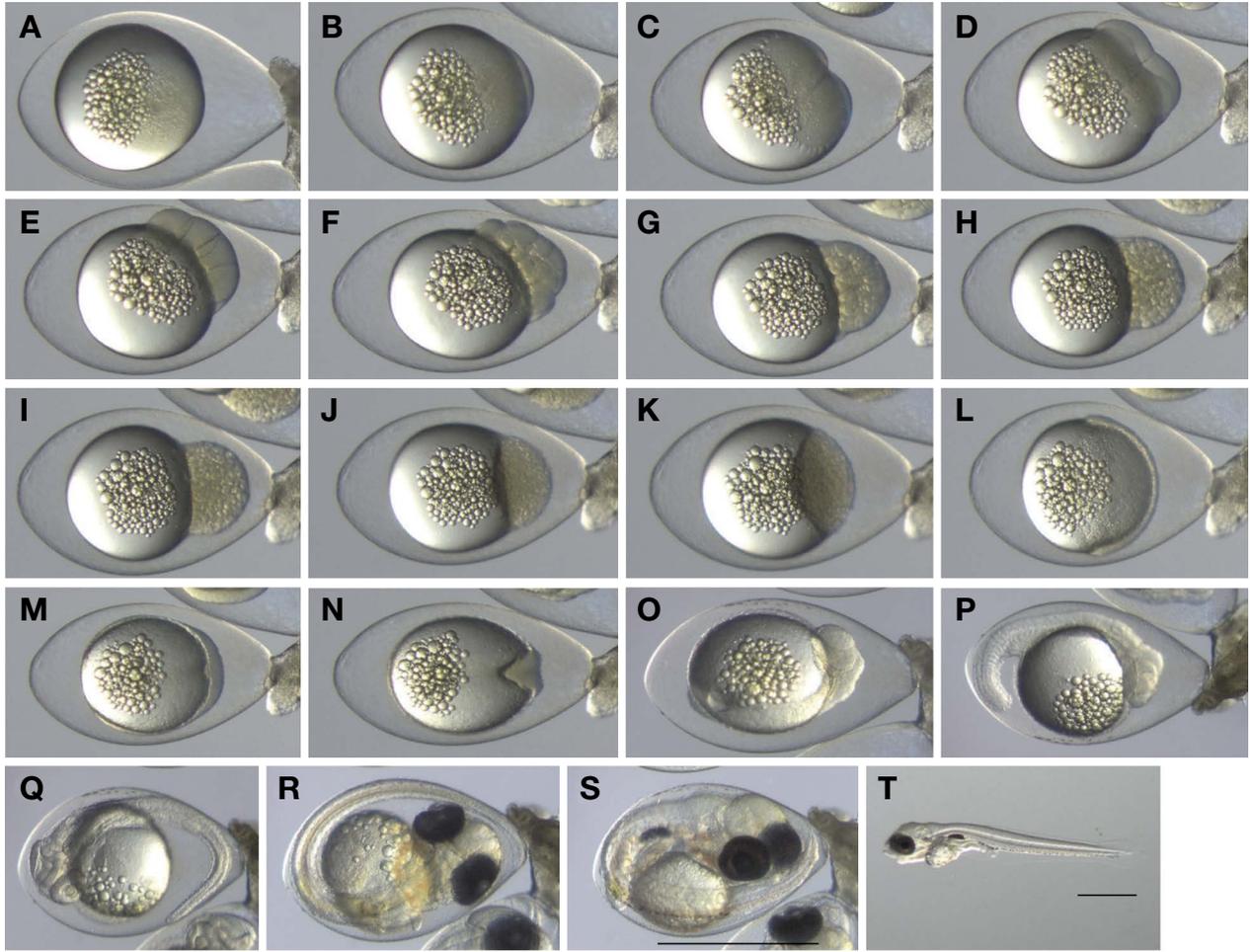


Fig. 1. Egg development stages of *Micropercops swinhoni*. A: fertilized egg; B: blastodisc; C: 2 cells; D: 4 cells; E: 8 cells; F: 16 cells; G: 32 cells; H: 64 cells; I: morula stage; J: blastula stage; K: early gastrula stage; L: middle gastrula stage; M: late gastrula stage; N: development of embryo; O: appearance kuffer's vesicle; P: 10~15 myotomes; Q: development of melanophore; R: embryo in long tail; S: development of pectoral fin and bladder; T: hatched larva. Scale bars = 1.00 mm.

부터 미병부까지 나뭇가지 모양으로 침착되어 있었다. 부화자어는 수중에서 부유하는 유영형태를 보였다. 이 시기의 근절 수는 32~33개 (13 + 19~20)였다(Fig. 2A).

부화 후 2일째 전기자어는 전장 4.14~4.43 (평균 4.25 ± 0.13) mm (n = 30)로 입과 항문이 완전히 열리면서 전기자어기로 이행하였고, 먹이활동을 시작하였다. 일직선 형태의 소화관은 S자 형태로 발달하였고, 유구는 완전히 흡수되었다. 꼬리지느러미는 부채꼴로 분화하기 시작하였고, 흑색소포는 머리와 몸통에 침착하였다(Fig. 2B).

부화 후 5일째 전기자어는 전장 4.80~5.14 (평균 4.98 ± 0.15) mm (n = 30)로 꼬리지느러미 끝부분에는 줄기가 발달하기 시작하였고, 흑색소포는 몸통 전체와 아가미 뚜껑 윗부분, 아래턱, 꼬리지느러미 끝부분 아래쪽에 침착하였다(Fig. 2C).

부화 후 8일째 중기자어는 전장 5.35~5.73 (평균 5.49 ± 0.16) mm (n = 30)로 꼬리지느러미 끝은 위쪽 상단부로 휘어지기 시

작하면서 중기자어기로 이행하였다. 흑색소포는 몸통 아래에서 미병부까지 침착되었던 부분이 서로 이어져 발달하였다. 부레의 형태는 타원형으로 발달하였고, 아래턱의 길이는 위턱보다 길어졌다(Fig. 2D).

부화 후 11일째 중기자어는 전장 6.27~6.67 (평균 6.48 ± 0.15) mm (n = 30)로 등지느러미와 뒷지느러미가 분화하기 시작하였고, 꼬리지느러미에는 11개의 줄기가 발달하였으며, 뒷지느러미에는 5개의 줄기가 발달하였다. 이 시기에는 머리 위쪽 상단부분에서 등 쪽을 따라 꼬리 위쪽 상단부분까지 황색소포가 침착하였다(Fig. 2E).

부화 후 14일째 중기자어는 전장 6.76~7.17 (평균 6.98 ± 0.20) mm (n = 30)로 꼬리지느러미 줄기 수는 12개로 증가하였고, 뒷지느러미 줄기 수는 7개로 증가하였으며, 등지느러미에는 7개의 줄기가 발달하였다. 흑색소포는 꼬리지느러미 줄기 위쪽에 침착하였고, 등지느러미와 뒷지느러미 줄기 시작부분에도

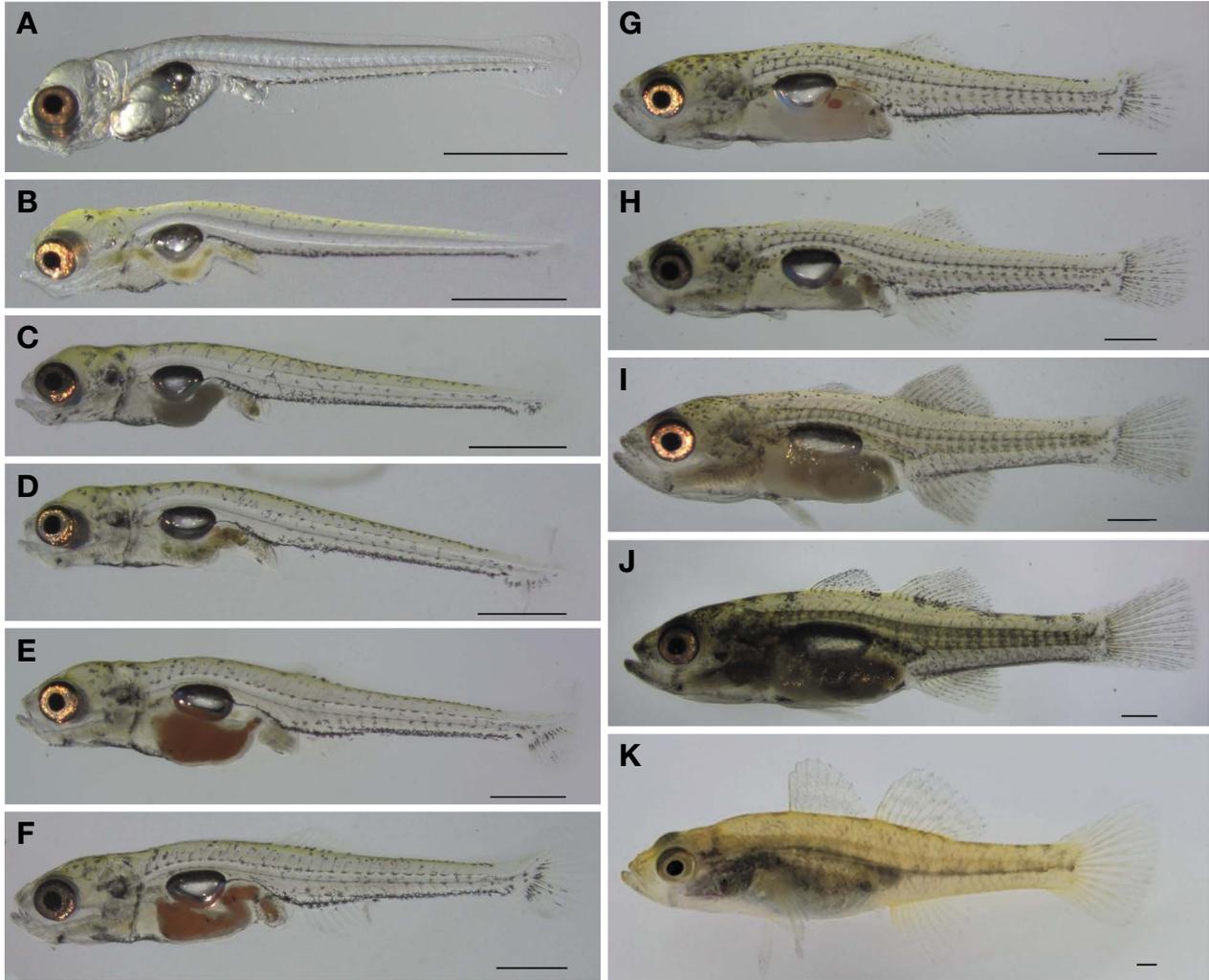


Fig. 2. Morphological development of larvae and juveniles of *Micropercops swinhoni*. A: Newly hatched larvae, mean 3.94 mm in total length (TL); B: 2 days after hatching (DAH), mean 4.25 mm in TL; C: 5 days after hatching, mean 4.98 mm in TL; D: 8 days after hatching, mean 5.49 mm in TL; E: 11 days after hatching, mean 6.48 mm in TL; F: 14 days after hatching, mean 6.98 mm in TL; G: 18 days after hatching, mean 8.25 mm in TL; H: 23 days after hatching, mean 9.26 mm in TL; I: 29 days after hatching, mean 10.1 mm in TL; J: 37 days after hatching, mean 13.6 mm in TL; K: 60 days after hatching, mean 22.6 mm in TL. Scale bars = 1.00 mm.

침착하였다(Fig. 2F).

부화 후 18일째 후기자어는 전장 7.97~8.43 (평균 8.25 ± 0.25) mm (n = 30)로 꼬리지느러미 끝 말단부분이 위쪽 45°로 완전히 휘어지면서 후기자어기로 이행하였다. 흑색소포는 꼬리지느러미 줄기를 따라 침착하였고, 등지느러미와 뒷지느러미 줄기 윗부분에도 침착하였다. 막으로 연결되어 있던 등지느러미, 뒷지느러미, 꼬리지느러미는 모두 분리되었다. 각 부위별 줄기 수는 꼬리지느러미가 15개로 증가하였고, 등지느러미 10개, 뒷지느러미 10개로 증가하였다. 이 시기에는 배지느러미의 분화가 시작되었다(Fig. 2G).

부화 후 23일째 후기자어는 전장 8.87~9.51 (평균 9.26 ± 0.28) mm (n = 30)로 제1등지느러미가 분화하기 시작하였고, 흑

색소포는 주둥이 끝부분에 침착하였으며, 몸통 중앙을 따라 꼬리까지 별 모양의 흑색소포가 침착하였다(Fig. 2H).

부화 후 29일째 치어는 전장 9.83~10.8 (평균 10.1 ± 0.59) mm (n = 30)로 각 부위별 지느러미 줄기 수는 제1등지느러미에 7~10개가 발달하였고, 제2등지느러미 10~11개, 뒷지느러미 7~10개, 꼬리지느러미 14개(7+7)로 정수에 달하면서 치어기로 이행하였다. 흑색소포는 제1등지느러미 줄기 위쪽에 침착하였다(Fig. 2I).

부화 후 37일째 치어는 전장 12.0~15.2 (평균 13.6 ± 2.26) mm (n = 30)로 꼬리 쪽 미병부에 침착되었던 흑색소포는 반점 모양으로 침착된 범위가 넓어졌고, 주둥이 입 끝부분에 침착된 흑색소포 또한 분포 범위가 넓어졌다. 머리 위쪽 상단부분과 등

쪽에는 9개의 반점 모양 흑색소포가 발달하였다(Fig. 2J).

부화 후 60일째 치어는 전장 20.1~25.2 (평균 22.6±3.60) mm (n=30)로 몸 전체에 황색소포가 침착하였고, 흑색소포는 제1등지느러미, 제2등지느러미, 뒷지느러미에 세로방향의 2~3 줄로 발달하였으며, 몸 전체에는 얼룩무늬 형태로 발달하였다. 배지느러미는 전체가 검은색으로 발달하였고, 꼬리지느러미에는 가로방향의 2~3줄이 발달하였다(Fig. 2K).

고 찰

담수어류의 초기생활사 연구는 멸종위기종 및 상업적으로 중요한 종(Lee *et al.*, 1998; Song *et al.*, 2008, 2009; Ko *et al.*, 2011)을 제외한 많은 종의 난과 자치어 시기의 형태가 밝혀지지 않았으며, 어류의 난발생과 발달 단계별 종의 고유형질은 종 분류를 위한 분류학적 기준으로 활용이 가능하다(Blaxter, 1974; Balon, 1985).

본 연구는 좁구굴치의 초기생활사를 규명하여 같은 과에 속하는 근연종들과 초기생활사를 비교하였다.

좁구굴치는 물 흐름이 없는 수초가 많은 하천에 서식하며, 산란습성은 돌 아래 또는 수초, 수생식물의 옆면에 부착란을 산란하는 어류이다(Kim and Kim, 1996). 같은 동사리과에 속하는 동사리(Lee *et al.*, 2018)는 하천의 중상류, 얼룩동사리(Park *et al.*, 2014)는 하천 중하류의 물 흐름이 느린 곳에 서식하며, 부착란을 산란하는 좁구굴치와 산란습성이 유사하였으나 서식환경 차이에 따라 수초에 산란하는 좁구굴치와 달리 돌이나 바위 아래에만 산란하는 동사리, 얼룩동사리의 산란장 부착기질에서 차이를 보였다.

좁구굴치의 산란량은 360~375개(평균 370개)로 같은 동사리과 어류인 동사리(Lee *et al.*, 2018)는 264~530개(평균 397개), 얼룩동사리(Park *et al.*, 2014)는 810~828개(평균 819개)로 평균 산란량은 좁구굴치가 가장 적었다.

어류는 알에서 부화하여 성어의 특징을 가지는 치어기 전까지 각 단계별로 종의 고유적인 형질이 발현된다. 형태가 유사한 종 사이에서도 단계별 이행시기에서 차이를 보이는 것으로 알려져 있으며(Kim *et al.*, 2011), 이러한 특징은 형태가 명확하게 확인되는 치어기 이전의 단계에서 종 동정에 유용한 형질이 된다(Kim *et al.*, 2021).

난의 크기(장경×단경)는 좁구굴치 1.23×0.85 mm로 고산천 개체(Kim and Kim, 1996) 1.2×0.9 mm와 큰 차이가 없었다. 동사리는 보성강 개체(Lee *et al.*, 2018) 5.11×2.16 mm, 왕속천 개체(Iwata *et al.*, 1988) 3.56×1.86 mm, 얼룩동사리는 소라천 개체(Park *et al.*, 2014) 4.23×1.72 mm, 갑천 개체(Choi and Na, 2000) 4.0×1.7 mm로 좁구굴치의 난 크기가 가장 작았다.

난발생 과정 동안 온도, 염분, 용존산소, 조도 등의 다양한

환경요인에 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Kim and Jang, 1994). 수온은 어종에 따라 생활사와 생태적 특성에 따른 적정 수온 범위를 가지고, 초기발생에 있어서도 난발생 및 자치어의 성장과 생존에 영향을 미치는 중요한 환경요인 중 하나이다(Yoon *et al.*, 2007; Cho *et al.*, 2015). 특히 많은 어류에서 온도가 높을수록 발생 단계별 소요시간이 단축되는 것으로 알려져 왔다(Forrester and Alderdice, 1966; Hwang *et al.*, 2005; Han and Cho, 2007). 이는 난 내 배아의 발생이 온도에 따라 대사이율이 증가함에 따라 부화시간이 빨라지는 것으로 알려져 있다(Weltzein *et al.*, 1999).

부화 소요시간은 좁구굴치 수온 20.6°C 179시간, 고산천 개체(Kim and Kim, 1996) 수온 18°C 238시간이 소요되었고(Table 1), 동사리는 보성강 개체(Lee *et al.*, 2018) 수온 19°C 428시간 6분, 왕속천 개체(Iwata *et al.*, 1988) 13일(312시간), 얼룩동사리는 소라천 개체(Park *et al.*, 2014) 수온 19.5°C 442시간 14분, 갑천 개체(Choi and Na, 2000) 수온 22°C 248시간 5분으로 좁구굴치의 부화시간이 가장 짧게 소요되었다.

보통천의 좁구굴치는 고산천 개체보다 부화시간이 짧게 소요되었는데 이는 수온에 따른 발생 단계 변화 차이로 보인다.

수정란의 크기는 부화자어의 크기와 직접적으로 비례하기 때문에 수정란이 작은 종은 부화자어의 크기도 작으며, 수정란의 크기가 크면 부화시간이 상대적으로 길어지는 결과와 밀접한 관련이 있는 것으로 사료된다(Sado and Kimura, 2002; Lee *et al.*, 2013).

부화자어 크기는 좁구굴치 전장 3.82~4.08 mm (평균 3.94 mm), 고산천 개체(Kim and Kim, 1996) 4.5 mm, 동사리는 보성강 개체(Lee *et al.*, 2018) 5.23 mm, 왕속천 개체(Iwata *et al.*, 1988) 5.25 mm, 얼룩동사리는 소라천 개체(Park *et al.*, 2014) 3.87~4.53 mm (평균 4.27 mm), 갑천 개체(Choi and Na, 2000) 5.8 mm, 발기(Voskoboinikova and Pavlov, 2006) 6.4 mm로 좁구굴치가 부화 직후 크기가 가장 작았다. 특이점으로는 같은 종이지만 고산천 개체의 경우 난경은 보통천 개체와 같았으나 전장 크기가 다소 크게 나타나 차이를 보였다. 또 부화자어의 유영 형태를 관찰한 결과 좁구굴치는 부화 직후 바닥에 가라앉지 않고 부유하는 모습을 보였고, 동사리(Lee *et al.*, 2018)와 얼룩동사리(Park *et al.*, 2014)는 부화 직후 바닥에 머물렀다가 유영하기를 반복하여 차이점을 나타냈다.

부화자어의 형태적 특징을 비교한 결과 좁구굴치는 막지느러미가 등쪽에 시작하여 항문까지 이어져 있고, 항문을 기점으로 복부에서 난황까지 막지느러미가 나누어져 있었다. 꼬리는 부채꼴로 분화하였고 흑색소포는 난황 아래쪽과 소화관에서 미병부까지 이어져 있었다. 고산천 개체(Kim and Kim, 1996)는 외형적 형태는 같았으나 흑색소포가 후두부에 4~6개 침착되어 있는 점에서 본 연구 결과와 차이를 보였다. 동사리 보성강 개체(Lee *et al.*, 2018)는 큰 난황을 갖고 있었고, 흑색소포는 눈 위쪽, 이

Table 1. Time required for embryo development stages of *Micropercops swinhoni* from Korea

Stage	References	Kim and Kim, 1996	Present study	Fig. 1**
	*W.T.	16~20°C	19~22°C	
Zygote period	Insemination	—	—	—
	Swelling	—	—	—
	Blastodisc	01:00	01:00	B
Cell cleave period	2 cells	01:30	01:30	C
	4 cells	02:50	02:00	D
	8 cells	03:20	02:30	E
	16 cells	03:40	03:30	F
	32 cells	04:30	04:30	G
	64 cells	05:50	05:30	H
Blastula period	Morula	07:30	06:30	I
	Blastula	12:00	10:30	J
Gastrula period	Early gastrula	—	14:00	K
	Middle gastrula	—	24:00	L
	Late gastrula	24:30	29:00	M
Embryonic period	Formation of embryo	29:00	31:00	N
	5~10 myotomes	32:10	36:00	O
	14~18 myotomes	42:10	56:00	P
	20~23 myotomes	156:00	123:00	Q
	25~30 myotomes	193:00	167:00	R
Hatching period	Hatching start	238:00	179:00	S
	Hatching complete	—	184:00	—

*W.T.: water temperature, **Egg development photographs (Fig. 1) of *M. swinhoni* (Present study)

포 아래쪽에 침착되어 있었으며, 동사리(Lee *et al.*, 2018)와 얼룩동사리(Park *et al.*, 2014), 발기(Voskoboinikova and Pavlov, 2006)의 부화자어는 척색말단이 휘어져 있어 줌구굴치와 형태적인 차이를 나타냈다.

후기자어 이행시기와 크기는 줌구굴치 부화 후 18일 전장 7.97~8.43 mm (평균 8.25 mm), 고산천 개체(Kim, 1996) 부화 후 16일 전장 7.1 mm, 동사리는 보성강 개체(Lee *et al.*, 2018) 부화 후 15일 5.94 mm, 왕숙천 개체(Iwata *et al.*, 1988) 부화 후 6일 5.91 mm, 얼룩동사리는 소라천 개체(Park *et al.*, 2014) 부화 직후 3.87~4.53 mm (평균 4.27 mm), 발기(Voskoboinikova and Pavlov, 2006) 부화 후 21일 8.4 mm였다.

본 연구에서는 Ji *et al.* (2020)의 후기자어 이행시기 판단 기준에 따랐으며, 후기자어 이행시기의 차이는 선행연구에서 관찰 시점에 따라 차이를 보인 것으로 판단된다. 보통천의 줌구굴치는 고산천 개체보다 후기자어 이행시기가 빠르고 크기가 커 차이를 보였다. 근연종들 가운데는 이행시기가 가장 늦었고, 크기는 가장 커 후기자어 시기에서 확인한 차이를 나타냈다.

후기자어 시기의 형태적 특징을 비교한 결과 줌구굴치는 제

2등지느러미, 뒷지느러미, 꼬리지느러미가 발달되어 있었고, 제1등지느러미와 배지느러미가 분화하기 시작하였다. 고산천 개체(Kim, 1996)는 제2등지느러미만 발달하였고, 배지느러미는 분화하기 시작하여 보통천 개체와 발달 정도에서 차이를 보였다. 동사리(Lee *et al.*, 2018)와 얼룩동사리(Park *et al.*, 2014)는 줌구굴치와 발달양상이 같았으나 제1등지느러미와 배지느러미의 분화가 진행되지 않아 차이를 보였다. 발기(Voskoboinikova and Pavlov, 2006)는 제1등지느러미와 제2등지느러미, 뒷지느러미와 꼬리지느러미가 막으로 연결되어 있는 차이점을 보여 줌구굴치는 근연종들과 후기자어 시기 형태적 특징을 구분할 수 있었다.

일반적으로 농어목 어류에서 후방의 등지느러미와 뒷지느러미의 발달은 전방의 등지느러미가 발달하기 이전에 먼저 발달하기 시작하는 것이 일반적이다(Johnson, 1984; Faustino and Power, 1999). 망둑어목의 줌구굴치는 전자에서 언급한 농어목 어류의 발달양상과 같이 제2등지느러미가 먼저 발달 후 제1등지느러미가 발달하였다. 이러한 발달양상은 근연종인 동사리(Lee *et al.*, 2018), 얼룩동사리(Park *et al.*, 2014)와 같은 망둑어

Table 2. Comparison of egg, larvae and juvenile characters in Odontobutidae fishes

Species	Fertilized egg diameter (mm)	Hatching time (*W.T.)	Newly hatched larvae mean ±SD (mm)	Postflexion larvae days/mm	Juvenile stage days/mm	Authors
<i>Micropercops swinhoni</i> (Botongcheon stream)	1.23 × 0.85	179 hr (20.6°C)	3.94 ± 0.18	18 days 8.25 ± 0.25	29 days 10.1 ± 0.59	Present study
<i>M. swinhoni</i> (Gosancheon stream)	1.2 × 0.9	238 hr (18°C)	4.5	16 days 7.1	41 days 13.5	Kim, 1996
<i>Odontobutis platycephala</i> (Boseonggang-River)	5.11 × 2.16	428 hr 6 min (19°C)	5.23	15 days 5.94	29 days 8.21	Lee et al., 2018
<i>O. platycephala</i> (Wangsukcheon stream)	3.56 × 1.86	312 hr	5.25	6 days 5.91	56 days 14.7	Iwata et al., 1988
<i>Odontobutis interrupta</i> (Soracheon stream)	4.23 × 1.72	442 hr 14 min (19.5°C)	4.27 ± 0.35	0 days 3.87~4.53	21 days 9.71 ± 0.27	Park et al., 2014
<i>O. interrupta</i> (Gapcheon stream)	4.0 × 1.7	248 hr 5 min (22°C)	5.8	—	—	Choi and Na., 2000
<i>Percottus glenii</i>	—	—	6.4	21 days 8.4	45 days 12.9	Voskoboinikova and Pavlov, 2006

*W.T. water temperature

목 망둑어과의 날개망둑 *Favonigobius gymnauchen* (Jin et al., 2021), 검정망둑 *Tridentiger obscurus* (Hwang et al., 2018) 등에서도 볼 수 있다. 좁구굴치의 제1등지느러미 발달 시기는 부화 후 23일째 전장 9.26 mm부터 줄기의 발달이 시작되었다. 근연종인 동사리는 왕숙천 개체(Iwata et al., 1988) 부화 후 16일째 전장 5.91 mm, 보성강 개체 부화 후 20일 전장 7.53 mm, 얼룩동사리 소라천 개체(Park et al., 2014) 부화 후 3일 전장 6.20 mm, 발기(Voskoboinikova and Pavlov, 2006) 부화 후 21일 8.4 mm로 비교한 근연종들 중 좁구굴치의 제1등지느러미는 가장 늦게 발달하였고, 발달 시기의 몸 크기는 가장 컸다.

치어기 이행시기와 크기는 좁구굴치 부화 후 29일 전장 9.83~10.8 mm (평균 10.1 mm), 고산천 개체(Kim, 1996)는 부화 후 41일 전장 13.5 mm, 동사리는 보성강 개체(Lee et al., 2018) 부화 후 29일 8.21 mm, 왕숙천 개체(Iwata et al., 1988) 부화 후 56일 14.7 mm, 얼룩동사리는 소라천 개체(Park et al., 2014) 부화 후 21일 9.45~9.90 mm (평균 9.71 mm), 발기(Voskoboinikova and Pavlov, 2006) 부화 후 45일 12.9 mm였다 (Table 2). 좁구굴치의 치어 이행시기는 고산천 개체와 비교했을 때 크기 및 이행시기에서 많은 차이를 보였고, 근연종들과는 동사리 보성강 개체와 동일하였고, 크기는 왕숙천 개체보다 작았으며, 얼룩동사리보다는 몸 크기가 컸다.

본 연구 결과를 종합해 보면 좁구굴치와 근연종 간의 초기생활사는 난 크기, 부화자어 크기, 부화자어 및 후기자어 형태에서 차이를 보였고, 부화 소요시간은 같은 종이라도 연구자의 사육 환경 및 수계별 친어의 성숙도에 따라 다르게 나타난 것으로 사

료된다. 후기자어 이행시기와 제1등지느러미는 근연종들 가운데 가장 늦게 발달하였고, 이때 몸 크기 또한 가장 큰 것으로 나타나 초기생활사에서 차이점을 확인할 수 있었다.

어류의 자치어 사육에 있어 로티퍼와 알테미아는 없어서는 안될 중요한 위치를 차지하고 있다(Kwon et al., 2013). 그러나 담수어 사육에서는 로티퍼 개발 전 단계인 달갈노른자를 갈아서 먹이는 방법(Kasahara et al., 1963)에서 벗어나지 못하고 종자생산 시 많은 시행착오와 어려움을 겪고 있는 것이 현실이다. 특히 우리나라에서는 인위적인 배양에 의한 먹이생물 이용은 찾아보기 힘들다(Kwon et al., 2013).

근연종인 동사리(Lee et al., 2018), 얼룩동사리(Park et al., 2014)는 자어의 첫 먹이 섭취 시 입 크기에 적합하도록 공급되는 알테미아 부화유생의 섭취가 원활하다. 반면 좁구굴치와 같이 자어의 전장이 4 mm 이하인 경우 입 크기가 작아 섭취가 어려웠다. 본 연구에서는 자연에서 채취한 담수산 로티퍼를 분리 배양 후 공급해 부화자어의 초기 생존율을 높일 수 있었으며, 전자에서 언급한 것처럼 다양한 소형 담수어류의 종 보존 및 초기생활사 연구를 위해서는 담수산 소형 먹이생물 배양 및 개발에 대한 추가적인 연구도 필요할 것으로 사료된다.

요 약

이 연구는 한강 수계 보통천에 서식하는 좁구굴치의 초기생활사를 규명하고 근연종과 유연관계를 비교하였다. 좁구굴치의

수정란은 타원형으로 평균 난경은 장경 1.23 mm, 단경 0.85 mm 였다. 수온 20.6°C에서 부화 시간은 179시간이 소요되었다. 부화자어의 크기는 전장 3.82~4.08 mm로 입과 항문이 완전히 발달하지 않았다. 후기자어기는 부화 후 18일째 전장 7.97~8.43 mm로 척색말단 끝부분이 45°로 완전히 휘어졌다. 치어기는 부화 후 29일째 전장 9.83~10.8 mm로 지느러미 줄기 수는 정수에 달하였다. 연구 결과 좁구굴치는 난 크기, 부화자어 크기, 유영형태에서 근연종과 차이를 보였다. 후기자어 이행시기와 제1 등지느러미 발달 시기는 비교한 근연종 중 가장 느렸고, 크기는 큰 특징을 보여 초기생활사에서 근연종과의 차이점을 확인할 수 있었다.

REFERENCES

- Balon, E.K. 1985. Early life histories of fishes: New developmental, ecological and evolutionary perspectives. Dr. W. Junk publisher., Dordrecht, Netherlands, 280pp.
- Blaxter, J.H.S. 1974. The early life history of fish. Spring-Verlag. Berlin, Germany, 765pp.
- Chae, B.S., H.S. Song and J.Y. Park. 2019. A field guide to the freshwater fishes of Korea. LG Evergreen Foundation, Korea, pp. 215-222.
- Cho, J.K., C.G. Hong, J.Y. Park, M.H. Son, C.K. Park and J.M. Park. 2015. Effects of water temperature and salinity on the egg development and larvae of sevenband grouper, *Epinephelus septemfasciatus*. Korean J. Ichthyol., 27: 21-25.
- Choi, S.S. and Y.U. Na. 2000. The spawning behavior and egg development of *Odontobutis interrupta* Iwata and Jeon, 1985. Korean J. Environ. Biol., 18: 323-330.
- Doi, T. and S. Aoyama. 2006. Embryonic larval and juvenile morphologies of the freshwater goby *Odontobutis hikimius* reared in an aquarium were observed and described. Japan J. Ichthyol., 53: 63-70.
- Faustino, M. and D.M. Power. 1999. Development of the pectoral, pelvic, dorsal and anal fins in cultured sea bream. J. Fish. Biol., 54: 1094-1110.
- Forrester, C.R. and D.F. Alderdice. 1966. Effects of salinity and temperature on embryonic development of the pacific cod (*Gadus macrocephalus*). J. Fish. Res. Board Can., 23: 319-340. <https://doi.org/10.1139/f66-027>.
- Froese, R. and D. Pauly. 2023. World wide web electronic publication. Retrieved from <http://www.fishbase.org>. version (16 July. 2023).
- Han, K.H. and J.K. Cho. 2007. Effect of water temperature on the embryonic development of panther puffer, *Takifugu pardalis*. J. Aquaculture, 20: 265-269.
- Han, M.S., K.S. Choi and M.H. Ko. 2020. Has the restoration project of *Pseudopungtungia tenuicarpa* (Pisces: Cyprinidae) in the Jojongcheon Stream, Hangang River failed. Korean J. Ichthyol., 32: 182-190.
- Hong, Y.K., H. Yang and I.C. Bang. 2021. The spawning behaviour of the endangered freshwater fish *Koreocobitis naktongensis* (Cypriniformes: Cobitidae) under artificial conditions. Korean J. Ichthyol., 33: 15-21.
- Hwang, H.K., J.U. Lee, S.G. Yang, S.C. Kim and K.M. Kim. 2005. Water temperature and food on growth and survival of parrot fish larvae, *Oplegnathus fasciatus*. J. Aquaculture, 18: 13-18.
- Hwang, S.Y., J.M. Park, S.H. Lee and K.H. Han. 2018. Osteological development of the larvae and juvenile of trident goby, *Tridentiger obscurus*. Dev. Reprod., 22: 205-212.
- Iwata, A., S.R. Jeon, N. Mizuno and K.C. Choi. 1985. A revision of the eleotrid goby genus *Odontobutis* in Japan, Korea and China. Japan J. Ichthyol., 31: 373-388.
- Iwata, A., S.R. Jeon, N. Mizuno and K.C. Choi. 1988. Larval development of a gobiid fish, *Odontobutis obscura obscura* in comparison with that of *O. interrupta* and of *O. platycephala*. Japan J. Ichthyol., 35: 371-381.
- Ji, H.S., H.J. Yoo, J.K. Kim, D.N. Kim, S.T. Kim, J.N. Kim, H.J. Kim, S.Y. Moon, D.H. Shin, T.Y. Oh, J.T. Yoo, E.A. Yoon, S.K. Lee, H.W. Lee, H.B. Lee, Y.J. Im, J.M. Jeong, J.H. Choi and K.S. Hwang. 2020. Fish eggs, larvae and juveniles of Korea. Hangeul Graphics, Busan, Korea, 442pp.
- Jin, D.S., J.M. Park, J.J. Beak and K.H. Han. 2021. Osteological development of the larvae and juvenile of *Favonigobius gymnauchen* (Pisces: Gobiidae). Dev. Reprod., 25: 33-41.
- Johnson, G.D. 1984. Percoidei: development and relationship. In: Moser, H.G., W.J. Richards, D.M. Cohen, M.P. Fahay, A.W. Kendall, S.L. Richardson (eds.), Ontogeny and systematics of fishes. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, special publication no 1, Allen Lawrence KS, pp. 464-498.
- Kasahara, S., Y. Nimura and N. Nakamura. 1963. On the food to raise the newly hatched larvae of Ayu, *Plecoglossus altivelis*. The Aquaculture, 11: 67-72.
- Kim, B.J. 1996. The binomics and life history of the freshwater eleotrid fish, *Hypseleotris swinhonis* (Gunther). M. Sc. Dep. Biol. Chonbuk Nat. Univ., Jeonju, Korea, pp. 38-48.
- Kim, I.S. and B.J. Kim. 1996. *Hypseleotris swinhonis* of reproductive habit and early egg development. Korean J. Ecos., 19: 477-486.
- Kim, J.K., J.H. Ryu, S. Kim, D.W. Lee, K.H. Choi, T.Y. Oh, K.S. Hwang, J.N. Kim, H.J. Kwun, H.S. Ji and J.N. Oh. 2011. An identification guide for fish eggs, larvae and juveniles of Korea. Hangeul graphics, Busan, Korea, pp. 6-19.
- Kim, K.M., Y.H. Kawk, S.Y. Kim and H.Y. Song. 2021. Morphological development of egg and larvae of *Squalidus japonicus coreanus*. Korean J. Ichthyol., 33: 252-261.
- Kim, S. and C.I. Jang. 1994. Fish ecology. Seoul Press, Seoul, Korea, pp. 59-161.
- Ko, M.H., S.Y. Park, I.R. Lee and I.C. Bang. 2011. Egg development and early life history of the endangered species *Gobiobotia brevibarba* (Pisces: Cyprinidae). Korean J. Limnol., 44: 136-143.

- Kwon, O.N., K.Y. Park and H.G. Park. 2013. The rotifer *Brachionus calyciflorus* and water flea *Moina macrocopaas* alternative foods for production of the fighting fish *Betta splendens*. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 46: 393-398.
- Lee, J.Y., S.I. Jang and W.O. Lee. 1998. Studies on early life history of the Korean Mandarin Fish, *Siniperca scherzeri* (Perciformes, Centropomidae). Korean J. Ichthyol., 10: 1-10.
- Lee, S.H., T.S. Lee, J. Lee, D.S. Hwang and K.H. Han. 2018. Egg development and morphology of larvae and juvenile of *Odontobutis platycephala* from Korea. Bull. Fish. Sci. Inst. Chonnam Nat'l Univ., 26: 43-48.
- Lee, W.K. 1998. Annual reproductive cycle and changes in plasma levels of sex steroid hormones of the female Korean dark sleeper, *Odontobutis platycephala* (Iwata et Jeon). J. Korean Fish. Soc., 31: 599-607.
- Lee, W.K. and S.W. Yang. 1998. Testicular development and serum levels of gonadal steroids hormone during the annual reproductive cycle of the male Korean dark sleeper, *Odontobutis platycephala* (Iwata et Jeon). J. Aquaculture, 11: 475-485.
- Lee, W.O., K.H. Kim, D.H. Kim, Y.C. Cho and E.O. Kim. 2004. Study of morphological characteristics and early life history of long snout bullhead, *Leiocassis longirostris* of introduced fish from China. Korean J. Ichthyol., 16: 42-50.
- Lee, W.O., K.H. Kim, J.M. Back and M.Y. Song. 2013. Egg development and early life history of *Zacco koreanus*. Korean J. Ichthyol., 25: 200-207.
- Mashiko, K. 1976. Reproductive behavior of an eleotrid goby *Odontobutis obscurus* in aquaria. Japan J. Ichthyol., 23: 69-78.
- Nelson, J.S., T.C. Grande and M.V.H. Wilson. 2016. Fishes of the World (Fifth edition). John Wiley & Sons, Hoboken, U.S.A., 328pp.
- Park, J.M., J.H. Han, S.M. Yun and K.H. Han. 2017. Early osteological development of larvae and juveniles in the Korean spotted sleeper *Odontobutis interrupta* from Korea. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 50: 396-405.
- Park, J.M., K.H. Han, N.R. Kim, D.J. Yoo, S.M. Yun and J.H. Han. 2014. Egg development and early life history of Korean endemic species Korean spotted sleeper, *Odontobutis interrupta* (Pisces: Odontobutidae). Dev. Reprod., 18: 259-266.
- Sado, T. and S. Kimura. 2002. Descriptive morphology of the eggs, larvae, and juveniles of two cyprinid fishes belonging to the *Zacco temminckii* species' group. Ichthyol. Res., 49: 245-252.
- Sakai, H., Y. Tanaka, H. Tsujii, A. Iwata and I. Ikeda. 1999. Distribution pattern of two genetically different groups of *Odontobutis obscura* in Takatsu river and its vicinity. Japan J. Ichthyol., 46: 109-114.
- Sakai, H., A. Iwata and S.R. Jeon. 1993. Genetic evidence supporting the existence of three distinct species in the genus *Odontobutis* (Gobiidae) from Japan and Korea. Japan J. Ichthyol., 40: 61-64.
- Song, H.B. and S.S. Choi. 2000. Reproductive ecology and early life history of paradise fish, *Macropodus chinensis* (Pisces; Belontiidae) in Aquarium. Korean J. Limnol., 33: 282-294.
- Song, H.Y., H. Yang, E.M. Jo, H.C. Sin and I.C. Bang. 2009. Morphological development of egg and larvae of *Koreocobitis nakdongensis* (Cobitidae). Korean J. Ichthyol., 21: 247-252.
- Song, H.Y., W.J. Kim, W.O. Lee and I.C. Bang. 2008. Morphological development of egg and larvae of *Iksookimia choii* (Cobitidae). Korean J. Limnol., 41: 104-110.
- Souza-Shibatta, L., D.G. Ferreira, L.D. Assumpcao, O.A. Shibatta, S.H. Sofia, S.F.R. Pini, P.S.D. Silva, S. Makrakis and M.C. Makrakis. 2022. Genetic diversity of the Surubim-DoIguacu, a giant catfish species threatened with extinction: recommendations for species conservation. Diversity, 14: 16.
- Voskoboinikova, O.S. and D.A. Pavlov. 2006. Larval development of the Amur sleeper *Perccottus glenii* (Perciformes, Gobioidae, Odontobutidae) and the origin of fish of the suborder Gobioidae. J. Ichthyol., 46: 826-841.
- Weltzien, F.A., M. Planas and H.J. Fyhn. 1999. Temperature dependency of early growth of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) and its implications for developmental progress. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 242: 201-210.
- Yoon, S.J., D.H. Kim, H.G. Hwang, G.C. Song and Y.C. Kim. 2007. Effects of water temperature, stocking density and feeding frequency on survival and growth in the oblong rockfish *Sebastes oblongus* larvae. Korean J. Ichthyol., 19: 1-7.