

# 한국산 참마자(*Hemibarbus longirostris*) (Cypriniformes : Cyprinidae)의 난 발생 및 자치어 형태 발달

문성준 · 박재민<sup>1</sup> · 한경호<sup>2\*</sup>

경상북도청 해양수산과, <sup>1</sup>경상북도 토속어류산업화센터, <sup>2</sup>전남대학교 해양기술학부

## Morphological Development of Eggs, Larvae and Juveniles of the *Hemibarbus longirostris* (Cypriniformes : Cyprinidae) from Korea

Seong Jun Mun, Jae Min Park<sup>1</sup> and Kyeong Ho Han<sup>2\*</sup>

Gyeongsangbuk-Do Provincial Government, Pohang 37687, Korea

<sup>1</sup>Gyeongsangbuk-Do Native Fish Business Center, Uiseong 37366, Korea

<sup>2</sup>Marine Technology Undergraduate, Chonnam National University, Yeosu 59626, Korea

This study was carried out to clarify the larvae and juveniles of egg development and autonomous development of *Hemibarbus longirostris* from Korea, and to obtain basic data for species conservation and seed production. The shape of the egg was circular and sticky. The average size of the eggs was 2.01 mm (n=10). At 185 hours after fertilization, more than 50% of the total embryos were hatched. The newly hatched larvae had an average total length of 8.10 mm (n=5) and had egg yolk in the abdomen. At 3 days after hatching, the larvae absorbed all egg yolk was average total length 8.64 mm. On the 6 days after hatching, the caudal tip of the notochord started to curve upwards was average total length 10.9 mm. At 70 days after hatching, the average total length 37.9 mm. The number of fins was i 8-10 in dorsal fin, iii 7 in the anal fin, and ii 5 in the ventral fin.

Keywords: Egg development, Gobioninae, juvenile, larvae, *Hemibarbus longirostris*

### 서 론

어류의 초기생활사 연구는 종의 이해와 함께 다양한 분류학, 생태학 지식 등을 얻을 수 있으며, 자원의 보존 및 보호와 증식 등에 다각도로 이용할 수 있다. 또한 산란시기, 수온, 산란장소의 물리학적 조건, 생식행동 및 산란수 등 종의 특징과 습성을 파악할 수 있으며, 난의 특성, 발생, 자치어 및 미성어기 등 성장 과정을 거치면서 종의 고유형질과 발달과정 및 성장도 등 많은 정보를 제공한다(Song and Choi, 2000). 모래무지아과(Gobioninae) 어류는 잉어목(Cypriniformes) 잉어과(Cyprinidae)에 속하며, 유라시아에는 11속이 보고되었고(Nelson et al., 2016), 이 가운데 누치속(*Hemibarbus*) 어류는 전 세계적으로 20종이 있는 것으로 알려져 있다(Froese and Pauly, 2019). 우리나라에 서식하는 누치속 어류는 참마자(*Hemibarbus longirostris*)를 비롯한 누치(*H. labeo*) 및 어름치(*H. mylodon*) 등 3종이 서식하고

있으며, 이중 참마자는 서해와 남해를 흐르는 하천과 중국, 일본 등에도 서식한다(Kim et al., 2005). 우리나라에서는 잡어 매운탕의 식재료로 많이 활용되고 있으며, 활어가격 kg당 20,000원 정도로 거래되고 있는 식용 어류이다.

참마자는 입 주변에 1쌍의 수염을 갖고 있으며, 말굽모양의 입이 아래쪽으로 향해있어 바닥에 있는 먹이를 잘 섭식할 수 있도록 발달되어 있는 것이 특징이다(Kim, 1997; Kim and Park, 2007). 하천에서는 같은 속 어류인 누치와 함께 서식하는 것이 관찰되는데 이들은 유어시기에 체형이 유사하여 육안으로 구분하기 어려우며, 미성어기에 달하면 체측 가운데를 따라 이어진 작은 반점 유무로 누치와 구분할 수 있다.

참마자에 대한 연구로는 난막 미세구조(Kim et al., 2001), 수정체와 망막조직 비교연구(Lim et al., 2002) 등이 연구되었고, 누치속 어류에 대한 연구는 두부골격 형태(Lee and Kim, 2002), 세포유전학적 연구(Bang et al., 2008), 위내용물 분석

\*Corresponding author: Tel: +82. 61. 659. 7163 Fax: +82. 61. 659. 7169

E-mail address: aqua05@jnu.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.2020.0203>

Korean J Fish Aquat Sci 53(2), 203-208, April 2020

Received 6 February 2020; Revised 9 March 2020; Accepted 10 April 2020

저자 직위: 문성준(사무관), 박재민(연구사), 한경호(교수)

(Choi et al., 2016) 및 어름치의 난 발생과 초기생활사(Ko et al., 2017)가 연구되었다. 참마자의 초기생활사 연구는 Uchida (1939)에 의해 부화자어 형태가 기록되었으나 자세한 관찰내용이 부족해 추가적인 연구가 필요한 실정이다.

따라서 이 연구에서는 자치어 시기에 나타나는 특징을 관찰하여 누치속 어류의 자치어와 분류학적 특성을 밝히고, 향후 경제적 가치가 있는 내수면 양식 산업의 새로운 품종으로 개발하기 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 친어확보 및 인공채란

연구에 사용된 친어는 2016년 4월 경북 의성군에 위치한 낙동강 지류하천인 위천에서 족대를 이용해 포획 후 연구실로 운반하였다. 친어는 PVC재질의 원형수조(Ø 2 m)에 수용하였고, 성숙한 암, 수를 선별 후 구분하였다. 사육수온은 18-20°C (평균 19°C)를 유지하였고, 선별한 암, 수는 인공수정을 위해 포획 2일 후 마취제(MS-222, Ethyl 3-aminobenzoate methanesulfonate, Sigma Aldrich Co., St. Louis, USA)를 사용하여 마취

후 물기가 없는 마른 용기에 암컷을 복부압박법으로 채란하였고, 수컷은 마이크로피펫으로 정액을 채취하여 멸균 생리식염수(0.9% NaCl)에 희석 후 인공수정 하였다.

### 난발생 및 자치어 형태발달

수정란은 유수식 부화장치를 이용해 산소공급을 해주었고, 폐사한 난은 제거하였으며, 수온은 친어사육 수온과 동일하게 유지해주었다. 난발생 과정은 수정란 10개를 무작위로 선택하여 실체현미경(JP SMZ800, Nikon, Tokyo, Japan)으로 관찰 후 스케치하였으며, 난의 크기는 만능투영기(JP V-12BM, Nikon, Tokyo, Japan)를 사용해 0.01 mm까지 측정하였다. 부화된 자어는 사육수조(1 × 1 × 1 m)로 옮겨 관리하였고, 먹이는 난황흡수 후부터 부화 후 25일까지 알테미아(*Artemia* sp. nauplius) 부화 유생을 공급하였으며, 이후부터는 초기 미립자사료(300 µm, Jeilfeed, Daejeon, Korea)를 혼합 공급하였다. 자치어 형태 관찰은 부화 직후부터 5마리씩 선택하여 실체현미경으로 관찰 후 스케치하였고, 크기는 만능투영기로 0.01 mm까지 측정하였다. 자치어의 발달단계별 기준은 Kim et al. (2011)에 따랐다.

Table 1. Eggs development of *Hemibarbus longirostris* at water temperature 19.0±1.0°C

Stage	Elapsed time	Characters	Fig. 1
<b>Zygote period</b>			
Fertilization	0 h 00 min	The egg absorbs water	A
<b>Cell cleave period</b>			
Blastodisc	1 h 00 min	Blastodisc is formed	B
Two cell	2 h 00 min	2-1 array of blastomeres	C
Four cell	2 h 30 min	2-2 array of blastomeres	D
Eight cell	3 h 00 min	2-4 array of blastomeres	E
Sixteen cell	3 h 30 min	4-4 array of blastomeres	F
Thirty-two cell	4 h 00 min	4-8 array of blastomeres	G
Sixty-four cell	4 h 30 min	8-8 array of blastomeres	H
Morula	5 h 00 min	The size of the blastomere is getting smaller	I
Blastula	7 h 30 min	The surface of the blastomere coincides with the egg yolk	J
Gastrulation 1/3	12 h 00 min	Covered 1/3 of egg yolk	K
Gastrulation 2/3	21 h 00 min	Covered 2/3 of egg yolk	L
<b>Embryonic period</b>			
	31 h 30 min	Development of embryo	M
	26 h 00 min	Development of 4 myotomes	N
	30 h 00 min	Appearance of optic vesicle	O
	35 h 00 min	Appearance of otocyst and long tail	P
<b>Embryo just before hatching</b>			
	65 h 00 min	Development of melanophore in eyes	Q
	97 h 00 min	The movement becomes active	
<b>Hatching period</b>			
	175 h 00 min	There was not movement of hatching larvae	R
	185 h 00 min	Hatching rate 50%	

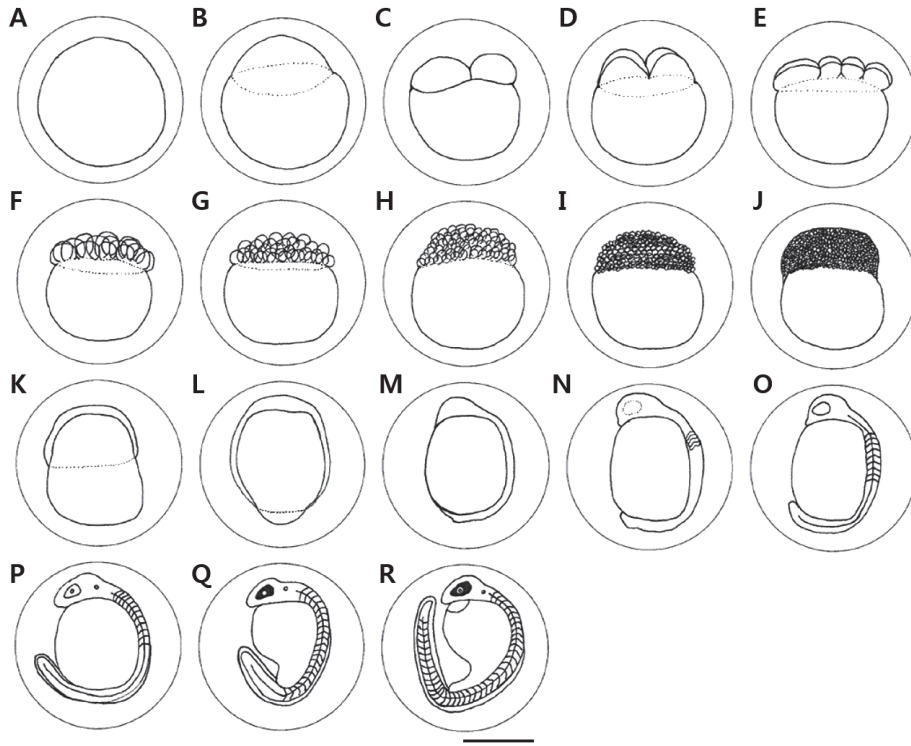


Fig. 1. Eggs development of *Hemibarbus longirostris*. Scale bar=1.00 mm. Time required for each development stage is shown in Table 1.

**결 과**

**난의 형태 및 크기**

채란에 사용된 친어는 암컷 전장 15.2-17.0 cm (평균  $16.2 \pm 0.76$ ,  $n=10$ )였고, 수컷 전장 17.8-19.0 cm (평균  $18.2 \pm 0.52$ ,  $n=5$ )였으며, 체중은 암컷 40-45 g (평균  $42.5 \pm 2.08$ ,  $n=10$ ), 수컷 78-81 g (평균  $79.5 \pm 1.29$ ,  $n=5$ )이었다. 친어로부터 채란된 알의 개수는 1,500-2,000개(평균  $1,750 \pm 250$ ,  $n=10$ )정도였고, 건식법으로 인공수정 후 관리하였다. 난의 형태는 원형으로 불투명하였으며, 약간의 점착성을 가지고 있었다. 물에 가라앉는 성질을 가진 침성란으로 크기는 1.81-2.22 mm (평균  $2.01 \pm 0.18$ ,  $n=10$ )였다.

**난발생 과정**

참마자의 난발생 과정은 Fig. 1, Table 1과 같았다. 난은 수정 직후부터 물을 흡수하기 시작하였고, 수정 후 10분에는 난황의 표면에 난막이 형성되었다(Fig. 1A). 수정 후 1시간에는 동물극 쪽으로 배반이 형성되었고(Fig. 1B), 수정 후 2시간에는 배반에 형성된 난황이 같은 크기로 나누어지면서 2세포기에 달하였으며(Fig. 1C), 수정 후 2시간 30분에는 같은 크기의 난황이 다시 4개로 나누어지면서 4세포기에 달하였다(Fig. 1D). 수정 후 3시간에는 앞서 같은 방식으로 난황이 나누어지면서 8세포

기에 달하였고(Fig. 1E), 수정 후 3시간 30분에는 16세포기에 달하였으며(Fig. 1F), 수정 후 4시간에는 32세포기에 달하였다(Fig. 1G). 수정 후 4시간 30분에는 난황의 수가 증가하면서 64세포기에 달하였고(Fig. 1H), 분열은 계속 일어나 수정 후 5시간에는 난황의 수를 셀 수 없을 정도로 증가해 상실기에 달하였으며(Fig. 1I), 수정 후 7시간 30분에는 배반이 식물극을 덮으면서 포배기에 달하였다(Fig. 1J). 수정 후 12시간에는 배반이 난황의 식물극을 덮어 내려오면서 초기 낭배기에 달하였고(Fig. 1K), 수정 후 21시간에는 난황의 2/3이상을 덮어 내려오면서 말기 낭배기에 달하였다(Fig. 1L). 수정 후 23시간 30분에는 원구가 폐쇄되면서 난황의 가장자리에는 배체가 형성되기 시작하였고(Fig. 1M), 수정 후 26시간에는 배체에 4개의 근절이 형성되었다(Fig. 1N). 수정 후 30시간에는 머리 부분에 안포가 형성되었고, 꼬리가 발달하기 시작하였다(Fig. 1O). 수정 후 35시간에는 꼬리의 끝이 길어졌고, 머리 부분에는 이포가 형성되었으며(Fig. 1P), 수정 후 40시간에는 배체의 움직임이 관찰되었다. 수정 후 65시간에는 눈에 검은색의 흑색소포가 침착하였고(Fig. 1Q), 수정 후 97시간 30분에는 꼬리가 난황으로부터 분리되면서 움직임이 더욱 활발해졌으며, 눈에는 렌즈가 분화하였다. 수정 후 175시간에는 배체가 난막을 뚫고 나오면서 부화가 시작되었고(Fig. 1R), 수정 후 185시간에는 전체 수정란의 50% 이상 부화가 완료되었다.

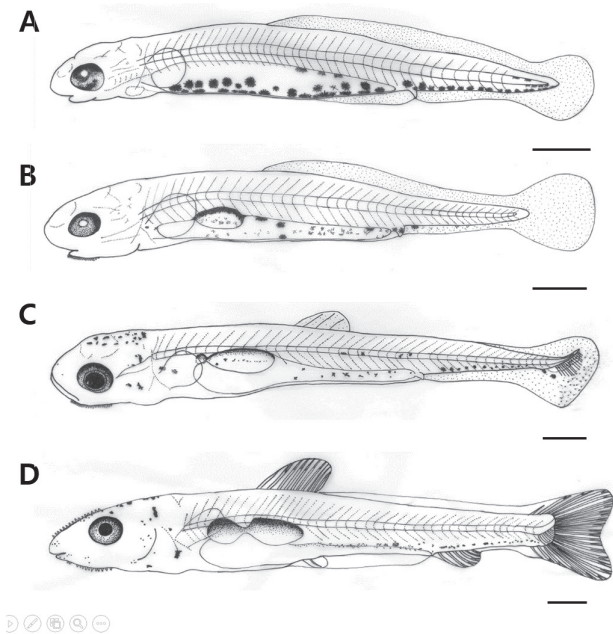


Fig. 2. Morphological development of yolk-sac larvae and pre-flexion and flexion larvae of *Hemibarbus longirostris*. A, Newly hatched yolk-sac larvae, mean 8.10 mm; B, 3 days after hatching (dAH), mean 8.64 mm TL (total length); C, 6 dAH, mean 10.9 mm TL; D, 12 dAH, mean 12.2 mm TL. TL, total length. Scale bars=1.00 mm.

### 자치어 형태발달

부화 직후의 난황자어는 전장 8.08-8.14 mm (평균 8.10 ± 0.02, n=5)로 입과 항문이 형성되어 있었으나 완전히 열리지 않은 상태였고, 복부에는 난황을 가지고 있었으며, 유영능력은 없었다. 눈에는 흑색소포가 짙게 착색되어 있었고, 나뭇가지 모양의 흑색소포는 몸 중앙의 척색을 따라 흩어져 있었으며, 난황의 아래쪽과 미병부에 침착되어 있었다. 원형의 가슴지느러미는 막으로 되어 있었고, 배지느러미와 뒷지느러미가 항문을 기준으로 분리되어 있었다. 막지느러미는 몸 전체의 중앙부분에서부터 부채꼴 형태의 꼬리지느러미를 따라 항문까지 이어져 있었으며, 이 시기의 근절 수는 40개였다(Fig. 2A).

부화 후 3일째 전기자어는 전장 8.59-8.69 mm (평균 8.64 ± 0.04, n=5)로 난황이 대부분 흡수 되었고, 입과 항문이 완전히 열리면서 먹이섭취를 시작하였다. 아래턱 주변에는 다수의 작은 돌기가 관찰되었고, 복부에는 타원형의 부레가 발달하면서 유영하는 것이 관찰되었다. 막으로 된 꼬리지느러미는 분화하기 시작하였고, 배지느러미와 뒷지느러미의 길이가 난황자어 시기에 비해 짧아졌다. 복부에 침착되었던 나뭇가지 모양의 흑색소포는 크기가 점차 작아졌고, 부레 상단부에는 짙게 침착되었다(Fig. 2B).

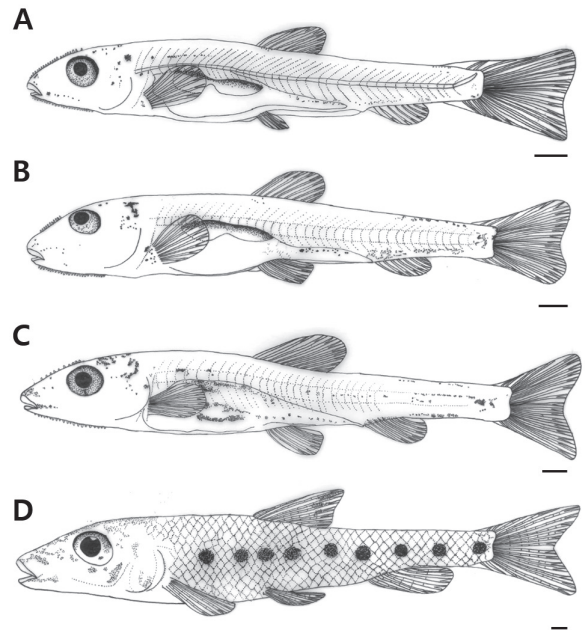


Fig. 3. Morphological development of postflexion larvae and juveniles of *Hemibarbus longirostris*. A, 19 dAH, mean 14.1 mm TL; B, 25 dAH, mean 16.1 mm TL; C, 32 dAH, mean 19.0 mm TL; D, 70 dAH, mean 37.9 mm TL. TL, total length. Scale bars=1.00 mm.

부화 후 6일째 중기자어는 전장 10.7-11.3 mm (평균 10.9 ± 0.26, n=5)로 등지느러미는 분화되어 꼬리지느러미와 분리되기 시작하였고, 3개의 기초가 형성되었다. 꼬리 쪽 척색 말단은 45°로 휘어졌고, 꼬리지느러미에는 14개의 기초가 형성되었다. 아래턱에 형성되었던 돌기는 그 수가 더욱 증가하였고, 눈에 침착된 색소포는 더욱 짙어졌으며, 두부 상단에 흑색소포가 침착되기 시작하였다. 타원형의 부레는 두 갈래로 나누어져 발달하였고, 새롭게 발달한 부레의 위쪽에도 흑색소포가 침착하였다(Fig. 2C).

부화 후 12일째 후기자어는 전장 11.5-12.8 mm (평균 12.2 ± 0.55, n=5)로 아래턱에 형성되었던 돌기는 주둥이 위쪽에도 형성되었고, 자어의 유영능력은 활발해졌으며, 다른 개체들과 무리지어 유영하였다. 각 부위별 지느러미의 기초 수는 등지느러미 10개, 뒷지느러미 6개로 증가하였고, 배지느러미는 막으로 된 부분의 위쪽에 1개의 기초가 형성되었으며, 꼬리지느러미는 22개로 증가하였다. 꼬리지느러미는 계속 분화하여 가운데 홈이 생기면서 두 갈래로 나누어졌다(Fig. 2D).

부화 후 19일째 후기자어는 전장 13.9-14.4 mm (평균 14.1 ± 0.21, n=5) mm로 주둥이 위쪽에 형성되었던 돌기의 수는 증가하였고, 막으로 되어있던 가슴지느러미에 기초가 형성되었다. 막으로 연결된 등지느러미와 꼬리지느러미는 완전히 분리되었고, 배지느러미, 뒷지느러미, 꼬리지느러미에서도 완전히 분리되었다. 각 부위별 지느러미 기초 수는 등지느러미 11



개, 뒷지느러미 8개, 배지느러미 7개, 꼬리지느러미 26개로 증가하면서 기초 수가 정수에 달하였다(Fig. 3A).

부화 후 25일째 치어는 전장 16.5-15.9 mm (평균  $16.1 \pm 0.27$ ,  $n=5$ )로 배 부분에 있던 막지느러미는 완전히 사라졌고, 꼬리지느러미의 기초 수가 30개로 증가하였으며, 주둥이와 머리 윗부분에 형성된 돌기의 수는 줄어들었다(Fig. 3B).

부화 후 32일째 치어는 전장 18.7-19.3 mm (평균  $19.0 \pm 0.25$ ,  $n=5$ )로 아래턱에 형성되었던 돌기의 수는 점차 줄어들었고, 부레 위쪽에 침착되었던 흑색소포는 소실되었으며, 복부 아래에는 반점 모양의 흑색소포가 침착되었다. 꼬리지느러미는 완전한 정미 형태로 발달하였고, 기초 수는 38개로 증가하였다(Fig. 3C).

부화 후 70일째 치어는 전장 37.6-38.2 mm (평균  $37.9 \pm 0.25$ ,  $n=5$ )로 머리 아래와 윗부분에 형성되었던 돌기는 모두 사라졌고, 입 주변에는 한 쌍의 수염이 형성되었다. 몸에는 중앙을 따라 원형으로 9-10개의 흑색소포가 침착하였고, 몸 전체에는 비늘이 형성되었다. 각 부위별 지느러미 기초 수는 등지느러미 i8-10개, 뒷지느러미 iii7개, 배지느러미 ii5개였다(Fig. 3D).

## 고 찰

참마자의 수정란은 원형의 형태로 불투명한 회색을 띠었고, 약간의 점착성을 가지고 있었으나 쉽게 분리 되었으며, 바닥에 가라앉는 침성란이었다. 같은 모래무지아과 어류인 어름치(Ko et al., 2017)의 난은 형태와 색깔이 참마자와 같았으나 난끼리 쉽게 부착되어 난괴를 형성해 차이를 보였다. 이러한 차이는 산란행동에서 나타나는 것으로 추측할 수 있으며, 참마자는 누치와 동일하게 모래와 자갈 바닥에 포도송이 모양의 알을 붙이는 것으로 알려져 있고(Uchida, 1939; Kim, 1997; He et al., 1999), 어름치는 자갈에 산란 후 산란탕을 쌓아 그 속에서 난괴를 서로 형성해 산란장 밖으로 유실을 막기 위한 기능적 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Ko et al., 2017). 모래무지아과 어류의 산란행동은 다양한 습성과 방법으로 분류되고 있으며, 이러한 결과는 생태학적 연구 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

수정란의 크기는 1.81-2.22 mm (평균  $2.01 \pm 0.18$ ,  $n=10$ )로 Uchida (1939)는 1.5-1.8 mm로 기록하여 작거나 유사한 결과를 보였다. 누치(He et al., 1999)는 1.6-1.9 mm, 어름치(Ko et al., 2017)는 2.1-2.4 mm로 참마자의 수정란 크기는 누치와 어름치 중간 범위를 나타냈다.

참마자 수정란의 부화시간은 수온  $19.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 에서 185시간(50%)이 소요되었고, 어름치(Ko et al., 2017)는 수온  $20.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 에서 78시간(50%)이 소요되어 참마자와 어름치는 평균수온  $1^\circ\text{C}$  차이를 보였으나 어름치가 보다 빠른 부화시간을 보였다.

부화 직후 참마자의 자어크기는 평균전장 8.10 mm였고, Uchida (1939)는 5.6 mm로 기록하여 차이를 보였다. 누치(He

et al., 1999)는 평균 6.62 mm, 압록강 누치(Yang et al., 2014) 평균 7.92 mm, 어름치(Ko et al., 2017)는 평균 6.7 mm로 보다 큰 편이었다. 참마자의 부화자어 형태를 비교해보면 Uchida (1939)의 기록에서 부화 후 2일째 자어가 전장 7.8 mm로 형태와 크기가 본 연구의 부화자어와 유사하였으며, 부화 직후 자어는 난황의 크기가 크고 흑색소포의 침착이 대부분 없는 것에 반해 본 연구에서는 난황의 흡수와 흑색소포의 침착이 일부 진행된 것으로 보아 Uchida (1939)의 부화 직후 자어는 본 연구보다 빨리 부화한 것으로 추측된다. 이러한 부화형태는 수온, 수질변화 등 사육환경에서 미치는 영향에 따라 달라질 수 있을 것으로 생각된다. 본 연구에서 확인된 바와 같이 부화시기가 늦어진 것을 추정하기 위해서는 향후 수정란의 사육환경과 수온별 부화 실험 등 다양한 연구를 통해 확인할 필요가 있을 것으로 보인다.

유사종인 누치(Yang et al., 2014)의 부화자어와 형태를 비교해보면 입과 항문이 열려있지 않았고, 난황을 가지고 있었으며, 눈을 제외한 흑색소포의 침착은 관찰되지 않았다. 반면 참마자는 난황의 아래쪽에서부터 꼬리 쪽 미병부까지 나뭇가지 모양의 흑색소포가 침착되어 있어 누치의 부화자어와 형태적 차이를 나타냈다. 또 부화 후 2일째 누치의 난황자어는 아가미 옆쪽에 작은 돌기가 형성되기 시작하여 부화 후 3일째에는 아래턱까지 다수의 돌기가 형성되었다. 이 돌기는 부화 후 43일째까지 관찰되었고, 치어기 이후 소실되는 것으로 보인다. 참마자는 부화 후 3일째 아래턱에 작은 돌기가 형성되었고, 부화 후 12일째에는 머리 윗부분까지 형성되는 것이 관찰되었다. 이후 부화 후 32일째까지 관찰되었고, 치어기로 이행하면서 부화 후 70일째에는 소실된 것을 관찰하였다.

후기자어로 이행하는 시기는 부화 후 12일째 평균전장 12.2 mm일 때였고, Uchida (1939)는 부화 후 5일째 전장 7.5 mm일 때 이행하여 시기와 크기에서 차이를 보였다. Uchida (1939)가 기록한 후기자어의 형태를 연구결과와 비교해보면 등지느러미와 뒷지느러미, 꼬리지느러미에 기초가 발달되었고, 머리 상단 부분과 미병부 쪽에 흑색소포가 침착되어 있는 점이 동일하여 큰 차이를 보이지 않았으며, 시기와 전장 크기에서 차이를 보인 것은 수온, 먹이 등 사육환경에 따른 차이로 판단된다. 같은 속 어류인 어름치(Ko et al., 2017)는 부화 후 14일 평균전장 13.5 mm일 때 이행하여 참마자보다 늦게 이행하였고, 누치(Yang et al., 2014)는 부화 후 9일째 평균 10.2 mm일 때 이행하여 유사종 가운데 가장 빠른 시기에 이행하였다.

같은 속 어류인 누치(Yang et al., 2014)와 후기자어의 형태적 특징을 비교한 결과 막으로 되어 있던 등지느러미는 분리되기 시작하였고, 등과 꼬리지느러미에 기초가 발달하기 시작하였으며, 1개로 이루어졌던 부레는 두 갈래로 나누어지면서 발달하였다. 꼬리지느러미 끝은 부채꼴 모양에 가까웠다. 참마자의 후기자어는 누치와 마찬가지로 등지느러미가 분리되기 시작하였고, 부레의 형태 또한 동일한 발달양상을 보였다. 꼬리지느러미 끝은 V형태로 가운데가 패인 형태로 발달하였다. 이들의 후

기자어는 이행시기, 크기가 유사하여 형태적 구분이 어려울 것으로 판단되나 후기자어 이행직후 꼬리지느러미 끝의 V형태 발달 차이로 구분할 수 있을 것으로 보인다.

치어기로 이행하는 시기는 부화 후 19일째 평균전장 14.1 mm 일 때 이행하였고, 같은 속 어류인 어름치(Ko et al., 2017)는 부화 후 21일째 평균 14.8 mm일 때 이행하여 시기와 전장의 크기가 유사하였다. 누치(Yang et al., 2014)는 부화 후 32일째 평균 24.2 mm일 때 치어기로 이행하여 같은 속 어류 가운데 가장 늦게 이행하였다.

참마자 치어는 몸의 측면을 따라 원형으로 된 6-9개의 반점이 형성되었고, 미성어로 성장하면서 사라지게 되며, 등과 꼬리지느러미, 비늘에는 흑색소포가 흩어져 침착된다. 유사 종인 누치(Yang et al., 2014)는 부화 후 43일째 치어에서 반점이 형성되지 않았고, 미성어로 성장하면서 몸의 측면에 10-12개 정도의 반점이 형성된다. 누치는 참마자와 지느러미 및 비늘의 흑색소포 침착 형태가 달라 두 종을 형태적으로 구별할 수 있었다. 누치는 성어로 성장하면서 몸의 측면에 형성된 반점은 모두 사라지며, 참마자는 비늘의 배열을 따라 작은 원형의 검은색 반점이 형성되어 성어의 외부형태는 완전한 차이를 보인다.

연구결과를 종합해보면 참마자의 난 크기는 누치와 어름치의 중간범위를 나타내면서 누치에 비해 크거나 같았고, 어름치에 비해 작거나 같았다. 부화 소요시간은 어름치가 비교 중 가운데 가장 빨랐고, 참마자는 누치에 비해 부화 소요시간이 짧았다. 누치는 미성어기로 성장하면서 몸의 측면을 따라 반점모양의 흑색소포가 형성되었다가 성어가 되면서 사라지는 반면 참마자는 치어기에 형성되었다가 미성어기로 성장할 때 대부분 사라지는 것이 확인되면서 유어시기에 두 종간의 형태적 구분이 가능하였다.

## References

- Bang IC, Lee YA and Lee WO. 2008. Cytogenetic analysis of three *Hemibarbus* species (Cypriniformes) from Korea. *J Aquaculture* 21, 259-264.
- Choi HC, Park JM, Baek GW and Huh SH. 2016. The summer diet of a juvenile barbell steed, *Hemibarbus labeo*, in the surf zone of the Nakdong River Estuary, Korea. *J Korean Soc Mar Environ Saf* 22, 766-772. <https://doi.org/10.7837/kosomes.2016.22.6.766>.
- Froese R and Pauly D. 2019. Fishbase. World wide web electronic publication. version (08/2019). Retrieved from <https://fishbase.org> on Aug 20, 2020.
- He J, He X and Yan T. 1999. Observations on the embryonic development of *Hemibarbus labeo* (Pallas) in lower reaches of Fujiang river. *J Southwest China Nor Univ* 24, 225-231.
- Kim DH, Deung YK, Kim HY and Reu DS. 2001. Ultrastructure of the fertilized egg envelope from long nose barbel, Cyprinidae, teleost. *Korean J Elec Micro* 31, 85-90.
- Kim IS. 1997. Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea. In: Freshwater fishes. Vol. 37. Ministry of Education, Yeongi, Korea, 329.
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyo Hak Publishing, Seoul, Korea, 113-125.
- Kim IS and Park JY. 2007. Freshwater fishes of Korea. Kyohak Publishing, Seoul, Korea, 467.
- Kim JK, Ryu JH, Kim S, Lee DW, Choi KH, Oh TY, Hwang KS, Kim JN, Kwun HJ, Ji HS and Oh JN. 2011. An identification guide for fish eggs, larvae and juveniles of Korea. Hangeul graphics, Busan, Korea, 275.
- Ko MH, Kim HR, Park SY and Bang IC. 2017. Egg development and early life history of the natural monument species *Hemibarbus mylodon* (Pisces: Cyprinidae) in Korea. *Korean J Ichthyol* 29, 101-108.
- Lee CL and Kim YH. 2002. Skeletal morphology of the head in the genus *Hemibarbus* (Cypriniformes: Cyprinidae) from Korea. *Korean J Ichthyol* 14, 212-221.
- Lim JW, Lee CL, Lee WK and Jye-Gal SJ. 2002. Comparative study of lens and retinal tissues in *Zacco temmincki* and *Hemibarbus longirostris* (Cypirinidae, Cypriniformes). *Korean J Ichthyol* 14, 183-189.
- Nelson JS, Grande TC and Wilson MVH. 2016. Fishes of the world (5th ed.). John Wiley and Sons Inc, Hoboken, NJ, U.S.A., 707.
- Song HB and Choi SS. 2000. Reproductive ecology and early life history of paradise fish, *Macropodus chinensis* (Pisces; Belontiidae) in aquarium. *Korean J Limnol* 33, 282-294.
- Uchida K. 1939. The fishes of Tyosen. Part I: Numatognathi, Even-tognathi. Bulletin of the Fisheries Experiment Station of the Government-General of Tyōsen 6, Busan, Korea, 182-191.
- Yang PM, Luo XN, Jin GH, Liu YX, Li JW and Li J. 2014. Morphological development and early growth on larvae and juveniles of *Hemibarbus labeo* in Yalu River. *Acta Hydrobiol Sin* 38, 1-9.