SFO Science of Fisheries & Oceanography
ISSN 2734-1011 (Print)
ISSN 2671-4310 (Online)
Vol. 33, No. 2, pp. 93-98 (2024)
https://doi.org/10.22714/SFO.2024.33.2.4

Original Research Article

열대어 제브라다니오(*Danio rerio*)의 난발생 및 자치어 형태발달

Morphological of Development Eggs, Larvae and Juveniles *Danio rerio*

박재민[1], 이원주[2], 조보강[2], 한경호[2,*]
Jae-Min Park[1], Won-Ju Lee[2], Bo-Kang Cho[2], Kyeong-Ho Han[2,*]

[1]경상북도 내수면관상어비즈니스센터,
[2]전남대학교 수산과학과
[1]Gyeongsangbuk-Do Freshwater Aquarium Fishes Business Center, Sangju 37251, Republic of Korea
[2]Fishery Science Chonnam National University, Yeosu 59626, Republic of Korea

* Correspondence to Kyeong-Ho Han
E-mail: aqua05@jnu.ac.kr

Received January 14, 2025
Revised February 7, 2025
Accepted February 12, 2025

Abstract : This study was conducted to investigate the early life history by observing the egg occurrence and development of autonomous fish form in the tropical ornamental fish *Danio rerio*. The egg form was circular and was a separately invasive egg. The egg size was 1.10~1.28 mm (average 1.22±0.12, n=30). The water temperature was 26~28°C (average 27±1°C), and hatching took 56 hours after fertilization. The ruler immediately after hatching had egg yolk with a total length of 2.93~3.66 mm (average 3.45±0.51, n=30), and the mouth and anus were not open. On the 3rd day after hatching, the egg yolk was absorbed with a total length of 3.65~4.14 mm (average 3.99±0.34), and it was transferred to the preflexion larvae as the mouth and anus were opened. On the 5th day after hatching, the total length was 4.29~4.55 mm (average 4.39±0.18), and the tail end was bent upward and it transitioned to the flexion larvae. On the 20days after hatching, the total length was 9.12~12.4 mm (average 10.9±2.31), and the vertebral end of the tail was completely bent at 45° and it was transitioned to the postflexion larvae. On the 25 days after hatching, 13.2~15.9 mm (average 14.0±1.90) in total length, and the number of fin basins in each part reached the number of dorsal fin 9 rays, anal fin 14 rays, caudal fin 19 (9+10) rays, and ventral fin 7 rays, reaching the number of fish in each region and reaching the number of fish in the form. *D. rerio* postflexion larvae differed in morphological characteristics from those of Cypriniformes compared to the postflexion larvae in that most of the melanophore were lost, the development of scales, and the development of dorsal fin and anal fins.

Keywords : *Danio rerio*, Egg development, Larva, Juvenile, Zebra fish

서 론

어류의 초기생활사 연구는 수정란에서 성장하는 기간 동안 겪는 각각의 고유 형질들의 발달과 성장도 등의 다양한 분류, 생태학적 지식을 제공하며, 이를 토대로 종의 보존과 보호, 증식뿐만 아니라 다양한 연구에도 기여한다(Song and Choi, 2000). 또한, 일부 어종의 경우 형태가 유사한 종 사이에서도 단계별 이행시기에 차이를 보이기도 하며(Kim *et al.*, 2011), 이러한 특징은 형태가 명확하게 확인되는 치어기 이전의 단계에서 종 동정에 유용한 형질이 되기도 한다(Kim *et al.*, 2021).

제브라다니오(Zebra danio, *Danio rerio*)는 잉어목(Cypriniformes), 다니오과(Danionidae), 다니오속(*Danio*)에 속하는 열대 어류로서 원산지는 인도 남서부 서가츠 산맥의 지류에 서식하고, 몸에는 얼룩말과 같은 줄무늬가 있으며, 그 이름의 유래도 줄무늬에서 비롯된 것이다. 몸의 형태의 경우, 암컷이 수컷에 비하여 배부분이 둥글고, 은빛을 내며, 수컷은 금빛을 띠는 차이가 있다(Fig. 1). 번식은 어려운 편이지만, 알을 산란하는 난생어류로 강인한 생명력과 수질 적응력이 뛰어나고, 관상어 애호가들 사이에서 많이 길러지고 있는 관상어류이다.

또한, 제브라다니오와 같은 작은 어류들은 척추동물 발생이나 독성학 분야에서 매우 인기 있는 모델 생물이며(Powers, 1989; Rossant and Hopkins, 1992), 빠른 성장, 3개월만의 성성숙, 난발생 시간, 광주기에 의한 산란 및 체외수정의 특성으로 모델 생물로 많이 이용되고 있는 어류이다(Streinsinger *et al.*, 1981).

제브라다니오에 관한 국내 연구로는 형질전환의 저온 및 염분 내성비교(Park, 2009), 피부조직의 탄력섬유(Oh, 2009), 배

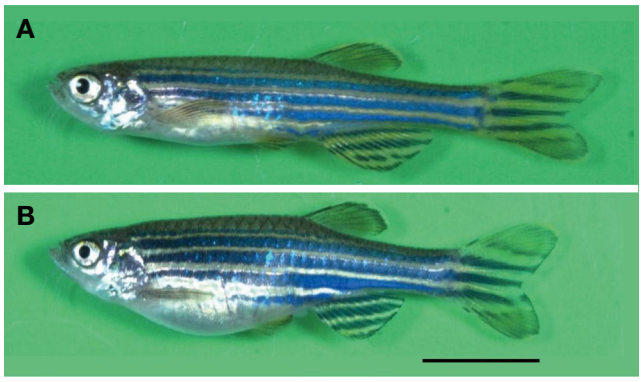

Fig. 1. External view of *Danio rerio* (A: Male, B: Female, scale bar in 10.0 mm).

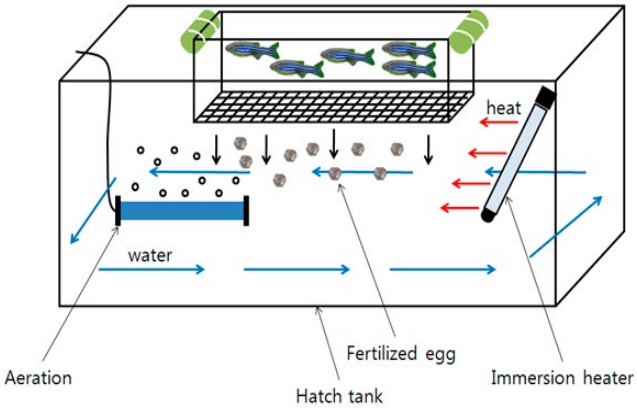

Fig. 2. Hatching tank of *Danio rerio* reared in the laboratory.

아로부터 동형 세포주 확립(Lee, 2008), 배아 유래세포 성장효과(Lee *et al.*, 2008) 등 100여 건이 있으며, 국외 연구로는 유전자 특성화(He *et al.*, 2006), 대동맥 세포(Miano *et al.*, 2006), 발생 및 Micro RNA와 RNA의 간섭(Begemann, 2008) 등 많은 연구가 수행되었다.

제브라다니오의 배체발달 연구는 Kimmel *et al.* (1995)가 난발생 과정과 자어시기 일부를 보고하였으나, 형태적 변화가 극대화되는 후기자어기와 치어기의 형태적 특징자료가 부족하였다. 따라서 이 연구에서는 제브라다니오의 난발생과 자치어 형태발달을 관찰하여 초기생활사를 규명하고, 그 결과를 생물학적 연구의 기초자료로 활용하는 데 도움이 되고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험어 확보 및 사육

사육에 사용된 실험어는 2021년 3월에 암컷 100개체 수컷 200마리를 관상어 판매업체를 통해 구입 후 연구실로 운반해 사육하였다. 실험어는 유리사각수조(50×30×20 cm) 크기에서 측면여과기를 이용해 순환 여과식으로 사육하였고, 수정란 채취를 위해 별도의 그물망을 제작해 사육수조 내 설치하였다(Fig. 2). 전기히터를 이용해 사육수온 26~28°C (평균 27±1°C)를 유지해 주었고, 먹이는 시판되는 관상어 전용사료(Tetramin, Germany)를 1일 2회 공급하였다. 채취한 수정란은 Noh *et al.* (2011)의 난 관리 방법을 인용하여 에어스톤을 설치해 공기방울이 직접 알에 부딪히면서 흔들리도록 하였다.

2. 난발생 및 자치어 형태발달

수정란은 30개를 선택해 형상투영기(Nikon JP V-12B, Japan)로 발생단계를 관찰하였고, 크기는 입체해부현미경(Nikon Coolpix 995, Japan)으로 0.01 mm까지 측정하였다. 난발생 과정 동안 수온은 26~28°C (평균 27±1°C)를 유지해 주었고, 자치어 사육은 부화 후 난황흡수 완료 시까지 먹이 공급을 하지 않았으며, 난황 흡수 후 수평 유영이 시작되는 시기에 냉동 로티퍼(*Brachionus plicatilis*)를 1일 2회 공급하였다. 이후 성장함에 따라 알테미아 부화유생(*Artemia* sp. nauplius)을 mL당 3~4개체 공급하였고 치어기 이후에는 초기미립자사료(Love larva, Japan)를 공급하였다. 자치어 형태발달 관찰은 30개체를 선택해 마취제 MS-222 (Ethyl 3-aminobenzoate methanesulfonate, Sigma Aldrich Co., St. Louis, USA)로 마취 후 부화 직후부터 치어기까지 1~5일 간격으로 입체해부현미경으로 외부형태 관찰 및 스케치하였고, 크기는 0.01 mm까지 형상투영기로 측정하였다. 자치어 형태발달 단계는 Ji *et al.* (2020)에 따랐다.

결 과

1. 난의 특징 및 크기

제브라다니오의 난 형태는 원형으로 난황은 연녹색을 띠었다. 난은 물에 가라앉는 성질을 가진 분리 침성란이었다. 난의 크기는 1.10~1.28 mm (평균 1.22±0.12, n=30)였다.

2. 난발생 과정

수정란은 수정 10분 후에 난막이 형성되었고(Fig. 3A), 수정 후 30분에 동물극 쪽으로 배반이 형성되었다(Fig. 3B). 수정 후 2시간에는 난할이 시작되어 2세포기에 달하였고(Fig. 3C), 수정 후 2시간 10분에는 4세포기에 달하였으며(Fig. 3D), 수정 후 3시간 10분에는 8세포기에 달하였다(Fig. 3E). 수정 후 3시간 20분에는 16세포기에 달하였고(Fig. 3F), 수정 후 4시간에는 32세포기에 달하였으며(Fig. 3G), 수정 후 4시간 15분에는 64세

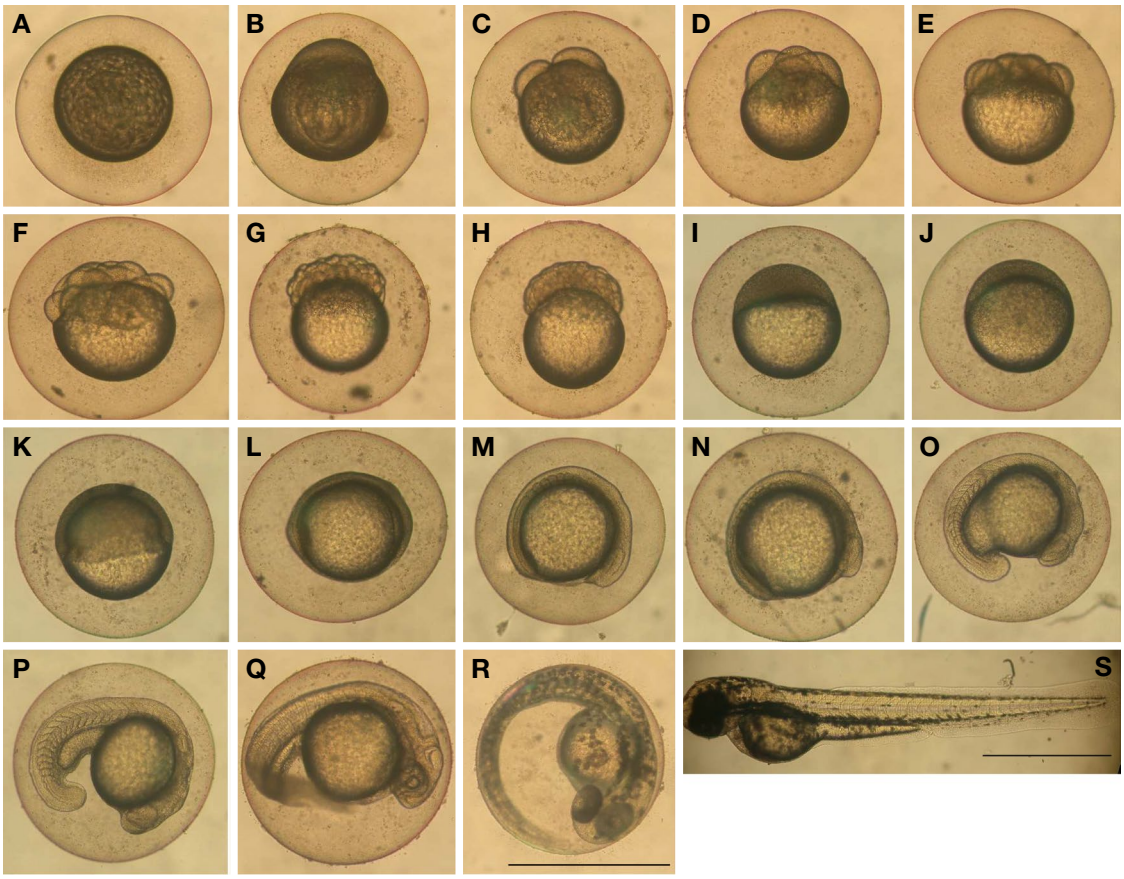

Fig. 3. The egg development of *Danio rerio*. A: fertilized egg; B: blastodisc; C: 2 cells stage (2 hrs); D: 4 cells stage (2 hrs 10 min); E: 8 cells stage (3 hrs 10 min); F: 16 cells stage (3 hrs 20 min); G: 32 cells stage (4 hrs); H: 64 cells stage (4 hrs 15 min); I: morula stage (5 hrs 55 min); J: blastura stage (7 hrs 55 min); K: late gastrula stage (10 hrs 15 min); L: formation of embryo (13 hrs 51 min); M: 6~7 myotomes stage, appearance of optic vesicles (14 hrs 56 min); N: formation of Kuffer's vesicles, auditory vesicle 17~20 myotomes stage (32 hrs 56 min); O: formation of auditory vesicles and eye lens (33 hrs 56 min); P: 25~28 myotomes stage, melanophores appeared on the embryo (34 hrs 56 min); Q: beginning of heart beat, caudal part leaves yolk sac (46 hrs 56 min); R: embyro just before hatching (56 hrs); S: hatched larva. Scale bars = 1.00 mm.

포기에 달하였다(Fig. 3H). 수정 후 5시간 55분에는 상실기에 달하였고(Fig. 3I), 수정 후 7시간 55분에는 포배기에 달하였다(Fig. 3J). 수정 후 8시간 55분에는 배반이 난황의 1/3을 내려와 초기 낭배기에 달하였고, 수정 후 10시간 15분에는 난황의 2/3를 덮어 내려와 후기낭배기에 달하였다(Fig. 3K). 수정 후 13시간 51분에는 난황의 표면에 배체가 형성되었고(Fig. 3L), 수정 후 14시간 56분에는 안포가 형성되었으며, 배체에는 6~7개의 근절이 형성되었다(Fig. 3M). 수정 후 32시간 56분에는 꼬리 말단 부분에 Kuffer's vesicle이 출현하였고, 이 시기의 근절 수는 17~20개로 증가하였다(Fig. 3N). 수정 후 33시간 56분에는 눈에 렌즈가 분화하고, 머리 부분에 한 쌍의 이포가 형성되었다(Fig. 3O). 수정 후 34시간 56분에는 Kuffer's vesicle이 소실되었고, 근절 수는 25~28개로 증가하였다(Fig. 3P). 수정 후 46시간 56분에는 눈에 흑색소포가 침착하였고, 배체의 움직임이 활발해졌으며, 심장박동이 관찰되었다(Fig. 3Q). 수정 후 49시간에는 머리 부분과 등 쪽, 난황 윗부분에 흑색소포가 침착하였고, 이 시기의 근절 수는 28~30개로 증가하였다(Fig. 3R). 수정 후 56시간에는 꼬리 부분이 난황을 뚫고 나오면서 부화가 시작되었다(Fig. 3S).

3. 자치어의 형태발달

1) 난황자어기(Yolksac larva stage)

부화 직후의 자어 크기는 전장이 2.93~3.66 mm (평균 3.45 ± 0.51, n = 30)로 복부에는 난황을 갖고 있었고, 입과 항문이 열려 있지 않았으며, 수조의 벽면에 붙어 있었다(Fig. 4A). 모든 지느러미는 막상으로 되어 있었고, 막지느러미는 등 쪽에 시작되어 항문 시작점까지 연결되어 있었으며, 항문을 기점으로 배 쪽의 막지느러미와 분리되어 있었다. 눈에는 흑색소포가 침착되어 있었고, 눈 가운데는 동공이 관찰되었다. 흑색소포는 두부 상단부분과 난황 윗부분, 몸통 정중앙과 꼬리자루(미병부)에 침착되어 있었다.

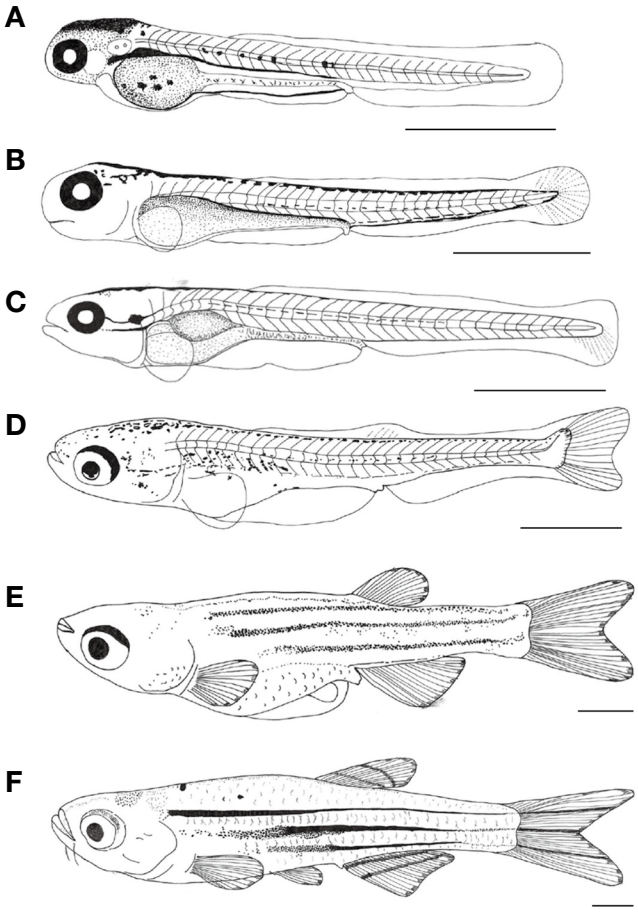

Fig. 4. Larvae and juveniles development stages of *Danio rerio*. A: Newly hatched yolk sac larvae, 2.93~3.66 mm in total length (TL); B: Preflexion lavae, 3.65~4.14 mm in TL, 3 days after hatching; C: Flexion larvae, 4.29~4.55 mm in TL, 5 days after hatching; D: Flexion larvae, 5.32~6.32 mm in TL, 10 days after hatching; E: Postflexion, 9.12~12.4 mm in TL, 20 days after hatching; F: Juvenile, 13.2~15.9 mm in TL, 25 days after hatching. Scale bars = 1.00 mm.

2) 전기자어기(Preflexion larva stage)

부화 후 3일째 자어는 전장 3.65~4.14 mm (평균 3.99±0.34)로 난황은 대부분 흡수되었고, 입과 항문이 열리면서 전기자어기로 이행하였다(Fig. 4B). 막으로 된 꼬리지느러미는 부채꼴로 분화하기 시작하였고, 흑색소포는 등 쪽과 미병부 아래쪽에 침착하였고, 복부 위쪽에는 부레가 발달하면서 수평 유영을 시작하였다. 이 시기에는 먹이 섭취 활동이 관찰되었다.

3) 중기자어기(Flexion larvae stage)

부화 후 5일째 자어는 전장 4.29~4.55 mm (평균 4.39±0.18)로 꼬리 끝 말단 부분이 위쪽으로 휘어지기 시작하면서 중기자어기로 이행하였다(Fig. 4C). 막상의 지느러미는 전기자어 시기보다 넓게 발달하였다. 이 시기 항문의 위치는 전장의 60%로 정중앙으로부터 뒤쪽에 위치하였다.

부화 후 10일째 자어는 전장 5.32~6.32 mm (평균 5.76±0.70)로 등지느러미와 뒷지느러미가 분화하기 시작하였고, 꼬리지느러미에는 줄기가 16개 발달하였으며, 상엽과 하엽으로 나누어지기 시작하였다(Fig. 4D). 이 시기에는 유영능력이 활발해졌고, 항문의 위치는 전장의 70%로 정중앙에서 뒤쪽에 위치하였다.

4) 후기자어기(Postflexion larvae stage)

부화 후 20일째에는 전장 9.12~12.4 mm (평균 10.9±2.31)로 꼬리 끝의 척추말단 부분이 45°로 완전히 휘어지면서 후기자어기로 이행하였다(Fig. 4E). 꼬리지느러미와 막으로 연결되어 있던 등지느러미와 뒷지느러미는 완전히 분리되었고, 복부 아래쪽의 막지느러미에는 배지느러미가 분화하기 시작하였다. 각 부위별 지느러미 줄기 수는 등지느러미 9개, 뒷지느러미 15개가 발달하였다. 이 시기에는 몸의 측면에 3개의 세로줄무늬가 발달하였고, 아가미 뚜껑 윗부분과 복부에는 비늘이 발달하기 시작하였다.

5) 치어기(Juvenile stage)

부화 후 25일째 치어는 전장 13.2~15.9 mm (평균 14.0±1.90)로 각 부위별 지느러미 줄기 수는 등지느러미 9개, 뒷지느러미 14개, 꼬리지느러미 19 (9+10)개, 배지느러미 7개로 정수에 달하면서 치어기에 달하였다(Fig. 4F). 몸의 측면에 발달한 3개의 세로줄 무늬는 더욱 뚜렷하게 발달하였고, 몸 전체에는 비늘이 발달하였다. 등지느러미와 뒷지느러미, 꼬리지느러미 줄기 위에도 3개의 세로줄 무늬가 발달하였고, 줄무늬 사이에는 황색소포가 발달하였다. 이 시기에는 입 주변에 수염 2쌍이 관찰되었다.

고 찰

제브라다니오는 국외에 서식하는 소형 잉어목 어류로서 동일 서식지에 분포하는 근연종과의 비교 자료가 부족하여 이 연구에서는 국내 잉어목 어류와 초기생활사에서 나타나는 형태적인 특징을 비교하였다.

제브라다니오의 난은 원형의 분리 침성란으로 잉어과 어류인 붕어, *Carassius auratus* (Han *et al.*, 2001a)와 잉어 *Cyprinus carpio* (Park *et al.*, 2017), 황어아과의 황어 *Tribolodon hakonensis* (Choi *et al.*, 2021)와 유사하였다. 제브라다니오는 수초, 자갈 등 다양한 곳에 산란을 하며, 황어(Choi *et al.*, 2021)는 돌이나 바위 틈에 알을 흩어 뿌리면서 산란을 한다. 난의 성질은 분리 침성란이었으나, 붕어(Han *et al.*, 2001a)와 잉어(Park *et al.*, 2017)는 수초에 부착되는 침성점착란으로 차이를 보였다. 이러한 차이는 어종마다 산란장소 선택에 따른 차이로 생각되

며, 이에 따라 난의 성질이 다르게 나타나는 것으로 생각된다.

난의 크기는 제브라다니오 1.10~1.28 mm (평균 1.22±0.12)로 잉어(Park *et al.*, 2017) 1.82±0.06 mm, 붕어(Han *et al.*, 2001a) 1.57 mm, 떡붕어, *Carassius cuvieri* (Park and Han, 2021) 1.31±0.04mm, 모래무지아과 모래무지, *Pseudogobio exocinus* (Lee *et al.*, 2008) 1.98±0.19 mm와 유사하였고, 황어(Choi *et al.*, 2021)는 2.89 mm로 제브라다니오보다 컸다.

부화까지 소요되는 시간의 경우, 제브라다니오는 수온 26~28°C에서 수정 후 56시간이 소요되었고, 붕어(Han *et al.*, 2001a)는 18.3~21.7°C에서 수정 후 75시간 10분, 잉어(Park *et al.*, 2017)는 수온 23~25°C에서 70시간 26분, 참붕어, *Pseudorasbora parva* (Han *et al.*, 2001b)는 수온 15.5~18.5°C에서 수정 후 183시간 44분이 소요되었다. 수온에 따른 부화 소요 시간은 수온이 높을수록 부화 시간이 짧아지는 경향을 보여 부화 시간은 수온에 따른 영향이 큰 것으로 보인다.

제브라다니오의 부화 직후 자어 크기는 2.93~3.66 mm (평균 3.33±0.51)로 붕어(Han *et al.*, 2001a) 4.28 mm, 참붕어(Han *et al.*, 2001b) 5.16 mm, 잉어(Park *et al.*, 2017) 5.31 mm보다 크기가 작았고, 종개과의 얼룩새코미꾸리 *Koreocobitis nakatongensis* (Song *et al.*, 2009) 2.6~2.8 mm와 유사하였다.

후기자어 시기의 형태적 특징은 제브라다니오의 경우, 등지느러미와 뒷지느러미가 모두 발달하였고, 배지느러미는 분화하기 시작하였다. 또한 몸에 침착된 흑색소포는 대부분 소실되었고 몸의 일부에 비늘이 발달하기 시작하였다. 다른 잉어목 어류인 붕어, 떡붕어, 잉어, 황어, 모래무지 등의 경우 후기자어 시기에 흑색소포가 관찰되었고, 배지느러미의 분화가 시작되지 않은 경우도 있었으며, 등지느러미와 뒷지느러미의 발달이 완전하지 않은 종도 있었다. 반면 제브라다니오는 상당 부분 발달한 형태를 보였고, 후기자어 시기에 흑색소포가 대부분 소실된 점, 비늘이 발달한 점, 등지느러미와 뒷지느러미가 막으로부터 분리되어 발달한 점에서 국내 서식하는 잉어목 어류 후기자어들과 형태적 특징에서 차이를 보였다. 제브라다니오는 부화 후 25일째 전장 13.2~15.9 mm (평균 14.0±1.90)에 치어기로 이행하였고, 붕어(Han *et al.*, 2001a)는 부화 후 31일째 전장 14.7 mm, 참붕어(Han *et al.*, 2001b)는 부화 후 65일째 전장 14.6 mm, 잉어(Park *et al.*, 2017)는 부화 후 35일째 전장 29.9~30.2 mm로 비교한 잉어목 어류 가운데 제브라다니오가 가장 빨리 치어기로 이행하였다.

이 연구에서는 인도산 열대 잉어목 어류 제브라다니오의 난발생 과정 및 자치어 형태발달을 연구해 초기생활사를 규명할 수 있었다. 국내에 수입되는 대부분의 열대 잉어목 어류에 대한 사육정보, 초기생활사 연구는 현재까지도 보고되지 않은 종이 많아 자료가 부족한 실정이다. 따라서 국내 관상어 산업의 활성화를 위한 기초연구의 일환으로 관상어류의 사육방법 매뉴얼화 및 부족한 사육정보 공유를 위해 초기생활사 연구는 지속적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

적 요

이 연구는 열대 관상어 제브라다니오의 난발생 및 자치어 형태발달을 관찰해 초기생활사를 규명하고자 실시하였다. 난 형태는 원형으로 분리침성란이었다. 난 크기는 1.10~1.28 mm (평균 1.22±0.12, n=30)였다. 수온은 26~28°C (평균 27±1°C)였고, 부화는 수정 후 56시간이 소요되었다. 부화 직후의 자어는 전장이 2.93~3.66 mm (평균 3.45±0.51, n=30)로 난황을 갖고 있었고, 입과 항문이 열려 있지 않았다. 부화 후 3일째는 전장 3.65~4.14 mm (평균 3.99±0.34)로 난황이 흡수되었고, 입과 항문이 열리면서 전기자어기로 이행하였다. 부화 후 5일째는 전장 4.29~4.55 mm (평균 4.39±0.18)로 꼬리 끝 말단부분이 위쪽으로 휘어지면서 중기자어기로 이행하였다. 부화 후 20일째에는 전장 9.12~12.4 mm (평균 10.9±2.31)로 꼬리 끝의 척추말단 부분이 45°로 완전히 휘어지면서 후기자어기로 이행하였다. 부화 후 25일째 치어는 전장 13.2~15.9 mm (평균 14.0±1.90)로 각 부위별 지느러미 줄기 수는 등지느러미 9개, 뒷지느러미 14개, 꼬리지느러미 19 (9+10)개, 배지느러미 7개로 정수에 달하면서 치어기에 달하였다. 제브라다니오 후기자어는 흑색소포가 대부분 소실된 점, 비늘이 발달한 점, 등지느러미와 뒷지느러미가 발달한 점에서 비교한 잉어목 어류 후기자어들과 형태적 특징에서 차이를 보였다.

참고 문헌

Begemann, G., 2008. MicroRNAs and RNA interference in zebrafish development. *Zebrafish*, 5, 111-119.

Choi, S.K., W.O. Lee, Y.K. Hong and M.Y. Song, 2021. Egg development and early life history of the anadromous fish *Tribolodon hakonensis* in the Seomjin river, Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 33, 262-272.

Han, K.H., D.S. Jin, D.J. Yoo, S.R. Baek and D.S. Hwang, 2001a. The early life history of the Crucian carp, *Carassius auratus* in Korea. *J. Inst. Sci. Yosu Natl. Univ.*, 16, 379-387.

Han, K.H., S.H. Lee, W.I. Seo, D.J. Yoo, D.S. Jin, S.H. Oh and C.C. Kim, 2001b. The spawning behavior and early life history of the false dace, *Pseudorasbora parva*. *J. Inst. Sci. Yosu Natl. Univ.*, 3, 67-76.

He, S., E. Salas-Vidal, S. Rueb, S.F.G. Krens, A.H. Meijer, B.E. Snaar-Jagalska and H.P. Spaink, 2006. Genetic and transcriptome characterization of model zebrafish cell lines. *Zebrafish*, 3, 441-454.

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.

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, 275pp.

Kim, K.M., Y.H. Kwak, S.Y. Kim and H.Y. Song, 2021. Morphological development of egg and larvae of *Squalidus japonicus coreanus* (Gobioninae). *Korean J. Ichthyol*., 33, 252-261.

Kimmel, C.B., W.W. Ballard, S.R. Kimmel, B. Ullmann and T.F. Schilling, 1995. Stages of embryonic development of the zebrafish. *Dev. Dyn.*, 203, 253-310.

Lee, K.Y., 2008. Establishment and characterization of clonal cell lines from zebrafish, *Danio rerio*. *Korean J. Ichthyol*., 20, 1-6.

Lee, S.H., G.N. Oh, K.S. Kim, Y.S. Oh, K.W. Kang, J.H. Hwang, B.I. Lee, W.K. Lee and K.H. Han, 2008. Embryonic and larval development of goby minnow, *Pseudogobio esocinus*. *Dev. Reprod*., 12, 283-288.

Miano, J.M., M.A. Georger, A. Rich and K.L. de Mesy Bentley, 2006. Ultrastructure of zebrafish dorsal aortic cells. *Zebrafish*, 3, 455-463.

Noh, G.E., S. Rho, S.O. Shin and Y.J. Chang, 2011. Spawning periodicity and behavior of *Amphiprion melanopus* and development of mass hatching system for clownfishes. *Dev. Reprod*., 15, 133-141.

Oh, J.E., 2009. Study of elastic tissue in zebrafish skin. Graduate school of Ewha Womans Univ.

Park, J.M. and K.H. Han, 2021. Morphological development of eggs, larvae and juveniles of the *Carassius cuvieri* (Cyprinifomes: Cyprinidae). *Korean J. Ichthyol*., 33, 57-63.

Park, J.M., S.J. Mun, H.S. Yim and K.H. Han, 2017. Egg development and larvae and juveniles morphology of carp, *Cyprinus carpio* in Korean. *Dev. Reprod*., 3, 287-295.

Park, M.K., 2009. Comparison of transgenic and wild zebrafish (*Danio rerio*) at low temperature and salinity tolerance. Graduate school of education Pukyong Natl. Univ.

Powers, D.A., 1989. Fish as model systems. *Science*, 246, 352-358.

Rossant, J. and N. Hopkins, 1992. Of fin fur: mutational analysis of vertebrate embryonic development. *Genes Dev*., 6, 1-3.

Song, H.B. and S.S. Choi, 2000. Reproductive ecology and early life history of paradise fish, *Macropodus chinensis* (Pisces; Belontidae) in aquarium. *Korean J. Limnol*., 33, 282-294.

Song, H.Y., H. Yang, E.M. Cho, H.C. Shin and I.C. Bang. 2009. Morphological development of egg and larvae of *Koreocobitis naktongensis* (Cobitidae). *Korean J. Ichthyol*., 21, 247-252.

Streisinger, G., C. Walker, N. Dower, D. Knauber and F. Singer, 1981. Production of clones of homozygous diploic zebrafish (*Brachydanio rerio*). *Nature*, 291, 293-296.