

모래무지(*Pseudogobio esocinus*)의 난발생 및 자치어 형태발달

이성훈 · 오광남¹ · 김관석 · 오용석 · 강경완 · 황재호² · 이배익³ · 이원교 · 한경호[†]

전남대학교 수산해양대학 양식생물학전공, ¹전라남도청 수산자원과, ²전남대학교 친환경해양바이오특성화사업단,
³국립수산과학원 동해특성화연구센터

Embryonic and Larval Development of Goby Minnow, *Pseudogobio esocinus*

Sung-Hun Lee, Gwang-Nam Oh¹, Kwan-Seok Kim, Yong-Seok Oh, Kyeong-Wan Kang,
Jae-Ho Hwang², Bae-ik Lee³, Won-Kyo Lee and Kyeong-Ho Han[†]

Aquaculture Program, College of Fisheries and Ocean Sciences, Chonnam National University,
Chonnam 550-749, Korea

¹Jeollanam-do Provincial Government, Jeollanam-do 534-700, Korea

²Eco Marine Bio Center, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

³East Sea Fisheries Research Center, National Fisheries Research and Development Institute,
Gyeongbuk 767-863, Korea

ABSTRACT : The *Pseudogobio esocinus* were caught at Wyuleo-ri, Gyeombaek-myeon, Boseong-gun, Jeollanamdo from April to May 2003. The fishes were incubated in transparent aquarium located at the laboratory of Chonnam National University, and their embryonic and larval development were observed. The fertilized eggs were spherical, semitransparent, and adhesive, and were 1.98 ± 0.19 mm (n=50) in diameter. The embryo, including 31~32 myotomes, hatched through egg membrane at 164 hrs after fertilization. The newly-hatched larvae were 4.61 ± 0.83 mm (n=10) in total length (TL). At that moment, yolk was not absorbed, and mouth and anus were not open. Star and spot shaped melanophores were distributed on the lens, and dorsal, ventral, and caudal parts. At 42 days after hatching, larva was 16.22 ± 0.65 mm (n=10) in TL. Melanophores were scattered at head, back, and side parts. Morphological features of the embryo were transferred to juvenile stage showing similar features with those of the adult fish.

Key words : *Pseudogobio esocinus*, Early life history, Egg, Larva, Juvenile.

요 약 : 이 연구는 2003년 4월부터 5월까지 전라남도 보성군 검백면 울어리 소재의 보성강 중류에서 투망과 족대를 이용하여 채집된 모래무지 어미들을 전남대학교 해양기술학부 자원생물실험실로 운반하여 실내 사육하면서 난발생 및 자치어 형태발달을 관찰하였다. 모래무지의 수정란은 구형의 침성부착란으로 난경은 1.98 ± 0.19 mm(n=50)였고, 반투명하였다. 부화에 소요되는 시간은 수정 후 164시간부터였고, 이 때 근절수가 31~32개였으며, 배체의 움직임이 활발하였으며, 머리부터 난막을 뚫고 부화하기 시작하였다. 부화 직후의 자어는 전장이 4.61 ± 0.83 mm(n=10)로 난황은 아직 흡수하지 않은 상태였으며, 입과 항문은 열려 있지 않았다. 등쪽과 배쪽, 꼬리쪽에 별모양과 점모양의 흑색소포가 산재하였으며, 눈에는 색소포가 진하게 착색되어 있었다. 부화 후 42일째는 전장 16.22 ± 0.65 mm(n=10)로 흑색소포가 두부와 등쪽과 체측면에 따라 질게 산재하였고, 주둥이 양쪽에 수염이 나타났으며, 체형이나 반문이 성어와 완전히 닮아 있어 치어기로 이행하였다.

서 론

모래무지(*Pseudogobio esocinus*)는 잉어목(Cyprinida), 잉어과(Cyprinidae), 모래무지속(*Pseudogobio*)에 속하는 어류

로 우리나라 서해와 남해로 흐르는 하천 등에 널리 서식하며, 중국과 일본에도 분포한다(김과 박, 2002).

모래무지는 머리 전체가 악어를 연상시키고, 입술 아래쪽에 현저한 피질의 가는 봉상돌기가 있으며, 몸은 가늘고 길며 원통 모양을 하고 있다. 몸의 바탕색은 담황색으로 등쪽은 짙고 배쪽으로 갈수록 옅어지며, 어체 등쪽의 언저리는 쇠빛이고, 머리에는 흑색의 작은 점들이 흩어져 있다. 비늘의

[†] 교신저자: 전남 여수시 둔덕동 96-1번지, 전남대학교 해양기술학부, (우) 550-749, (전) +82-61-659-3163, (팩) +82-61-655-0244, E-mail: aqua05@chonnam.ac.kr

둘레는 담흑색 점들이 있어 흑색 세로줄 반문을 이루고 있으며, 머리의 끝은 둔하고 주둥이는 길다. 입 수염은 한 쌍이고, 옆줄은 선명하게 나타나 있는 점이 특징이다(정, 1977).

이 종은 국내에서는 산업적으로 중요한 종은 아니지만, 오염에 따른 종의 멸종과 자원의 감소 측면에서 연구할 가치가 높은 종으로 인정받고 있다.

모래무지의 연구는 한국산 모래무지아과 어류의 계통분류학(김, 1984), 모래무지아과 어류의 미설골에 대한 비교(김과 강, 1989)가 있고, 생태(Uchida, 1939)와 생활사(Nakamura, 1969) 등이 있으나, 산란습성 및 초기생활사에 대하여 연구는 없는 실정이다.

어류 초기생활사의 연구는 어족 자원의 보존과 보호뿐만 아니라 발생학, 생태학 및 분자생물학의 기본이 되는 시험어종으로서 크게 영향을 미칠 수 있는데, 이에 대한 중요성에도 불구하고 아직 국내에서는 한국 담수 어종의 초기생활사에 대한 연구가 매우 부족한 실정이다.

따라서 이 연구는 전남 보성강에서 서식하고 있는 모래무지의 난발생 과정과 발육단계에 따른 자치어의 형태발달과정에 대하여 관찰한 결과를 토대로 분류학적 연구에 대한 기초적 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

이 연구에 사용된 모래무지는 2003년 4월부터 5월까지 전라남도 보성군 곁백면 울어리 소재의 보성강 중류(Fig. 1)에서 투망과 족대를 이용하여 총 50개체를 채집하였다. 채집된 어미들은 전남대학교 자원생물실험실로 운반한 후, 투명유리수조 (30×50×90 cm)에 사육하였으며, 성숙한 암컷과 수컷이 수조내에 자연 산란하는 것을 관찰하였다.

수정란과 자치어의 사육시 수온범위는 18.5~19.5℃(평균, 19.0℃)였고, 사육 용수는 매일 1/2씩 환수하였다.

자치어의 먹이는 rotifer(*Brachionus plicatilis*), *Daphnia* sp., *Artemia* sp., 인공배합사료를 순차적으로 공급하였으며, 난발생 과정 및 크기는 채집지에서 돌에 부착되어 있는 난과 실험실내에서 어미를 사육하던 중 자연 산란한 수정란을 만능투영기 및 입체해부현미경을 이용하여 매 시간별로 관찰하였다.

자치어의 성장은 부화 직후부터 얼음과 MS-222 Sandoz (Tricaine methane sulfonate)로 마취시켜 1일 평균 10개체



Fig. 1. Sampling position in the Wyuleo-ri, Gyeombaeck-myeon, Boseong-gun, Jeollanam-do.

씩 만능투영기와 입체해부현미경으로 각 부위를 관찰, 측정하였으며, 자치어의 발육단계는 Russell(1976)의 분류에 따랐다.

결 과

1. 난의 형태 및 난발생 과정

모래무지의 수정란은 구형의 침성부착란으로 난경이 1.98 ± 0.19 mm (n=50)였으며, 반투명하였다.

수정 후 30분에 배반이 형성되기 시작하였고(Fig. 2, A), 수정 후 1시간 30분에 세포분열이 일어나 2세포기에 달하였으며(Fig. 2 B), 2시간 후에 4세포기에 달하였다(Fig. 2, C).

수정 후 3시간에 8세포기(Fig. 2, D), 3시간 40분에 16세포기(Fig. 2, E), 5시간 5분에 64세포기에 달하였고(Fig. 2, F), 수정 후 5시간 50분에 난할이 계속 진행되면서 상실기에 달하였으며(Fig. 2, G), 수정 후 8시간에는 포배기에 달하였다(Fig. 2, H).

수정 후 9시간에 배반이 동물극에서 식물극쪽으로 내려와 난황의 1/2를 감싸고, 수정 후 10시간 50분에 배반이 2/3정도 내려오면서 낭배기에 달하였으며(Fig. 2, I), 수정 후 12시간 20분에는 배체가 형성되기 시작하였다(Fig. 2, J).

수정 후 19시간 24분에 4~6개의 근절이 형성되었고 안포가 형성되었으며(Fig. 2, K), 수정 후 24시간에 렌즈가 형성되면서 근절수가 8~9개로 증가하였으며, 쿠퍼씨포가 나타

났다(Fig. 2, L). 수정 후 32시간 50분에 뇌가 분화하기 시작하였으며, 이 때 근절수는 18~19개로 증가하였다(Fig. 2, M).

수정 후 45시간에 이포가 형성되었고, 심장이 형성되었으며, 수정 후 50시간에 난황 표면에 혈관이 관찰되었다(Fig. 2, N). 수정 후 150시간에 근절수가 30~31개로 증가하면서 배체의 꼬리부분이 난황에서 분리되어 꼬리부분에서부터 막지느러미가 형성되기 시작하였고, 두부와 등쪽에 흑색소포가 나타났으며, 심장운동이 관찰된 후 간헐적으로 배체의 움직임이 나타났고, 가슴지느러미가 형성되었다(Fig. 2, O).

수정 후 164시간에 근절수는 31~32개로 증가하였고, 배체의 움직임이 활발하였으며, 난막을 뚫고 머리부터 부화하기 시작하였다(Fig. 2, P).

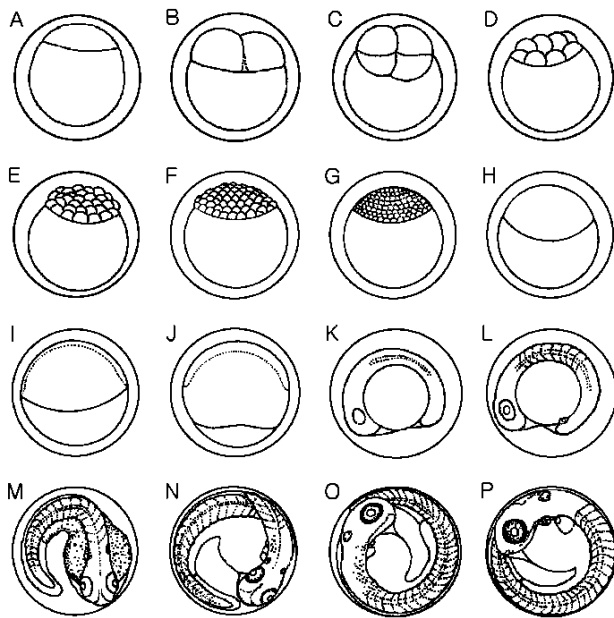


Fig. 2. Egg developmental stages of *Pseudogobio esocinus* reared in the laboratory. A: Formation of blastodisc, 30 mins; B: 2-cell stage, 1 hr 30 mins; C: 4-cell stage, 2 hrs; D: 8-cell stage, 3 hrs; E: 16-cell stage, 3 hrs 40 mins; F: 64-cell stage, 5 hrs 50 mins; G: Morula stage, 5 hrs 50 mins; H: Blastula stage, 8 hrs; I: Gastrula stage, 10 hrs 50 mins; J: Embryo formation, 12 hrs 20 mins; K: Formation of optic vesicle, 19 hrs 24 mins; L: Formation of eye lens, 24 hrs; M: Formation of auditory vesicle, 32 hrs 50 mins; N: 23~28 myotomes stage, formation of heart, 45 hrs; O: Caudal part leaves yolk sac, Appearance of blood vessel, 150 hrs; P: Embryo just before hatching, 164 hrs. Scale bar: 1.0 mm.

2. 자치어의 형태발달

부화 직후의 자어는 전장이 평균 4.61 ± 0.83 mm ($n=10$)로 난황은 아직 흡수되지 않은 상태였고, 입과 항문은 열리지 않았으며, 등지느러미, 뒷지느러미 및 꼬리지느러미는 막상으로 연결되어 있었다. 등쪽과 배쪽, 꼬리쪽에 별모양과 점모양의 흑색소포가 산재하였으며, 눈에는 색소포가 진하게 착색되어 있었다(Fig. 3, A).

부화 후 3일째 자어의 전장은 4.91 ± 0.93 mm ($n=10$)로 입과 항문이 열리면서 섭이 활동을 시작하였고, 등쪽, 배, 꼬리자루, 체측에 나뭇가지와 별모양의 흑색소포가 산재하였으며, 이 때 근절수는 35~36개로 증가하였다(Fig. 3, B).

부화 후 8일째 자어는 전장이 5.15 ± 0.95 mm ($n=10$)로 가슴지느러미에 원기가 형성되었고, 머리와 등, 배, 꼬리자루에 별모양의 흑색소포가 더욱 더 산재하였다(Fig. 3, C).

부화 후 19일째 후기자어는 전장이 6.06 ± 0.17 mm ($n=10$)로 섭이활동이 활발하게 일어나며, 척색말단이 45°C 로 굽어지고, 꼬리지느러미 원기가 5~6개로 형성하여 후기자어기로 이행하였으며, 머리부분과 체측에 흑색소포가 많이 산재하였다(Fig. 3, D).

부화 후 22일째 후기자어는 전장이 6.2 ± 0.23 mm ($n=10$)로 등지느러미 원기가 형성되었고, 가슴지느러미 줄기는 증가하였으며, 꼬리지느러미의 줄기는 7개 형성되었다. 가슴지느러미에 흑색소포가 산재하였으며, 이 때 근절수는 35~36개로 증가하였다(Fig. 3, E).

부화 후 25일째 후기자어의 전장은 7.70 ± 0.81 mm ($n=10$)로 각 부위에 흑색소포가 더욱 더 산재하였고, 등지느러미의 줄기가 12~13개로 분화하였으며, 꼬리지느러미는 12개, 가슴지느러미 7개로 분화하였다. 유영능력도 점차적으로 발달함을 볼 수 있었다(Fig. 3, F).

부화 후 29일째 후기자어의 평균 전장은 8.95 ± 1.15 mm, ($n=10$)로 배지느러미와 뒷지느러미의 줄기 원기가 나타났으며, 각 지느러미의 줄기수가 증가하였다. 흑색소포는 체측을 따라 길게 산재하였고, 두부에도 상당히 많은 흑색소포가 산재하고 있었다(Fig. 3, G).

부화 후 35일째 후기자어의 평균전장은 13.5 ± 1.05 mm ($n=10$)로 입술 주변에 작은 유두돌기가 나타나기 시작하였고, 배지느러미 줄기가 3개로 나타났으며, 뒷지느러미 줄기도 4~6개로 증가하였다(Fig. 3, H).

부화 후 42일째 치어기의 평균전장은 16.22 ± 0.65 mm ($n=10$)

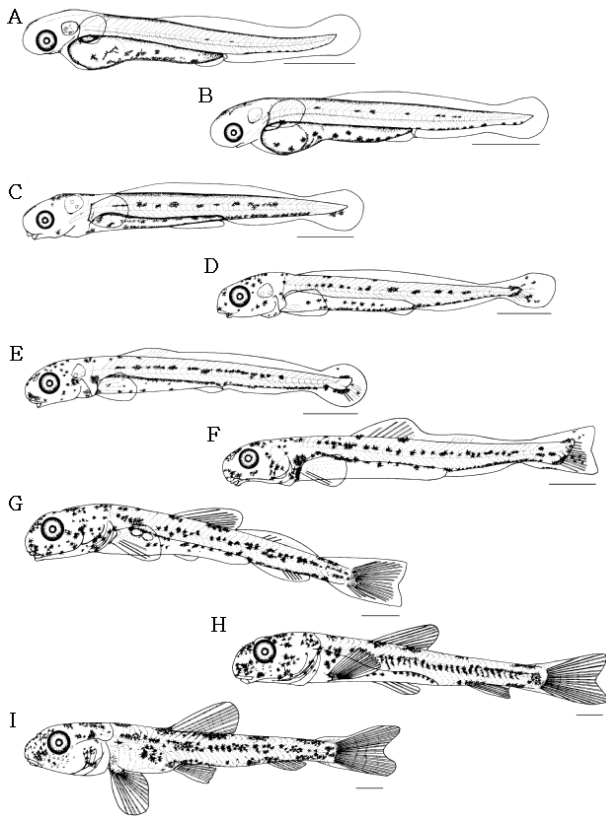


Fig. 3. Developmental stages of larvae and juveniles *Pseudogobio esocinus* reared in the laboratory. A: Newly hatched prelarva, 4.89 mm in total length (TL); B: prelarva, 5.37 mm in TL, 3 days after hatching; C: postlarva, 6.14 mm in TL, 8 days after hatching; D: postlarva, 6.22 mm in TL, 19 days after hatching; E: postlarva, 6.33 mm in TL, 22 days after hatching; F: postlarva, 8.06 mm in TL, 25 days after hatching; G: juvenile, 9.91 mm in TL, 29 days after hatching; H: juvenile, 14.14 mm in TL, 35 days after hatching; I: juvenile, 16.74 mm in TL, 42 days after hatching. Scale bar : 1.0 mm.

로 흑색소포가 두부와 등쪽과 체측면에 따라 길게 산재하였고, 주둥이 양쪽에 수염이 나타났으며, 체형이나 반문이 성어와 완전히 닮아 있어 치어기로 이행하였다(Fig. 3, I).

고찰

본 종의 산란기는 4~5월(김과 박, 2002)로, 전라남도 보성강에서 4월 하순부터 5월 하순, Uchida(1939)의 결과와 같

았다.

모래무지의 수정란은 반투명한 구형의 침성점착란으로 난경이 1.79~2.18 mm로 Nakamura(1969)의 결과와 거의 비슷한 경향을 보였고, 같은 잉어과 어류인 황어, *Tribolodon hakonensis*(한 등, 1999b)의 2.70~3.20 mm보다 작았고, 돌고기, *Pungtungia herzi*(Uchida, 1939; 이 등, 2002)의 2.00~2.30 mm, 버들치, *Rhynchocypris oxycephalus*(Uchida, 1939; 한 등, 1999a)의 1.70~1.90 mm, 금강모치, *Phoxinus kumgangensis*(송과 최, 1997)의 1.81 ± 0.09 mm와 유사하였으며, 동버들개, *Rhoxinus percunurus*(Nakamura, 1969)의 1.30~1.40 mm, 버들개, *Phoxinus lagowskii*(Nakamura, 1969)의 1.35~1.70 mm, 한국산 붕어, *Carassius auratus*(한 등, 2001b)의 1.49~1.63 mm, 잉어, *Cyprinus carpio*(Uchida, 1939)의 1.4~1.7 mm보다는 조금 컸다.

부화에 소요된 시간은 평균 수온 19.0°C에서 164시간으로 Nakamura(1969)의 평균수온 21.0°C에서 144시간보다 길게 소요되었다. 같은 과 어류인 버들치(한 등, 1999a)는 평균수온 19.0°C에서 약 88시간이, 금강모치(송과 최, 1997)는 평균수온 16 ± 1.0 °C에서 124시간, 동버들개(Nakamura, 1969)는 수온 18.0~23.0°C에서 96시간, 붕어(한 등, 2001b)는 18.3~21.7°C에서 75시간 10분, 버들개(Nakamura, 1969)는 수온 14.0~17.6°C에서 168시간, 돌고기(Uchida, 1939, 이 등, 2002)는 평균수온 23.5°C에서 약 110시간, 평균수온 19.0°C에서 수정 후 약 186시간 소요되는 것으로 보아 부화 시간은 수온과 밀접한 관련이 있으며, 어류의 발생속도는 수온에 따라 많은 차이가 났으므로 절대적인 비교는 할 수 없으나, 수온이 낮을수록 부화에 소요되는 시간이 긴 것으로 나타났다(Table 1). 그러나 같은 과 어류인 황어(한 등, 1999b)의 평균 사육수온 10.6°C에서 300~312시간과는 현저한 차이를 보였다.

부화 직후의 모래무지 자어는 전장이 3.78~5.54 mm로 Nakamura(1969)의 3.8 mm와 비슷하였다. 같은 과 어류인 돌고기(Uchida, 1939; 이 등, 2002)는 전장이 5.90~6.30 mm, 버들치(한 등, 1999a)의 4.90~5.00 mm, 금강모치(송과 최, 1997)의 4.90~6.50 mm, 동버들개(Nakamura, 1969)의 평균 전장 4.60 mm, 버들개(Nakamura, 1969)의 평균 전장 4.80 mm, 한국산 참붕어, *Pseudorasbora parva*(한 등, 2001a)의 4.50~5.50 mm, 붕어(한 등, 2001b)의 4.12~4.32 mm, 잉어(Uchida, 1939)의 평균 전장 5.30 mm와 비슷한 경향을 보였다.

Table 1. Comparison of egg and larva characteristics in Cyprinidae

Species	Fertilized egg size(mm)	Hatching time after fertilization(WT*)	Number of myotomes	Total length of prelarva(mm)	Total length of juvenile(mm)
<i>Pseudogobio esocinus</i>					
Present research	1.79~2.18	164 hrs(19.0°C)	35~36	3.78~5.54	16.74
Nakamura(1969)	1.10~1.20	144 hrs(21.0°C)	19+17=36	mean 3.80	15.40
<i>Pungtungia herzi</i> (이 등, 2002)					
	2.00~2.30	186 hrs(19.0°C)	30~43	5.90~6.30	14.8
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (한 등, 1999)					
	1.70~1.90	88 hrs(19.0°C)	40~42	4.90~5.00	18.69~18.87
<i>Phoxinus kumgangensis</i> (송과 최, 1997)					
	1.73~1.90	124 hrs(16.0±1°C)	-	4.90~6.50	
<i>Rhoxinus percunurus</i> (Nakamura, 1969)					
	1.30~1.40	96 hrs(18.0°C)	35	mean 4.80	20.9
<i>Phoxinus lagowskii</i> (Nakamura, 1969)					
	1.35~1.70	168 hrs(14.0°C)	40	mean 4.60	21.3
<i>Carassius auratus</i> (한 등, 2001b)					
	1.49~1.63	75 hrs 10 mis(18.3°C)	30~31	4.12~4.32	14.68
<i>Tribolodon hakonensis</i> (한 등, 1999b)					
	2.70~3.20	300~312 hrs(10.6°C)	-	6.35~6.87	24.55

*WT: Water temperature.

모래무지 자어의 흑색소포 분포는 등쪽과 배쪽, 꼬리쪽에 별모양과 점모양의 흑색소포가 산재하였고, 부화 후 3일째 자어는 등쪽, 배쪽, 꼬리자루 및 체측을 따라 나뭇가지와 별모양의 흑색소포가 산재하였으며, 부화 후 19일째는 두부까지 흑색소포가 분포하였는데, 버들치 자어의 흑색소포는 부화 직후부터 머리 부위, 위턱과 아래턱 주위, 난황 위, 등쪽측면, 배쪽, 꼬리부분에 소량으로 분포하였고, 부화 후 6일째의 자어에서는 몸 전체에 조밀하게 분포하였다. 금강모치(송과 최, 1997)는 부화 후 3일째부터 등쪽과 난황 위에 흑색소포가 나타나기 시작하였고, 부화 후 15일째부터 버들치에서 볼 수 없는 흑색소포가 분포하기 시작하였다. 황어(한 등, 1999b)에서는 부화 직후의 자어는 흑색소포가 전혀 분포하지 않았고, 부화 후 7~9일째의 후기자어에 몸 전체에 분포하였다.

돌고기(이 등, 2002)는 부화직후부터 머리부분과 등에 점모양과 별모양으로 흑색소포가 분포하였고, 부화 후 17일째에는 측선을 따라 흑색소포가 형성되어 뚜렷한 세로띠를 나타내었다.

한국산 참붕어(한 등, 2001a)는 부화직후부터 배쪽부터 꼬리말단까지 별모양의 흑색소포가 분포하였고, 부화 후 3일

째 자어는 소화관 부분에서 나뭇가지모양의 흑색소포가 출현하였으며, 부화 후 24일째 자어는 점모양의 흑색소포가 눈 위쪽과 뒤쪽, 새개부 위쪽과 뒤쪽부분, 꼬리부분에 다수 분포하였다.

모래무지 후기 자어의 근절은 35~36개로, 동버들개(Uchida, 1939)의 35개와 참붕어(한 등, 2001a)와는 비슷하였고, 버들치(한 등, 1999a)의 40~42개, *Rhynchocypris lagowskii*(Uchida, 1939)의 42~43개, 버들개(Uchida, 1939)의 40개, 돌고기(이 등, 2002)의 30~43개보다 다소 적었으며, 붕어(한 등, 2001b)의 30~31개보다는 다소 많았다.

모든 지느러미가 형성되고 각 지느러미 줄기수가 정수에 달하는 치어기는 부화 후 42일째인 평균전장이 16.74 mm였는데, Nakamura(1969)의 15.40 mm와는 다소 차이가 있었다. 같은 과 어류인 돌고기는 부화 후 45일째인 평균전장이 14.80 mm였고, 버들치는 부화 후 80일째인 전장 18.69~18.87 mm, 버들개(Nakamura, 1969)는 부화 후 72일째인 전장 21.30 mm에, 동버들개(Nakamura, 1969)는 부화 후 90~100일째인 전장 20.90 mm, 붕어(한 등, 2001b)는 부화 후 31일째인 전장 14.68 mm에서 완성되어 종간에 차이를 보였다.

이와 같이, 잉어과 어류는 생활방식과 내부, 외부형태에 있어 아주 다양하고 변이가 많아서 분류학적으로 많은 논란이 되고 있기 때문에 종 동정의 목적을 위해서는 외부형태의 관찰과 더불어 초기발생 과정 및 자치어의 형태에 대한 비교 검토가 체계적으로 이루어져야 하며, 생태적인 차이 역시 연구되어야 한다고 생각된다.

인용문헌

- Nakamura M (1969) Cyprinid Fishes of Japan. Studies on the Life History of Cyprinid fishes of Japan. Research Institute of Natural Resources, Tokyo, pp 455.
- Russell FS (1976) The Eggs and Planktonic Stages of British Marine Fishes. Academic Press, Inc., London, pp 524.
- Uchida K (1939) The Fishes of Korea. Bulletin of the fisheries experiment station of the Government-General of Korea, Pusan, pp 458.
- 김익수 (1984) 한국산 모래무지아과(Cyprinidae) 어류의 계통분류학적 연구. 한국수산학회지 17:436-448.
- 김익수, 강언중 (1989) 한국산 모래무지아과(Gobioninae) 어류의 미설골에 대한 비교연구. 한국어류학회지 1:24-34.
- 김익수, 박종영 (2002) 한국의 민물고기. 교학사, 서울, pp 465.
- 송호복, 최신석 (1997) 금강모치 (*Rhynchocypris kumgangensis*)의 난발생과 자어의 성장. 한국하천호수학회지 30:67-74.
- 이성훈, 한경호, 황동식 (2002) 돌고기(*Pungtungia herzi*)의 산란습성 및 초기생활사. 여수대학교 기초과학연구소논문집. 4:41-48.
- 정문기 (1977) 한국어도보. 일지사, 서울, pp 727.
- 한경호, 노병률, 오성현, 박준택, 조재권, 성기백 (1999a) 실험실에서 사육한 버들치의 산란습성 및 초기생활사. 한국어류학회지 11:177-183.
- 한경호, 성기백, 박준택, 조재권, 노병률, 오성현 (1999b) 한국산 황어의 종묘 생산에 관한 연구 I. 산란습성 및 초기생활사. 여수대학교 산업기술·개발연구소 논문집 8:245-251.
- 한경호, 진동수, 유동재, 백승록, 황동식 (2001b) 한국산 붕어 (*Carassius auratus*)의 초기생활사. 여수대학교 논문집 16:379-387.
- 한경호, 이성훈, 서원일, 오성현, 유동재, 진동수 (2001a) 한국산 참붕어의 산란습성 및 초기생활사. 여수대학교 기초과학연구소 논문집 3:67-76.

(received 15 October 2008, received in revised form 19 November 2008; accepted 20 November 2008)