

가는돌고기 *Pseudopungtungia tenuicorpa*의 난발생 및 초기생활사

고명훈 · 박상용 · 방인철*

순천향대학교 생명시스템학과

Egg Development and Early Life History of the Slender Shinner, *Pseudopungtungia tenuicorpa* (Pisces: Cyprinidae) by Myeong-Hun Ko, Sang-Yong Park and In-Chul Bang* (Department of Life Sciences and Biotechnology, Soonchunhyang University, Asan 336-745, Korea)

ABSTRACT Egg development and early life history of the slender shinner, *Pseudopungtungia tenuicorpa* were investigated to provide basic information regarding biological characteristics and restoration in 2010. Eggs were obtained by injecting females with Ovaprim and then fertilized using the dry method in the laboratory. Matured eggs were strongly adhesive, opaque and grayish and measured 1.96 ± 0.08 mm (mean \pm SD) in diameter. Fertilized eggs hatched 240 h after fertilization at 23°C, and newly hatched larvae an average 8.6 ± 0.25 mm in total length. At 2 days after hatching, larvae averaged 9.0 ± 0.37 mm in total length and their yolk sacs had been completely absorbed. About at 10 days after hatching, they became to juvenile stage and reached 10.6 ± 0.44 mm in total length. At 70 days after hatching, the band patterns and external form of juveniles were similar to those of adults, and they averaged 36.0 ± 2.13 mm in total length.

Key words : Endangered fish, *Pseudopungtungia tenuicorpa*, egg development, early life history

서 론

잉어과(Cyprinidae) 어류는 북아메리카와 아프리카, 유라시아에 널리 서식하는 어류로 220속 2,420종이 서식한다(Nelson, 2006). 가는돌고기 *Pseudopungtungia tenuicorpa*는 잉어과의 모래무지아과(Gobioninae)에 속하는 어류로 Jeon and Choi (1980)에 의해 신종으로 기재 되었으며, 임진강과 한강에만 서식하는 한국 고유종으로 주로 암반이나 큰 바위가 많은 중상류 지역에 서식하는 소형 어류이다(김과 박, 2002; 김 등, 2005). 최근 서식지가 인간 활동으로 인한 개발압과 환경오염 등의 원인으로 인해 개체수가 급감하고 있어 환경부는 2005년 멸종위기 야생동·식물 II급으로 지정하여 법적으로 보호하고 있다(환경부, 2005). 가는돌고기

에 관한 연구는 분포에 대해서 일부 알려졌을 뿐 거의 전무한 상황이며(김 등, 2005), 최근 가는돌고기가 꺾기 *Coreoperca herzi*의 산란장에 탁란한다고 보고되어 주목되고 있다(이 등, 2005; 이 등, 2010).

어류에서 초기생활사에 관한 연구는 종의 산란 장소의 선택 및 난발달과 자치어의 발달 등의 특유의 생식전략을 분석하는 학문으로 종의 특징을 규명하고 유사종과의 분류학적 유연관계를 밝히는 데 적용되어 왔으며(Blaxter, 1974; Balon, 1985), 자원증강 및 멸종위기종의 복원을 위한 인공증식 기술 확립의 중요한 기초연구로 폭넓게 연구되고 있다(환경부, 2006, 2009, 2011; 국토해양부, 2010).

모래무지아과 중 돌고기족(tribe Pungtungini)에 속하는 속은 *Sarcoheilichthys*, *Pseudorasbora*, *Pseudopungtungia*, *Pungtungia*이며(김과 강, 1989) 이들의 초기생활사에 대한 연구는 쉬리 *Coreoleuciscus splendidus* (Song, 1977), 감돌고기 *Pseudopungtungia nigra* (Kim et al., 1991; Lee et al., 2004), 돌고기 *Pseudorasbora parva* (Baba, 1994; Lee et al., 2002), 참

*교신저자: 방인철 Tel: 82-41-530-1286, Fax: 82-41-530-1493,
E-mail: incbang@sch.ac.kr

붕어 *Pseudorasbora parva* (Han et al., 2001), 중고기 *Sarcocheilichthys nigripinnis morii* (Kang et al., 2007) 등에 대해 연구 되었지만 아직까지 가는돌고기에 대해서는 연구되지 않았다.

따라서 본 연구에서는 환경부 멸종위기종 가는돌고기의 난발생 및 초기생활사를 조사하여 생물학적 특징을 밝히고 복원 및 인공종묘 생산기술의 기초자료를 확보하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험어

가는돌고기는 2010년 4월 5일 원주지방환경청의 포획허가(허가번호 제2010-07)를 받은 후, 2010년 5월 13일에 강원도 정선군 신동을 운치리 일대에서 죽대(망목 4×4 mm)와 각망(망목 4×4 mm)을 이용하여 암컷과 수컷을 채집하였으며, 이후 실험실로 운반하여 실험에 바로 사용하였다.

2. 산란유도 및 사육 방법

채집된 개체 중 성숙한 개체(암컷 10, 수컷 10)들을 골라 암·수 모두 1 kg당 0.5 mL의 Ovaprim (Syndel, Canada)을 주사한 후, 12시간 경과 후에 암컷을 복부압박법으로 채란하고 여기에 수컷으로부터 얻은 정액을 생리식염수에 100 배 희석시켜 건식법으로 수정시켰다. 수정란은 15 cm 패트리 디쉬에 분산 수용하여 난발생과 전기자어기를 관찰하였으며 이후 수조(60×45×45 cm)에 옮겨 후기자어기와 치어기를 관찰하였다. 난황 흡수가 끝난 자어부터 부화 후 30일까지는 알테미아(brine shrimp) 유생을 공급하였고, 31일 이후부터는 배합사료와 실지렁이를 순차적으로 공급하여 사육하였다. 사육용수는 매일 1/2 환수하였으며, 사육수온은 23±1°C로 관리하였다.

3. 산란량, 난발생 및 자치어 형태 관찰

산란량은 암컷 10개체를 조사하였으며, 성숙란의 크기는 20개를 무작위로 선정하여 측정하였다. 난발생 과정은 가는돌고기 난이 불투명한 난이어서 각 단계별로 난막을 제거하고 관찰하였다. 난과 자치어의 발달 과정은 해부현미경(Olympus SZX9, Japan) 하에서 8~57배의 배율에서 관찰하여 디지털카메라(Olympus DP72, Japan)로 촬영하였다. 자치어 발달과정은 부화 직후부터 부화 후 100일까지 각 단계별 무작위로 10개체를 선별한 후 마취제 MS-222 (Sindel, Canada)로 마취하여 관찰 및 전장과 체중을 측정하였다.

결 과

1. 산란행동 및 성숙란의 특징

채집된 성숙한 가는돌고기(n=20)는 체장 78~98(88.2±6.08) mm, 체중 5.8~10.5(8.0±1.63) g이었으며 암·수간에 큰 차이를 보이지 않았다. 산란량(n=10)을 조사한 결과 218±76.9(87~345)개였으며, 산란된 난은 불투명한 회색 또는 흰색의 난이었으며 크기(n=20)는 1.96±0.08(1.82~2.14) mm 였다.

2. 난발생 과정

가는돌고기 수정란은 수정 15분 후에 물을 흡수하여 2.9±0.13 mm으로 팽창되었다(Fig. 1A). 1시간 후에 세포질이 동물극(animal pole) 쪽으로 끌려 배반(blastodisc, 1세포기)이 형성되었고(Fig. 1B), 2세포기는 2시간 후에 배반에 난할이 일어나 형성되었다(Fig. 1C). 4세포기는 2시간 20분 후에 경할을 통하여 형성되었고(Fig. 1D), 8세포기는 2시간 40분 후에 난할을 통하여(Fig. 1E), 16세포기는 3시간 후에 난할을 통하여 형성되었다(Fig. 1F). 32세포기는 3시간 40분 후에(Fig. 1G), 64세포기는 4시간 후에 형성되었으며(Fig. 1H), 상실기(morula, 256세포기)는 5시간 30분 후에 형성되었고(Fig. 1I), 이후 난할을 계속하여 9시간 후에는 포배기(blastula)를 형성되었다(Fig. 1J). 14시간 후에는 낭배초기(early gastrula)에 이르러 식물극(vegetal pole) 쪽으로 덩기 시작하였으며(Fig. 1K), 이후 19시간 후에는 90% 이상을 덮어 낭배 말기에 도달하였다(Fig. 1L). 23시간 후에는 원구가 폐쇄되고 배체(embryo)의 윤곽이 뚜렷해 졌으며(Fig. 1M), 25시간 후에는 근절(myotomes)이 3~4개가 생기고 안포(optic vesicle)가 형성되었다(Fig. 1N). 27시간 후에는 8~9개의 근절이 형성되었으며(Fig. 1O), 35시간 후에는 근절이 20~21개이고 눈에 렌즈가 형성되며 이포(auditory vesicle)와 Kupper's vesicle이 형성되었다(Fig. 1P). 이후 꼬리가 난황과 분리되면서 신장되어 움직이기 시작하였으며, 50시간 후에는 34~40 근절이 생기고 두부와 난황 사이에 심장이 생성되어 튀기 시작하였으며 Kupper's vesicle이 사라졌다(Fig. 1Q). 130시간 후에는 눈이 검은색으로 착색되었고 가슴지느러미가 형성되기 시작하였으며 체측 뒤쪽에는 막지느러미가 형성되고 혈관이 다수 관찰되었다(Fig. 1R). 160시간 후에는 눈이 검게 착색되었고 부레가 척추와 난황 사이에 형성되기 시작하였으며 꼬리지느러미 기조가 5~10개가 형성되었다. 머리 상부는 연한 노란색으로 착색되었고 일부 흑색포가 관찰되었으며, 난황은 많이 흡수되어 타원형을 띠었다. 또한 체측에는 발달된 혈관이 나타났는데, 척추 아래쪽에 대동맥(dorsal aorta)과 대정맥(vena cava)이 굵게 관찰되었고, 척추를 중심으로 체절동맥(segmental aorta)과 체절정맥(segmental vein)이 관찰되었다.

Table 1. Elapsed time for egg development of *Pseudopungtungia tenuicarpa* at 23°C in water temperature

Stage	Elapsed time	Characters	Fig. 1
Zygote period			
Insemination	00 min	Sperm and egg are inseminated	–
Swelling	15 min	Inseminated egg is swelling	A
1 cell (blastodisc)	1 h 00 min	Blastodisc	B
Cell cleavage period			
2 cells	2 h 00 min	2 blastodisc is cleavage	C
4 cells	2 h 20 min	2-2 array of blastomeres	D
8 cells	2 h 40 min	2-4 array of blastomeres	E
16 cells	3 h 00 min	4-4 array of blastomeres	F
32 cells	3 h 40 min	4-8 array of blastomeres	G
64 cells	4 h 00 min	8-8 array of blastomeres	H
Morula, 256 cells	5 h 30 min	16 regular tiers of blastomeres	I
Blastula	9 h 00 min	Flattening produces an elliptical shape	J
Early gastrulation	14 h 00 min	Early gastrulation	K
Late gastrulation	19 h 00 min	Late gastrulation	L
Embryonic period			
Formation of the embryo	23 h 00 min	Formation of the embryo	M
3~4 myotomes	25 h 00 min	3-4 myotomes furrow, formation of optic vesicles	N
8~9 myotomes	27 h 00 min	8-9 myotomes furrow	O
20~21 myotomes	35 h 00 min	20-21 myotomes furrow, formation of auditory vesicles and Kupffer's vesicles	P
34~40 myotomes	50 h 00 min	34-40 myotomes furrow, formation of heart, disappear Kupffer's vesicles	Q
Black pigmentation in eyes	130 h 00 min	Black pigmentation in eyes, formation of pectoral fins	R
Formation of gas bladder	160 h 00 min	Formation of gas bladder, 10-12 caudal fin rays and development of blood circulation in post body side	S
Hatching	240 h 00 min	50% of hatching	–

tal vessel) 및 미병부 아래쪽에 꼬리하부정맥(lower caudal vein)이 복잡하게 발달된 모습을 보였다(Figs. 1S, 2). 수정 후 168시간(7일)부터 꼬리를 이용하여 난막을 뚫고 부화하기 시작하였으며 240시간(10일) 후에는 전체의 1/2 개체가 부화하였고 312시간(13일) 후에 부화를 완료하였다.

3. 자어와 치어의 발달

1) 전기자어기

부화 직후의 자어 크기는 전장 8.6 ± 0.25 (8.2~8.9) mm ($n=10$)였고 부화 하자마자 유영하였으며 입과 항문은 열려 있어 곧 알테미아 유생을 섭식하였다. 꼬리지느러미 기조는 15~17개가 생성되었고 등지느러미 원기가 나타났으며 부레가 좀 더 커졌다. 머리 위쪽에는 얇은 노란색 바탕에 흑색포가 침착되었으며 체측 중앙을 따라 흑색점이 두 줄로 배열되어 있었다(Fig. 3L₁). 1일 후에는 전장 8.7 ± 0.37 mm ($n=10$)로 난황이 거의 흡수되었고 알테미아 유생을 많이 섭식하였으며 몸 전체가 얇은 노란색을 띠었다(Fig. 3L₂).

2) 후기 자어기

부화 후 2일째에는 전장 9.0 ± 0.39 mm ($n=10$)로 난황이 모두 흡수되었고 부레가 두 개로 나뉘어져 나타났으며 꼬리지느러미 기조가 18~20개가 관찰되었다(Fig. 3L₃). 4일 후에는 전장 9.8 ± 0.42 mm ($n=10$)로 등지느러미에 기조 6~7개가 형성되었으며 척추 마지막의 미부봉상골(urostyle)

은 위쪽으로 많이 휘어져 나타났다(Fig. 3L₄). 부화 후 6일째에는 전장 10.1 ± 0.37 mm ($n=10$)로 등지느러미 기조 8개, 뒷지느러미 기조 5개가 관찰되었으며, 꼬리지느러미는 위 아래로 갈라지기 시작하였고 몸 전체에 색소가 침착되면서 불투명도가 증가하였다(Fig. 3L₅).

3) 치어기

부화 후 10일 후에는 전장 10.6 ± 0.44 mm ($n=10$)로 배지느러미 기조 4~5개가 관찰되어 모든 지느러미 기조가 정수로 나타나 치어기로 이행하였다. 또한 부레가 급격히 발달하여 앞쪽과 뒤쪽의 크기가 거의 유사하였고 체측 중앙과 아래쪽으로 검은 흑색포가 배열되어 반문이 형성되기 시작하였다(Fig. 3L₆). 15일 후에는 전장 14.0 ± 0.71 mm ($n=10$)로 머리 앞쪽부터 꼬리지느러미까지 이어지는 검은 띠가 형성되었으며 체측 아래쪽으로도 얇은 흑색포가 배열되었다(Fig. 3L₇). 30일 후에는 전장 18.1 ± 0.96 mm ($n=10$)로 성장하였으며 지느러미가 발달하여 성어와 유사하였다(Fig. 3L₈). 50일 후에는 25.9 ± 1.32 mm ($n=10$)로 체측 중앙에 검은 띠가 머리 앞쪽부터 미병부까지 짙게 나타나고 등쪽에는 짙은 회색을, 배쪽은 은백색을 띠었으며 머리 뒤 등쪽에는 세 개의 점이 역삼각형으로 배열되어 나타났었다(Fig. 3L₉). 70일 후에는 36.0 ± 2.13 mm ($n=10$)로 성장하였으며 등지느러미 끝에 검은 점이 나타나 성어의 모습과 유사하였다(Fig. 3L₁₀).

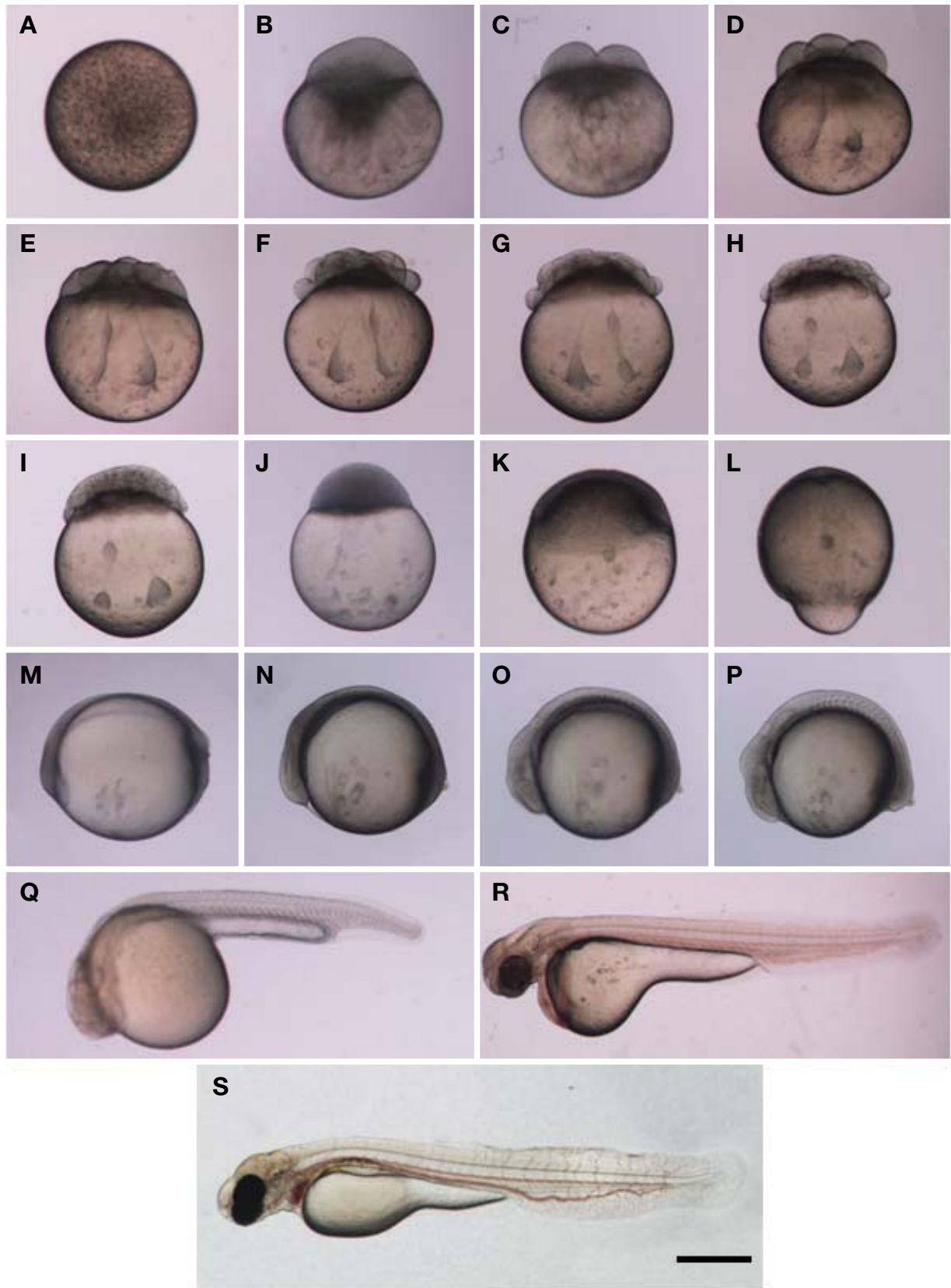


Fig. 1. Egg development and hatching of *Pseudopungtungia tenuicorpa* at water temperature 23°C. Time required for each developmental stage is shown in Table 1. The bar indicates 1 mm.

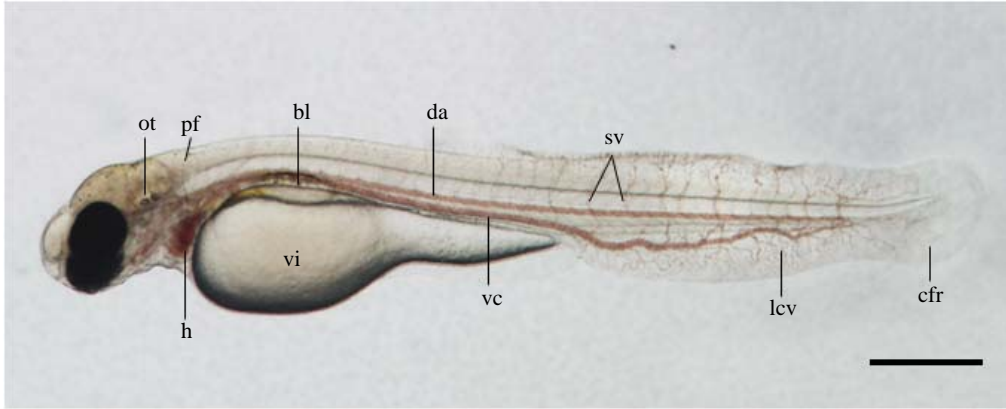


Fig. 2. Late embryonic stage (Formation of gas bladder) of *Pseudopungtungia tenuicorpa* in 160 h after fertilization. The bar indicate 1 mm. bl: bladder, cfr: caudal fin rays, da: dorsal aorta, h: heart, lcv: lower caudal vein, ot: otolith, pf: pectoral fin, sv: segmental vessel, vc: vena cava, vi: vitelline.

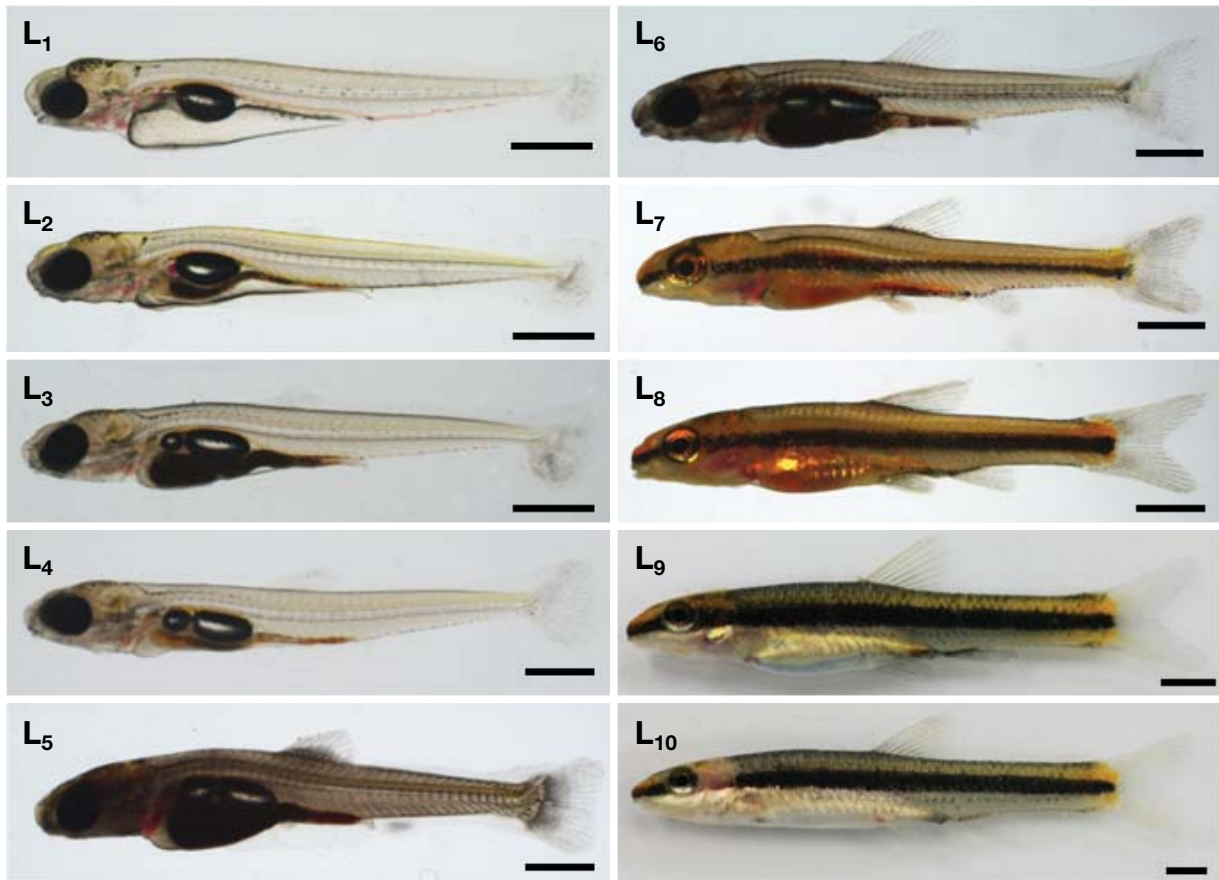


Fig. 3. Larva and juvenile development of *Pseudopungtungia tenuicorpa* at 23°C in water temperature. The bar indicates 1 mm. L₁: 0 day, 8.6 ± 0.25 mm (TL); L₂: 1 day, 8.7 ± 0.25 mm; L₃: 2 days, 9.0 ± 0.39 mm; L₄: 4 days, 9.1 ± 0.38 mm; L₅: 6 days, 10.1 ± 0.37 mm; L₆: 10 days, 10.6 ± 0.44 mm; L₇: 15 days, 14.0 ± 0.71 mm; L₈: 30 days, 18.1 ± 0.96 mm; L₉: 50 days, 25.9 ± 1.32 mm; L₁₀: 70 days, 36.0 ± 2.13 mm.

4. 성장

부화 직후 자어는 전장 8.6 ± 0.25 mm, 3.2 mg (n=10)이었

고 이후 급격한 성장을 보여 10일에 전장 10.6 ± 0.44 mm, 7.0 ± 1.4 mg (n=10), 30일에 전장 18.1 ± 0.96 mm, 37.0 ± 6.0 mg (n=10), 50일 전장 25.9 ± 1.32 mm, 0.11 ± 0.025 g (n=

고찰

10), 70일에는 전장 36.0 ± 2.13 mm, 0.29 ± 0.062 g (n=10)이였으며 100일에는 전장 43.6 ± 3.10 mm, 0.56 ± 0.129 g (n=10)이었다. 초기 길이 성장식은 $y = -1E-04x^2 + 0.3763x + 7.7031$ ($R^2=0.9941$)로 나타났고 (Fig. 4A), 초기 체중 성장식은 $y = 7E-05x^2 - 0.0011x + 0.0082$ ($R^2=0.9981$)로 나타났다 (Fig. 4B).

가는돌고기 *Pseudopungtungia tenuicorpa*는 모래무지아과 (Gobioninae)에 속하는 어류로 감돌고기 *P. nigra*와 함께 *Pseudopungtungia*에 속한다. 모래무지아과 어류의 계통분석에서 김과 강 (1989)은 미설골 (urohyal)에 의해 *Sarcoheilichthys*, *Pseudorasbora*, *Pseudopungtungia*, *Pungtungia*는 하나의 계통을 형성한다고 보고된 바 있으며 (김과 강, 1989), 강 (1991)은 골격과 근육형태를 분석하여 돌고기족 (tribe Pungtungii)에 *Coreoleuciscus*, *Sarcoheilichthys*, *Pseudorasbora*, *Pungtungia* 4속이 포함되며 *Pungtungia*에 돌고기 *P. herzi*와 감돌고기, 가는돌고기가 포함되어야 한다고 보고한 바 있다 (김과 박, 2002; 김 등, 2005). 따라서 가는돌고기의 난발생 및 초기생활사의 특징을 유연관계가 있는 돌고기족 어류들과 비교하면 다음과 같았다.

산란습성에서 쉬리 *Coreoleuciscus splendidus*는 빠른 여울의 돌 밑에 알을 붙이고 (Song, 1977), 참붕어 *Pseudorasbora parva*는 수초나 조개에 붙이는 것으로 알려졌으며 (Han et al., 2001), 중고기 *Sarcoheilichthys nigripinnis morii*와 참중고기 *S. variegatus wakiyae*는 이매패인 재첩류에 산란하는 것으로 보고되었다 (김과 박, 2002; Kang et al., 2007), 또한 가는돌고기와 돌고기, 감돌고기는 공통적으로 탁란 (brood parasitism)을 하는 것으로 알려졌다 (Baba et al., 1990; 김 등, 2004; Han et al., 2004; 이 등, 2005; 이 등, 2009). 탁란은 다른 종에 알을 위탁하여 부화 및 보호를 받게 하는 것으로, 조류인 빠꾸기류와 북미갈색머리혹조 등에서 알려져 있으며 (Davies and Brooke, 1988; Loye and Zuk, 1991), 어류에서는 아프리카의 메기류와 일본의 돌고기 등이 탁란 하는 것으로 보고된 바 있다 (Goff, 1984; Sato, 1986; Baba et al., 1990; Baba, 1994). 가는돌고기와 감돌고기, 돌고기는 공통적

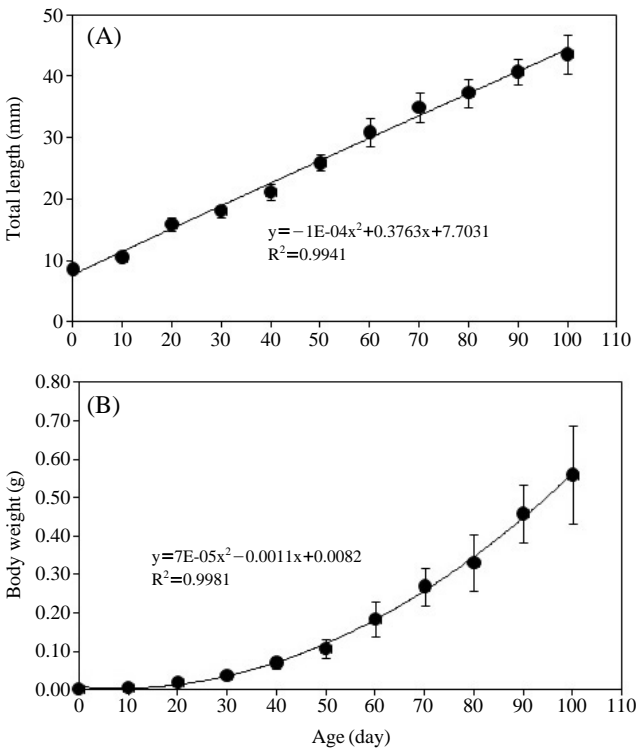


Fig. 4. Total length (A) and body weight (B) of *Pseudopungtungia tenuicorpa* after until 100 days after hatching at 23°C in water temperature. Vertical lines show standard deviation.

Table 2. Comparison of early life history factors among several species that belong to tribe Pungtungii

Species	Egg diameter (mm, mean)	Spawnd eggs (mean)	Time of hatching (water temp.)	Hatching size (mm, mean)	Days until postlarva	Days until juvenile	Spawning characteristic	References
<i>Pseudopungtungia tenuicorpa</i>	1.8~2.1 (1.96)	87~345 (218)	240h (23°C)	8.2~8.9 (8.6)	2	10	Brood parasitism and crevice spawning	Present study; Kim et al., 2004
<i>P. nigra</i>	2.2~2.3 (2.1)	250~2700	179h (20±2°C)	5.6~7.5 (6.8)	9	18	-	Kim et al., 1991
	1.9~2.2 (2.2)	1400~1900 (1600)	189h (19°C)	5.7~5.9 (5.8)	6	44	Only brood parasitism	Lee et al., 2004
<i>Pungtungia herzi</i>	2.0~2.3 (2.1)	1400~1860 (1640)	186h (19°C)	5.9~6.3 (6.0)	7~8	45	Brood parasitism and crevice spawning	Baba, 1994; Lee et al., 2002
<i>Pseudorasbora parva</i>	1.3~2.8 (1.9)	250~420	184h (17.6°C)	4.5~5.5 (5.2)	3	65	Spawning on aquatic vegetation	Han et al., 2001
<i>Sarcoheilichthys nigripinnis morii</i>	2.5~2.9 (2.6)	-	252h (15~21°C)	9.6	3	-	Spawning in bivalve	Kang et al., 2007
<i>Coreoleuciscus splendidus</i>	-	256	111~114h (19~23°C)	5.2	-	-	Spawning below stones	Song, 1977

으로 꺾지 *Coreoperca herzi*를 숙주로 하여 꺾지의 산란장에 탁란하여 번식하는 것으로 보고되었으나(김 등, 2004; 이, 2004; 이 등, 2009), 최근 돌고기와 가는돌고기는 탁란 이외에 작은 돌틈에 숙주 없이도 산란하는 틈새산란(crevice spawning)이 알려진 바 있다(이 등, 2009, 2010).

유연종과의 발생단계별 특징을 비교하여 보면(Table 2) 성숙란의 크기는 가는돌고기가 2.0mm로 감돌고기(Kim *et al.*, 1991; Lee *et al.*, 2004)와 돌고기(Lee *et al.*, 2002), 참붕어(Han *et al.*, 2001)와 유사하였으나 중고기 보다는 작았다. 산란량은 218개로 참붕어(Han *et al.*, 2001)와 쉬리와 비슷하였으나 감돌고기(Kim *et al.*, 1991; Lee *et al.*, 2004)와 돌고기(Lee *et al.*, 2002)보다는 적었다.

부화 직후의 자어는 부레와 가슴지느러미가 생성되어 있어 감돌고기(Kim *et al.*, 1991; Lee *et al.*, 2004), 돌고기(Lee *et al.*, 2002), 참붕어(Han *et al.*, 2001), 중고기(Kang *et al.*, 2007)와 비교적 유사하였으나, 크기는 전장 8.6mm로 중고기(Kang *et al.*, 2007)와 유사하였지만 감돌고기(Kim *et al.*, 1991; Lee *et al.*, 2004), 돌고기(Lee *et al.*, 2002), 참붕어(Han *et al.*, 2001) 보다는 컸고, 후기자어와 치어로의 이행시기도 비교적 중고기(Kang *et al.*, 2007)와는 유사하였지만 감돌고기(Kim *et al.*, 1991; Lee *et al.*, 2004), 돌고기(Lee *et al.*, 2002), 참붕어(Han *et al.*, 2001) 보다는 빨랐다.

가는돌고기의 부화 경과 시간은 수온 23°C에서 수정 후 10일이었다. 이러한 부화 시간을 유연종과 비교하여 보면 비교적 중고기(Kang *et al.*, 2007)와 비슷하였지만 감돌고기(Kim *et al.*, 1991; Lee *et al.*, 2004)와 돌고기(Lee *et al.*, 2002), 참붕어(Han *et al.*, 2001), 쉬리(Song, 1977) 보다는 늦은 시간이었다.

가는돌고기는 난 발달과정 말기에 체표면의 혈관이 발달하여 복잡한 모습을 보였는데, 이러한 모습은 돌고기족에 포함되는 중고기와 유사한 형태이지만 난황부에 Cuvier관과 난황동맥(vitelline ortery) 난황정맥(vitelline vein)이 관찰되지 않아 차이를 보였다. 이러한 특징은 산란형 중에서 다른 생물체내에 산란을 하는 ostracophil형에서 주로 나타나는 형질로 납자루아과나 중고기류에서 나타나는 특징으로 알려진 바 있어(Balon, 1975, 1985; Suzuki *et al.*, 1985; Kang *et al.*, 2007) 추후 비교 검토가 필요하다고 판단된다.

가는돌고기의 초기생활사 특징을 유연종과 비교 정리하여 보면, 산란방식과 난경, 부화시간 등에서는 비교적 감돌고기 및 돌고기와 유사한 경향을 보였지만 부화 자어의 크기와 후기자어 지느러미 기초형성 시기는 중고기(Kang *et al.*, 2007)와 비슷한 경향을 보였다.

요 약

멸종위기어류인 가는돌고기의 난발생 및 초기생활사 연

구는 생물학적 특성 및 복원을 위한 기초자료를 확보하기 위해 2010년 연구를 실시하였다. 성숙난은 암컷에 Ovaprim을 주사하여 얻었으며 건식법으로 인공수정시켰다. 성숙란은 강한 부착난으로 불투명한 질은 회색이었으며 난경은 1.96 ± 0.08 mm였다. 수온 23°C에서 수정 후 240시간 후에 부화하였으며 부화 직후 전기자어 크기는 전장 8.6 ± 0.25 mm였다. 부화 후 2일에 난황을 모두 흡수하였으며 전장 9.0 ± 0.37 mm로, 부화 후 10일째에는 모든 지느러미 기초가 정수가 되어 치어기로 이행하였으며 전장 10.6 ± 0.44 mm로 성장하였다. 부화 후 70일 후에는 전장 36.0 ± 2.13 mm로 등 지느러미에 검은 점이 형성되고 체측반문이 성어와 유사한 형태를 보였다.

인 용 문 헌

- 강언중. 1991. 한국산 모래무지아과 어류의 골격과 근육형태 비교에 의한 계통분류학적 연구. 전북대학교 대학원. 박사학위논문, 108pp.
- 국토해양부. 2010. 4대강 수계 멸종위기어종 증식 및 복원. 순천향대학교, 489pp.
- 김익수 · 강언중. 1989. 한국산 모래무지아과(Gobioninae) 어류의 미설골에 대한 비교연구. 한국어류학회지, 1: 24-34.
- 김익수 · 박종영. 2002. 한국의 민물고기. 교학사, 465pp.
- 김익수 · 최승호 · 이흥현 · 한경호. 2004. 금강에서 서식하는 감돌고기, *Pseudopuntungia nigra*의 탁란. 한국어류학회지, 16: 75-79.
- 김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 한국어류대도감. 교학사, 615pp.
- 이성훈. 2004. 감돌고기, *Pseudopuntungia nigra*의 초기발육 및 번식생태. 여수대학교 박사학위논문, 100pp.
- 이완욱 · 최승호 · 이문세 · 오유철. 2005. 한강에 서식하는 가는돌고기 *Pseudopuntungia tenuicopa*의 탁란에 관하여. 2005년 한국어류학회 추계학술발표대회 논문요약집, pp. 41-42.
- 이흥현 · 최 윤 · 최승호. 2009. 돌고기 *Puntungia herzi*의 자연산란장. 2010년 한국수산과학총연합회 공동학술대회 논문요약집, p. 201.
- 이흥현 · 최 윤 · 최승호 · 강동원. 2010. 가는돌고기 *Pseudopuntungia tenuicopa*의 2가지 번식전략. 2010년 한국수산과학총연합회 공동학술대회 논문요약집, p. 192.
- 환경부. 2005. 야생동 · 식물보호법. 법률 제7457호(시행규칙 제2조).
- 환경부. 2006. 멸종위기에 처한 한국특산어류의 종 보존과 복원 및 증식기술개발. 군산대학교, 537pp.
- 환경부. 2009. 멸종위기어류 미호종개의 유전 다양성 분석, 인공증식 및 생태계 복원기술 개발에 관한 연구. 순천향대학교, 506pp.
- 환경부. 2011. 멸종위기어류 얼룩새코미꾸리의 인공증식 및 방류종묘 모니터링 체제 구축. 순천향대학교, 250pp.
- Baba, R. 1994. Timing of spawning and host-nest choice for brood parasitism by the Japanese minnow, *Puntungia herzi*, on the

- Japanese aucha perch, *Siniperca kawamebari*. Ethology, 98: 50-59.
- Baba, R., Y. Nagata and S. Yamagishi. 1990. Brood parasitism and egg robbing among three freshwater fish. Anim. Behav., 40: 776-778.
- Balon, E.K. 1975. Reproductive guilds of fishes: A proposal and definition. J. Fish. Res., 32: 821-864.
- Balon, E.K. 1985. The theory of saltatory ontogeny and life history models revisited. In: Balon, E.K. (ed.), Early life histories of fishes: New developmental, ecological and evolutionary perspective. DR W. Junk Publishers, Dordrecht, pp. 13-30.
- Blexter, J.H.S. 1974. The early life history of fish. Spring-Verlag, Berlin, 765pp.
- Davies, N.B. and M. deL. Brooke. 1988. Cuckoos versus red warblers: adaptations and counter-adaptations. Anim. Behav., 36: 262-284.
- Goff, G.P. 1984. Brood care of long nose gar (*Lepisosteus osseus*) by small mouth bass (*Micropterus dolomieu*). Copeia, (1984): 149-152.
- Han, K.H., K.H. Han, S.M. Yoon, D.S. Hwang, D.J. Yoo, C.L. Lee, I.S. Kim and Y.M. Son. 2004. Early life history and spawning behavior of *Pseudopuntungia nigra*. Korean J. Ichthyol., 16: 309-316. (in Korean)
- Han, K.H., S.H. Lee, W.I. Seo, D.J. Yoo, D.S. Jin, S.H. Oh and C.C. Kim. 2001. The spawning behavior and early life history of the false dace, *Pseudorasbora parva*. J. Inst. Sci. Yosul Natl. Univ., 3: 67-76. (in Korean)
- Jeon, S.R. and K.C. Choi. 1980. A new cyprinid fish, *Pseudopuntungia tenuicopa* from Korea. Korean J. Zool., 28: 41-48.
- Kang, Y.J., H. Yang, H.H. Lee, E.H. Lee and C.H. Kim. 2007. Characteristics on spawning-host selection and early life history of *Sarcocheilichthys nigripinis morii* (Pisces, Cyprinidae). Korean J. Environ. Biol., 25: 370-377. (in Korean)
- Kim, J.K., Y.P. Hong, K.G. An and S.S. Choi. 1991. Studies on early embryonic development of *Pseudopuntungia nigra*, Korean endemic species. Korean J. Limnol., 24: 129-136.
- Lee, S.H., K.H. Han and D.S. Hwang. 2002. The early life history and spawning behavior of the *Puntungia herzi*. J. Inst. Sci. Yosul Natl. Univ., 4: 115-126. (in Korean)
- Lee, S.H., K.H. Han, S.M. Yoon, D.S. Hwang, D.J. Yoo, C.L. Lee, I.S. Kim and Y.M. Son. 2004. Early life history and spawning behavior of *Pseudopuntungia nigra*. Korean J. Ichthyol., 16: 309-316. (in Korean)
- Loye, J.E. and M. Juk. 1991. Bird-parasite interaction: ecology, evolution and Behaviour. Oxford University Press, London, 406pp.
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the world. John Wiley & Sons, Inc., pp. 139-143.
- Sato, T. 1986. A brood parasitic catfish of mouthbrooding cichlid fishes in Lake Tanganyika. Nature, 323: 58-59.
- Song, H.H. 1977. Studies on the spawning and early development of *Coreoleuciscus splendidus* Mori. J. Sci. Edu. (Jeonju National University of Education), 3: 49-60. (in Korean)
- Suzuki, N., N. Akiyama and T. Hibiya. 1985. Development of the bittering *Rodeus uyekii* (Cyprinidae), with a note on minute tubercles on the skin surface. Japan. J. Ichthyol., 32: 28-34.