

## 인공사육에 의한 멸종위기종 꼬치동자개 (*Pseudobagrus brevicorpus*)의 성장과 성숙 특성

양상근\* · 강언종<sup>1</sup> · 김광석 · 방인철<sup>2</sup>

국립수산과학원 내수면양식연구센터, <sup>1</sup>국립수산과학원 중앙내수면연구소,

<sup>2</sup>순천향대학교 해양생명공학과

### Characteristics on Growth and Sexual Maturation of an Endangered Fish, Stumpy Bullhead (*Pseudobagrus brevicorpus*), from Korea by Artificial Rearing

Sang-Geun Yang\*, Eon-Jong Kang<sup>1</sup>, Kwang-Seog Kim and In-Chul Bang<sup>2</sup>

Inland Aquaculture Research Center, NFRDI, Jinhae 645-806, Korea

<sup>1</sup>Inland Fisheries Research Institute, NFRDI, Cheongpyeong 477-915, Korea

<sup>2</sup>Department of Marine Biotechnology, Soonchunhyang University, Asan 336-745, Korea

**Abstract** – The stumpy bullhead (*Pseudobagrus brevicorpus*) endemic to Korea is one of critically endangered freshwater fish species. To provide baseline data for its captive breeding and reintroduction we investigated basal characteristics on its growth and sexual maturation in an artificial rearing environment. After 698-day rearing the stumpy bullhead grew up to  $89.22 \pm 10.29$  mm in total length (TL) and  $70.93 \pm 7.68$  g in total body weight (BW) ( $BW = 5 \times 10^{-5} TL^{2.678}$ ;  $R^2 = 0.995$ ), and showed survival rate of 74.2%. The sex ratio was 1 (471 females) : 1 (473 males), and males (TL =  $87.44 \pm 1.07$  mm; BW =  $8.43 \pm 0.31$  g) showed significantly faster growth than females (TL =  $78.38 \pm 0.92$  mm; BW =  $6.38 \pm 0.20$  g) after 663-day rearing. However, condition factor of females was significantly higher than that of males ( $P < 0.05$ ). The number of eggs per female ranged from 508 to 867 (average 734), and their diameters ranged from 0.04 to 1.65 mm. The females which reared about two years in the laboratory condition was able to spawn in the early June after 1~2 days of human chorionic gonadotropin (HCG) injection. The number of hatched fries ranged from 113 to 338 (average 216).

**Key words** : endangered fish, growth, sexual maturation, *Pseudobagrus brevicorpus*, spawning

## 서 론

꼬치동자개 (*Pseudobagrus brevicorpus*)는 메기목 (Siluriformes) 동자개과 (Bagridae)에 속하는 한국 고유 담수어

로서 낙동강 일부 지역에만 제한적으로 분포한다(김 등 2005). 그러나 이 어류의 분포지역과 개체군 밀도가 최근 현저히 감소하고 있어, 환경부(2005)와 문화재청(2005)은 “멸종위기야생동식물 I급”과 “천연기념물 제455호”로 지정하여 특별 보호와 관리가 진행되고 있다.

\* Corresponding author: Sang-Geun Yang, Tel. 055-540-2721, Fax. 055-546-6292, E-mail. sgy1397@nfrdi.go.kr

한국의 많은 담수어류는 서식지 분단, 오염, 외래종의 도입 및 남획 등으로 인해 멸종위험을 받고 있다(Chang-eux and Pont 1995; Ricciardi and Rasmussen 1999; Penczak and Kruk 2000; 홍 2004; 박 2008). 예를 들어 한국 고유어인 서호납줄갱이(*Rhodeus honda*)는 이미 절멸되었고(Kim and Park 2002), 토착어인 종어(*Leiocassis longirostris*)도 또한 한국에서 사라졌다(Peng *et al.*, 2004). 따라서 이러한 멸종위기 어종들의 보전과 복원에 많은 관심이 집중되고 있다.

멸종위기종인 꼬치동자개에 관해 현재까지 골격(이와 김 1987), 정자의 미세구조(김과 이 2003), 자연 서식처와 서식 조건(이 2004), 생태와 초기 생활사(강 등 2007) 및 인공 종묘의 성분화(오 등 2008) 등과 같은 다양한 분류학적, 생태학적, 발생학적 연구들이 진행되어 왔다. 그러나 이 종은 최근 개체군 수의 급감으로 자연산 친어 확보가 어렵고 마리당 산란수가 적어, 체계적인 종복원 사업 추진을 위해 필수적인 인공 종묘 사육에 의한 성숙한 친어를 확보하는 것이 중요하다. 인공 종묘의 성장과 성숙을 통한 친어 확보에 대한 연구는 알려진 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 인공 수정을 통해 얻어진 종묘를 대상으로 인공 사육 환경에서 친어 단계까지의 성장, 성숙 및 산란 여부를 파악하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험어 및 사육

본 연구에 사용된 꼬치동자개의 자어와 치어는 경남 함양군 수동면에 채집한 개체군을 이용하여 2007년 6월에 부화된 1,445마리를 92일째까지 실내에서 사육을 하였다. 그 이후부터 산란이 가능한 733일째(2009년 6월)까지 실외에서 사육을 실시하였다. 실내에서는 FRP 수조(2.5 m × 1.5 m × 0.5 m, 유효수량 4 ton), 실외에서는 바닥이 모래인 콘크리트 수조(4 m × 4 m × 1.5 m, 유효수량 24 ton)를 이용하여 유수식으로 사육하였고, 은신처 제공을 위하여 PVC 파이프 조각을 넣어 주었다. 사육 수온은 실내 사육에서는 20.2~23.0°C, 실외사육에서는 6.5~27.0°C 범위로 유지시켰다. 먹이는 실내사육에서는 성장단계에 따라 brine shrimp, 냉동 깔다구(*Chironomus* sp.) 유충 및 침강 배합사료(0.5~1.6 mm), 야외사육에서는 부상 배합사료(1.2~1.4 mm)를 공급하여 사육하였다.

### 2. 성장, 생존율 및 포란량 조사

성장 조사는 초기에는 1주일 간격으로 4주, 이후 2주

간격으로 4주를 조사하고, 8주 후부터는 30일 간격으로 전장, 체장 및 체중을 측정하여 전장 대 체중의 성장 관계식을 구하여 성장 지수를 구하였다. 암컷과 수컷의 성비 및 성장 차이 조사는 강 등(2007)에 의해 연구된 생식돌기 차이에 의해 암수 구별이 가능한 부화 663일째인 4월에 944마리를 대상으로 조사하였다. 생존율은 실외사육 수조로 이동한 부화 92일째부터 시작하여 211일째, 595일째 및 664일째 4회 조사하였다. 포란수 및 난경은 산란시기인 5월에 조사하였으며, 만능투영기(Nikon V-12BSC, Nikon, Japan)를 이용하여 측정 및 계수하였다.

### 3. 산란 유도

인공 사육에 의한 산란 가능 여부를 조사하기 위하여 2년생 전장 70.25~85.60 mm과 76.35~120.03 mm인 암컷과 수컷을 각각 사용하였다. 배란 및 방정 유도를 위하여 인간 융모성 고나도트로핀(human chorionic gonadotropin: HCG)을 각각 20과 10 IU g<sup>-1</sup>을 복강에 주사하였다. 산란은 실내에 설치한 아크릴 수조(0.7 m × 0.45 m × 0.45 m, 유효수량 0.2 ton)에서 실시하였다. 이때 강 등(2007)에 따라 산란 기질로써 선택성이 높은 인공 수초를 넣어 주었다. 산란 확인은 HCG를 주사한 후 24시간 마다 실시하였고, 산란수는 수정난 전체가 시차를 두지 않고 모두 일시에 부화되는 점을 이용하여 암컷 1마리당 부화된 개체수를 계수하여 조사하였다.

### 4. 통계처리

암·수에 따른 성장형질 전장, 체장, 체중 및 비만도의 비교 분석을 위하여 분산분석(ANOVA)을 이용하였으며, 성별에 따른 유의성 검정은 LSD 검정( $P < 0.05$ )을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 성장과 생존율

인공 사육에 의한 전장과 체중의 변화는 Fig. 1에 나타내었다. 전장과 체중은 부화 3일째에 각각  $6.87 \pm 0.13$  mm과 0.01 g에서 698일째에 각각  $89.22 \pm 10.29$  mm와  $70.93 \pm 7.68$  g까지 성장하였다. 전장의 변화는 부화 131일째까지 빠른 성장을 보였지만, 부화 173일째부터 334일째까지와 부화 550일째부터 698일까지는 성장이 둔화되었다. 이 기간은 수온이 낮아지기 시작하는 11월부터 수온 상승 이전인 5월에 해당하는 시기로써(7.2~12.5°C), 수온 저하에 의한 먹이 섭취가 적어 성장에 영향을 받았던 것

으로 판단되었다. 반면 체중의 변화를 보면 전장과 유사한 성장 양상을 보였으나, 특히 4월과 5월에 해당하는 시기에 체중의 급속한 증가와 편차가 크게 나타난 것은 성숙에 의한 생식소의 중량 증가뿐만 아니라 개체별로 성숙에 차이가 있는 것으로 판단되었다.

본 연구에서 인공 환경에서 사육한 만 2년생 개체의 전장은  $89.22 \pm 10.29$  mm로써, 자연 서식처에 방류하여 산란 최소 연령에 도달한 만 2년생의 체장이 66~83 mm (환경부 2009)와 비교하면, 본 연구에서의 사육 환경이 자연 서식처에서의 환경과 유사하였다고 판단된다. 강 등(2007)은 자연산 꼬치동자개의 증식용 친어의 크기는 최소 8 cm 이상이어야 한다고 보고하였고, 오 등(2008)이

인공산 꼬치동자개 난모세포는 부화 후 10개월째에 난모세포로 분화되고 정소는 부화 후 만 1년째에 성숙한 정자가 출현한다고 보고하고 있어, 본 연구에서 사육된 만 2년생 친어 성숙이 충분히 이루어질 때까지 성장하였다고 판단할 수 있었다.

인공사육에 의한 전장(TL)과 체중(BW)의 관계를 산점도와 지속곡선식으로 추정한 결과,  $BW = 5 \times 10^{-5} TL^{2.678}$  ( $R^2 = 0.995$ )로 나타났고, 전장이 증가함에 따라 체중은 지수 관계로 증대가 되는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 2). 자연 서식지의 자연 개체와 방류 개체군의 전장과 체중의 지속곡선식의 기울기가 각각 0.000019와 0.000018 (환경부 2009)에 비해 본 연구에서는 0.00005로써 자연서식지보다는 전장에 따른 체중 증가가 높은 것은 인공사육을 통한 먹이공급 등에 의한 영향으로 사료되었다.

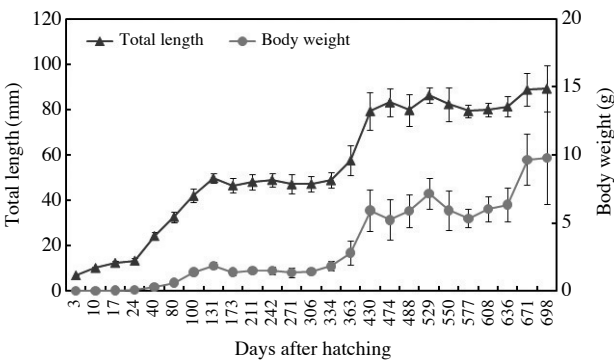


Fig. 1. Total length and body weight during the rearing period from three days to 698 days after hatching (Means  $\pm$  S.D.).

2. 암·수의 성비 및 성장 차이

암·수의 성비 및 성장 차이 조사에서는 강(2007)의 수컷은 총 배설강 뒤로 원추형 모양의 생식돌기가 뒷지느러미 기점을 약간 지날 정도로 발달하고 암컷은 후연이 약간 돌출되었을 뿐으로 육안으로도 구분이 가능한 특징을 이용하여 부화 663일째인 산란기 이전인 4월에 조사하였다. 암·수의 성비는 총 994개체를 조사한 결과 암컷이 471개체, 수컷이 473개체였으며, 성비는 약 1 : 1로 나타났다.

암·수의 성장 차이는 Table 1에 나타났다. 성장 형질인 전장, 체장 및 체중은 암컷이 각각  $78.38 \pm 0.92$  mm,  $69.65 \pm 0.84$  mm 및  $6.38 \pm 0.20$  g, 수컷이 각각  $87.44 \pm 1.07$  mm,  $76.02 \pm 1.06$  mm 및  $8.43 \pm 0.31$  g로 나타나 암컷에 비해 수컷이 유의적으로 성장이 빠른 것으로 나타났다. 반면 비만도는 암컷이  $13.22 \pm 0.19$ , 수컷이  $12.51 \pm 0.14$ 로 나타나, 수컷에 비해 암컷이 유의하게 높은 값을 보였다 ( $P < 0.05$ ). 암컷과 수컷의 성장 차이는 성적 이형으로 담수어류에서 보고되고 있다(Akira 1984). 본 연구에서 꼬치동자개의 비만도는 암컷이 수컷보다 1.3배 높았다. 이와 유사하게 강 등(2003)은 대농갱이(*Leiocassis ussuriensis*)의 수컷이 암컷보다 체장은 1.5배, 체중은 3배 높았다고 보고하고 있어, 암수의 성장 차이는 동자개과의 특징이라고 추측된다. 한편 비만도가 암컷이 수컷보다 유의적으로 높게 나타났다. 이러한 결과는 조사 시기가 4월

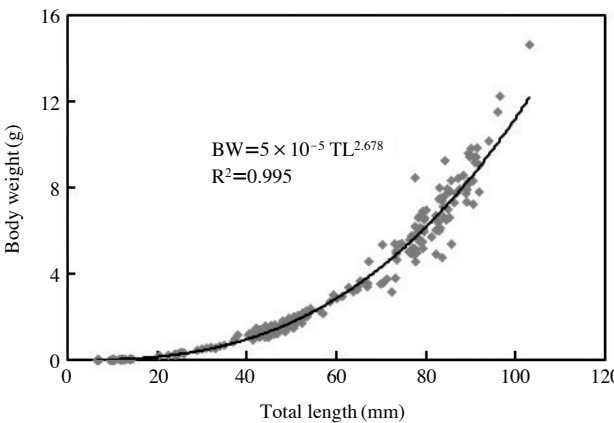


Fig. 2. Relationship between total length (TL) and body weight (BW) during the rearing period from three days to 698 days after hatching ( $n = 248$ ).

Table 1. Growth difference between females and males after 663-day hatching (Means  $\pm$  S.E.)

Sex	Total length (mm)*	Body length (mm)*	Body weight (g)*	Condition factor*
Female	$78.38 \pm 0.92^b$	$69.65 \pm 0.84^b$	$6.38 \pm 0.20^b$	$13.22 \pm 0.19^a$
Male	$87.44 \pm 1.07^a$	$76.02 \pm 1.06^a$	$8.43 \pm 0.31^a$	$12.51 \pm 0.14^b$

Note: Means in the same column with the same letter are statistically insignificant at 5% level of significance

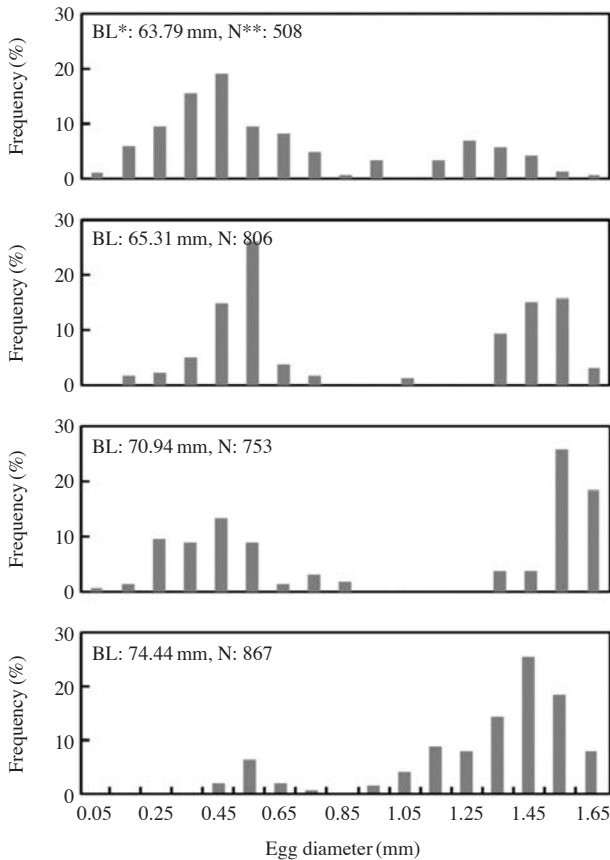


Fig. 3. Frequency distribution of egg diameter in May. \*Body length of females, \*\*the number of eggs.

로 꼬치동자개 산란기 직전인 점과 Fig. 1에서 부화 671과 698일째에 전장의 성장이 둔화되었지만 체중은 급격히 증가하는 점으로 미루어 보아, 암컷의 난의 성숙에 의한 체중 증가 때문인 것으로 사료되었다. 한편 본 연구에서 인공 사육된 암컷과 수컷의 비만도가 5월에 조사된 만 2년생 자연 개체군과 방류한 개체군의 그것보다 낮게 나타났다(각각 14.57와 14.21; 환경부 2009). 이러한 결과는 1개월 정도의 조사 시기의 차이에 기인한 것으로 여겨진다. 앞으로 이러한 비만도 지수를 활용하여 꼬치동자개의 생식소의 성숙 및 산란 시기를 판단할 수 있을 것으로 여겨진다.

### 3. 포란수와 난경

부화 698일째인 5월에 체장 63.8~74.4 mm인 암컷 4 개체를 대상으로 난경의 크기에 따른 분포 빈도는 Fig. 3에 나타내었다. 난경은 0.04~1.65 mm 범위였고, 포란수는 평균 751개 (508~876개)였다. 또한 난경 분포는 전 조사 개체에서 1 mm를 기준으로 2개의 mode가 형성되었

고, 1 mm 이상은 조사 개체의 크기에 따라 평균 386개 (113~685개)로 분포의 차이가 확인되었다. 이것은 2년 동안 성장한 개체들이 크기에 따라 산란양에서 차이가 보일 것으로 예상된다.

강 등(2007)의 자연산인 86.6~96.2 mm의 개체에서 성숙한 난의 난경은 1.45~1.93 mm, 포란수는 200~250 개로 보고하고 있다. 본 연구에서 난경은 0.04~1.65 mm 범위로 난의 크기가 작은 것은 조사 시점의 차이에 의한 것으로 사료되었고, 포란수에서 3배 정도의 차이가 있는 것은 난경이 1 mm 이하 난들이 포함된 것으로 생각되지만, 인공 사육어와 자연 개체들 간의 포란수의 차이에 대해서는 지속적인 조사가 필요할 것으로 판단된다.

### 4. 산란 유도

인공 사육에 의한 만 2년생 개체들의 산란 유도는 6월 초순에 HCG를 주사한 후 1~2일 사이에 가능하였고, 암컷 한 마리 당 부화 개체는 평균 216마리 (113~338마리)였다. 어류의 산란기 결정은 주로 수온에 대한 반응으로 나타나며, 일반적으로 봄·여름 산란형에 속하는 어류는 생식소의 성숙과 산란 개시는 수온의 상승에 의해 유도된다(de Vlaming 1975). 본 연구에서 자연 산란 유도는 6월 초순에 가능하여 자연 서식지의 산란기로 보고된 김(1997)의 6~7월과 강 등(2007)의 5~6월에 비해 큰 차이가 없었다.

HCG는 일반적으로 다른 호르몬과 병행하여 사용할 수 있을 뿐만 아니라 국제적으로 표준화되어 있어 결과를 비교하는데 용이하고 뚜렷한 효과가 인정되어 어류의 성숙 및 배란에 효과적으로 이용되고 있다(Lam 1982; Donaldson and Hunter 1983). 박 등(1998)이 동자개과에 속하는 동자개 (*Pseudobagrus fulvidraco*)를 대상으로 20,000 IU kg<sup>-1</sup>가 배란 유도에 효과적이라고 보고하였고, 강 등(2007)은 꼬치동자개를 대상으로 LHRH-a 0.01 µg g<sup>-1</sup>와 pimozone 1 mg g<sup>-1</sup>를 주사한 후 HCG 10 IU g<sup>-1</sup>로 주사하여 자연 산란을 유도하였다. 본 연구에서는 20 IU g<sup>-1</sup> 주사에 의해 자연 산란 유도가 가능하였지만, 정확한 성숙 단계별 적정 호르몬 투여량과 효과적인 투여 방법에 대한 추가 연구가 필요하다. 한편 HCG를 주사한 후 배란 유도 소요 시간은 박 등(1998)이 동자개에서 17~27시간으로, 강 등(2007)이 꼬치동자개에서 30시간으로 보고하였다. 본 연구에서도 24~48시간 사이에 자연 산란 유도가 가능한 것으로 나타나, 동자개과 종들 사이에서는 HCG를 주사한 후 배란 유도 소요 시간에는 큰 차이가 없는 것으로 사료되었다.

본 연구에서 암컷 1마리당 부화 개체수는 216마리로

서 강 등(2007)의 자연산 암컷 1마리당 부화된 자어 230마리에 비해 낮았다. Fig. 3에서 나타냈듯이 난경 1.4mm 이상의 성숙란은 개체에 따라 차이가 있어 산란량에 영향을 미쳤는지 아니면 첫 산란의 영향인지는 추후 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서 2년생 친어의 산란 능력이 확인되었다. 따라서 인공 사육 환경에서도 성장 및 성숙에 문제가 없었던 것으로 사료된다. 이러한 결과는 인공 증식에 활용할 충분한 친어를 확보할 수 있어 멸종위기종 복원 사업을 추진할 수 있는 기틀을 마련하였다고 판단된다.

## 적 요

멸종위기에 처한 꼬치동자개 (*Pseudobagrus brevicorpus*)의 보전과 복원을 위한 기초 자료를 제공하기 위하여 인공사육 환경에서 사육된 종묘에서 친어까지의 성장과 성숙 특징들을 조사하였다. 부화 후 698일의 인공사육 기간 동안 전장과 체중은 각각  $89.22 \pm 10.29$  mm와  $70.93 \pm 7.68$  g로 성장하였고, 전장(TL)과 체중(BW)의 관계는  $BW = 5 \times 10^{-5} TL^{2.678}$  ( $R^2 = 0.995$ )로 나타났으며, 생존율은 74.2%였다. 암컷과 수컷의 성비는 1(암컷, 471):1(수컷, 473)이었다. 부화 후 663일째에 암컷의 전장과 체중은 각각  $78.38 \pm 0.92$  mm와  $6.38 \pm 0.20$  g로 나타나 수컷의  $87.44 \pm 1.07$  mm와  $8.43 \pm 0.31$  g에 비해 높았으나, 비만도는 암컷이 수컷에 비해 유의적으로 높은 값을 보였다 ( $P < 0.05$ ). 암컷 1마리당 포란수는 평균 734개 (508~867개)였고, 난경은 0.04~1.65 mm의 범위를 보였다. 인공 사육된 친어는 만 2년이 되던 6월 초순에 인간 융모성 고나도트로핀 (human chorionic gonadotropin: HCG)을 주사한 후 1~2일 사이에 산란이 가능하였고, 부화된 개체는 평균 216마리 (113~338마리)였다.

## 사 사

본 연구는 환경부 수탁연구사업(꼬치동자개의 증식·복원 연구) 및 국립수산물연구원(멸종위기 담수어 보존 및 복원 연구, RP-2009-AQ-095)의 지원에 의해 작성되었음. 연구에 협조하여 주신 내수면양식연구센터 이승주, 신현상, 장현규님께 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

강언중, 양 현, 이흥현, 조용철, 김응오, 임상구, 방인철.

2007. 꼬치동자개 (*Pseudobagrus brevicorpus*)의 생태와 초기 생활사 환경생물. 25:378-384.
- 강언중, 이배익, 조미영, 손상규, 김광석, 김이청, 방인철. 2003. 대농갱이 암·수 성장차이. 한국어류학회지. 15:272-277.
- 김구환, 이준일. 2003. 꼬치동자개 (*Pseudobagrus brevicorpus*) 정자의 미세구조와 계통적 고찰(경골어류, 메기목, 동자개과). 한국수산학회지. 36:480-485.
- 김익수. 1997. 한국동식물도감 제37권 동물편(담수어류). 교 육부. 622pp.
- 김익수, 최 윤, 이충렬, 이용주, 김병직, 김지현. 2005. 한국어 류대도감. 교학사. 615pp.
- 문화재청. 2005. 국가지정 문화재 지정보고서: 천연기념물·명승. pp.56-57.
- 박수진. 2008. 생물다양성협약상 해양생물자원 관련 주요의 제 분석을 통한 국내정책의 개선방향에 관한 연구. 해양 정책연구. 23:65-106.
- 박홍양, 이종영, 이영직, 권혁추. 1998. LHRH-a와 pimozide에 의한 동자개의 배란유도. 한국양식학회지. 11:151-158.
- 오민기, 박종영, 강언중, 양상근, 김응오, 조용철. 2008. 꼬치동자개 *Pseudobagrus brevicorpus* 인공종묘의 성분화 과정. 한국어류학회지. 20:255-262.
- 이충렬. 2004. 한국멸종 위기 및 희귀어류 현황과 보존. 한국 어류학회 추계학술발표대회 심포지움 발표요약집. pp.17-27.
- 이충렬, 김익수. 1987. 꼬치동자개 *Coreobagrus brevicorpus*의 골격에 관한 연구. 한국육수학회 춘계학술발표요지록. p.125.
- 환경부. 2005. 야생동식물보호법. 법률 제7457호.
- 환경부. 2009. 꼬치동자개 증식·복원 연구. pp.63-67.
- 홍영표. 2004. 멸종위기종 미호종개의 현황과 보존. 한국어류 학회 추계학술발표대회 심포지움 발표요약집. pp.23-37.
- Akira G. 1984. Sexual dimorphism in river sculpin *Cotus hangiongensis*. Jap. J. Ichthyol. 31:161-166.
- Changeux T and D Pont. 1995. Current status of the riverine fishes of the French Mediterranean basin. Biol. Conserv., 72:137-158.
- de Vlaming VL. 1975. Effects of photoperiod and temperature on gonadal activity in the cyprinid teleost, *Notemigonus crysoleucas*. Biol. Bull. 148:402-415.
- Donaldson EM and GA Hunter. 1983. Induced final maturation, ovulation and spermiation in cultured fishes. pp.351-403. In Fish Physiology. Reproduction, Vol. 9(B) (Hoar WS, DJ Randall and EM Donaldson eds.). Academic Press, Orlando, FL.
- Kim IS and JS Park. 2002. Freshwater Fisheries of Korea. Kyohak Publishing, Korea, 465pp.
- Lam TJ. 1982. Applications of endocrinology to fish culture. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39:111-137.
- Penczak K and A Kruk. 2000. Threatened obligatory riverine fishes in human-modified polish rivers. Ecol. Freshwater

Fish. 9:109-117.

Peng L, WO Lee, JH Im, SJ Lee, YK Nam and DS Kim. 2004. Genetic analysis of long snout bullhead (*Leiocassis longirostris*) using mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I and 12S rRNA genes. Korean J. Ichthyol. 16:109-115.

Ricciardi A and JB Rasmussen. 1999. Extinction rates of north American freshwater fauna. Biol. Conserv. 13:1220-1222.

Manuscript Received: November 6, 2009

Revision Accepted: November 20, 2009

Responsible Editor: Min-Ho Jang