

## 한강 하구역 가숭어 (*Chelon haematocheilus*)의 연령과 성장

김민규 · 최건식 · 신문경 · 김병표 · 한경남\*

인하대학교 해양과학과

**Age and Growth of Redlip Mullet (*Chelon haematocheilus*) in the Han River Estuary, Korea by Min-Kyu Kim, Keon-Sic Choi, Moon-Kyung Shin, Byeong-Pyo Kim and Kyung-Nam Han\* (Department of Ocean Sciences, Inha University, Incheon 402-751, Korea)**

**ABSTRACT** Age and growth of redlip mullet, *Chelon haematocheilus* were determined using samples collected in Han River estuary of Korea from June, 2013 to May, 2014. Age was determined from sagittal otoliths and Annul marks were formed in January once a year. In addition, spawning season was estimated in May, thus first ring was formed 8 months. The mullets were principally composed of 0 to 3 years old and the oldest was 9 years old. Relationship between standard length (SL) and total weight (TW) were  $TW = 0.0124SL^{3.0133}$  ( $r^2 = 0.9931$ ). The Von Bertalanffy growth parameters estimated were  $L_{\infty} 61.3$ ,  $W_{\infty} 3,230.6$ ,  $K 0.29/\text{year}$ ,  $t_0 - 0.05$  year.

**Key words:** Redlip mullet, *Chelon haematocheilus*, otolith, growth, Von Bertalanffy

### 서 론

숭어과 (Mugilidae)는 전 세계적으로 25속 72종이 분포하며 (Durand *et al.*, 2012), 그 중 가숭어 (*Chelon haematocheilus*: Temminck and Schlegel 1845)는 숭어 (*Mugil cephalus*), 등줄 숭어 (*Chelon affinis*)와 함께 우리나라에 서식하는 어류로 영명은 Redlip mullet, So-iny mullet, 일명은  $\times\text{ナダ}$ 로 알려져 있다. 가숭어는 우리나라 전 연안, 중국, 일본, 대만, 러시아, 유럽 등에 서식하며 (Li *et al.*, 2006), 식성은 잡식성으로 주로 규조류, 저서 미세조류를 섭이하고 (Cardona, 2006; Lin *et al.*, 2007), 하구역에 서식하는 광염성 어종으로 하구역과 담수를 왕복 회유한다 (Minos *et al.*, 2010).

한강 하구역은 우리나라 4대강 중 유일하게 하구순환이 막히지 않은 하구로서 자연적인 하구지형과 기수역 생태계를 보존하고 있어 생물다양성이 풍부하고, 수로와 갯벌이 발달하여 다양한 해양생물의 산란장 및 성육장으로 이용된다 (Shin and Yoon, 2005; Koo, 2009). 그러나 한강 하구역은 수도권과 인접하여 개발압력이 항상 높으며, 수도권 매립, 신공항 건설 등

대규모 토목사업에 의해 환경이 악화되고 있는 실정이다. 이러한 환경변화로 인한 회유성 어종들의 생태에 지속적으로 위협이 있는 실정이다.

가숭어에 관한 국외 연구는 섭이 (Hossain *et al.*, 2000; Kang *et al.*, 2005), 기생충 (Kostadinova, 2008), 연령과 구조 (Matishov *et al.*, 2009), 유전자구조 (Xu *et al.*, 2009), 성성숙 (Minos *et al.*, 2010), 유전적 계군 분석 (Han *et al.*, 2013), 회유 패턴 (Chang *et al.*, 2012) 등 다양한 분야의 연구가 보고되었으나 국내 연구는 지리적 변이 (Lee *et al.*, 1989), 숭어과 어류의 분류 (Lee and Joo, 1994), 기생충 감염 (Chung *et al.*, 1997), 난·자치어의 형태발달 (Kim *et al.*, 2000), 축제식 양식 (Kang *et al.*, 2000), 월동기 저수온 충격에 따른 생리적반응 (Kang *et al.*, 2007) 등으로 주로 분류나 발생, 양식에 관한 연구가 이루어져 있고 자원 생태학적 연구는 없다.

따라서 본 연구의 목적은 자원 생태학적 기본 정보인 연령과 성장 연구를 함으로서 Von Bertalanffy 성장매개변수인 이론적 최대체장 ( $L_{\infty}$ ), 성장계수 (K), 체장이 0일 때 연령 ( $t_0$ )을 제공하여 가숭어의 자원 생태적 연구를 보완하고자 한다.

\*Corresponding author: Kyung-Nam Han Tel: 82-32-860-7709,  
Fax: 82-32-862-0988, E-mail: knhan@inha.ac.kr

## 재료 및 방법

### 1. 채집 및 측정

본 연구는 2013년 6월부터 2014년 5월까지 한강 하구역에서 자망과 계랑 안강망으로 어획된 가송어를 구입하여 표본으로 이용하였다 (Fig. 1). 표본은 체장 (SL, Standard Length)은 0.1 cm까지, 체중 (TW, Total Weight)은 0.1 g까지 측정하였다. 암수 구별은 복부를 절개 후 육안으로 분리하였다.

### 2. 체장과 체중 관계

체장과 체중 간의 관계식은 다음 (1) 과 같다.

$$W = aSL^b \quad (1)$$

여기서 W는 체중, SL은 체장, a와 b는 상수이다.

### 3. 생식소 속도지수

가송어의 산란기와 이석의 초륜 형성시기를 추정하기 위해 생식소 속도지수 (GSI, Gonadosomatic index)의 월별 변화를 비교하였다. 생식소 속도 지수 식은 다음 (2) 과 같다.

$$GSI = \frac{GW}{TW} \times 10^2 \quad (2)$$

여기서, GW는 생식소 중량 (Gonad Weight, g), TW는 체중 (Total Weight, g)이다.

### 4. 연령사정

이석은 월별 약 30개 임의 표본 추출하여 총 382개를 연령사정 하였다. 추출한 이석은 점막과 이물질을 제거한 뒤 증류수로 세척 후 건조시켜 보관하였다. 또한 연령사정의 통일성을 위해 우측 이석만 Resin과 Hardener를 이용하여 몰딩하였고, 몰딩한 이석은 400, 640, 1200목 (grit) 순으로 연마한 뒤 alumini powder 1.0 μm로 연마하여 광택을 낸 후 실체현미경 (SZX16, OLYMPUS)과 영상분석프로그램 (i-Solution)을 이용하여 이석경 (R)과 각 윤문까지 거리 (r<sub>n</sub>)를 0.001 mm 단위로 측정하였다 (Fig. 2). 윤문은 좁은 투명대와 넓은 불투명대가 반복되는 모양으로 불투명대에서 투명대로 넘어가는 경계가 선명하여 윤문으로 설정하였다.

### 5. 연역지수 (Marginal index)

윤문의 형성시기와 연간 형성횟수를 추정하기 위해 연역지수 (Marginal Index, MI)의 월별 변화를 식 (3)을 사용하여 구하였다.

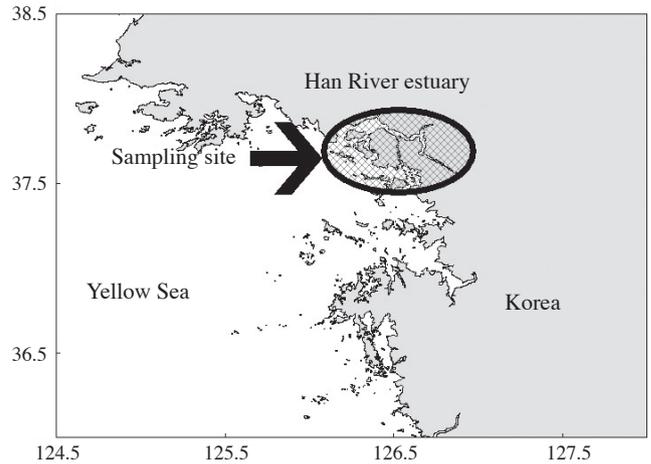


Fig. 1. Location of the sampling area of Redlip mullet in the Han River estuary.

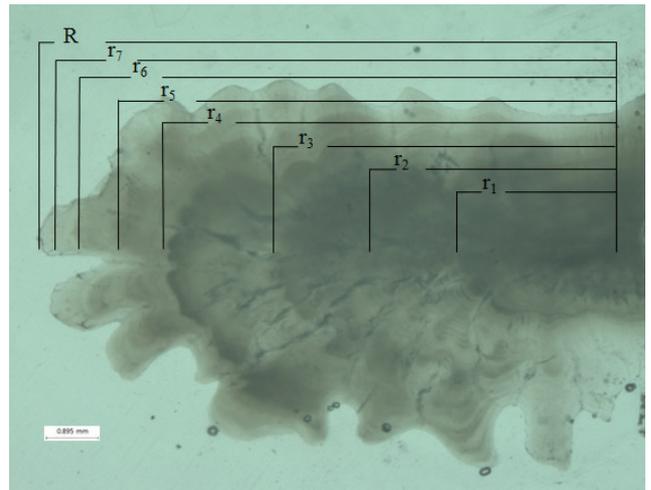


Fig. 2. Sagitta otolith of 7-year-old redlip mullet specimen.

$$MI = \frac{R - R_n}{r_n - r_{n-1}} \quad (3)$$

여기서 R은 이석반경, r은 윤경으로 이석중심부에서 n번째 윤문까지의 거리이다.

### 6. Von Bertalanffy 성장식

성장식은 Von Bertalanffy 성장식 (Von Bertalanffy, 1938)을 사용하였고, 비선형회귀 분석법으로 매개변수를 추정하였다. 추정한 매개변수를 이용한 Von Bertalanffy 체장과 체중에 관한 성장식은 다음 (4)과 같다.

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)}) \quad (4)$$

**Table 1.** Monthly standard length and total weight distributions

Year	Month	Sex	Number of specimen	Average SL (cm)	Range of SL (cm)	Average TW (g)	Range of TW (g)	Otolith
2013	Jun.	C	72	25.8 ± 11.9	13.3~59.6	402.3 ± 562.3	23.8~2,812.0	23
		M	5	28.3 ± 5.6	22.5~38.0	357.3 ± 257.1	147.9~837.7	1
		F	15	38.7 ± 11.2	22.2~59.6	954.8 ± 780.7	141.9~2,812.0	7
	Jul.	C	37	25.6 ± 10.8	11.6~52.0	368.9 ± 510.5	21.7~2,124.0	20
		M	8	28.3 ± 6.3	21.9~43.4	374.9 ± 369.1	125.9~1,340	3
		F	14	34.2 ± 9.9	24.2~52.0	694.5 ± 634.3	179.9~2,124.0	6
	Aug.	C	34	26.0 ± 11.9	15.6~53.2	482.9 ± 482.9	55.5~2,610.0	24
		M	8	38.0 ± 11.8	20.2~53.2	1,178.5 ± 953.5	104.2~2,610.0	4
		F	8	33.1 ± 10.3	21.3~49.4	703.2 ± 583.8	124.3~1,820.0	4
	Sept.	C	62	19.7 ± 6.4	7.9~46.5	135.5 ± 174.4	7.2~1,366.0	35
		M	15	24.8 ± 6.6	20.5~46.5	255.0 ± 309.8	110.4~1,366.0	11
		F	8	23.4 ± 1.1	22.1~26.1	166.0 ± 28.6	139.0~232.5	4
	Oct.	C	66	22.5 ± 9.7	9.2~56.8	247.2 ± 422.8	10.2~2,578.0	27
		M	20	26.4 ± 5.6	21.1~43.1	286.2 ± 244.5	113.8~1136.0	7
		F	9	36.2 ± 12.8	22.7~56.8	841.8 ± 820.7	145.8~2,578.0	7
	Nov.	C	53	22.4 ± 15.7	7.2~59.8	390.5 ± 558.8	5.2~2,824.0	38
		M	13	37.7 ± 3.6	29.0~44.9	711.5 ± 199.7	292.9~1,168.0	5
		F	10	42.3 ± 8.3	32.4~59.8	1,111.4 ± 719.4	457.7~2,824.0	5
Dec.	C	87	21.8 ± 11.7	6.6~45.4	274.8 ± 359.2	3.5~1,234.0	43	
	M	9	39.8 ± 2.2	37.1~43.6	904.9 ± 142.0	722~1,234.0	7	
	F	14	37.5 ± 3.1	31.6~43.8	758.3 ± 168.4	562.0~1,134.0	10	
2014	Jan.	C	60	24.3 ± 11.4	8.6~53.1	301.2 ± 452.7	8.6~53.1	51
		M	11	34.6 ± 5.7	26.0~46.4	555.3 ± 301.6	258.8~1430.0	10
		F	11	38.8 ± 7.5	30.5~53.1	839.6 ± 494.3	416.0~1992.0	7
	Feb.	C	95	21.2 ± 10.7	6.6~53.6	233.8 ± 380.0	3.8~2,406.0	30
		M	14	30.5 ± 5.9	21.0~40.7	384.5 ± 192.1	111.3~763.7	4
		F	16	37.6 ± 6.9	23.7~53.6	814.6 ± 577.1	162.7~2,406.0	13
	Mar.	C	76	22.1 ± 12.7	7.6~60.7	287.6 ± 440.5	4.7~2,406.0	28
		M	11	37.8 ± 2.7	32.5~41.7	732.8 ± 168.4	408.4~1032.0	8
		F	9	42.2 ± 8.4	34.2~60.7	1,069.8 ± 597.6	512.2~2,406.0	6
	Apr.	C	77	30.9 ± 8.6	21.3~58.6	500.1 ± 590.2	126.7~3,160.0	31
		M	17	37.4 ± 6.7	26.2~51.7	748.7 ± 481.7	206.2~1,980.0	12
		F	13	39.3 ± 10.3	27.0~58.6	1,050.8 ± 964.2	248.5~3,160.0	6
	May	C	70	25.3 ± 13.4	10.2~60.9	435.7 ± 726.1	14.6~3,410.0	32
		M	6	40.8 ± 10.8	26.7~55.7	1,062.3 ± 822.6	248.7~2,254.0	7
		F	10	47.1 ± 8.5	36.8~60.9	1,643.4 ± 956.9	754.9~3,410.0	11
	Total	C	751	23.8 ± 11.7	6.5~60.9	329.0 ± 505.7	3.5~3,410.0	382
		M	161	32.6 ± 8.4	20.2~54.7	561.5 ± 481.8	104.2~2610.0	79
		F	145	37.6 ± 10.1	21.3~60.9	875.5 ± 729.7	124.3~3,410.0	86

$$W_t = W_\infty(1 - e^{-k(t-t_0)})_n \quad (5)$$

한 다음 공분산분석 (ANCOVA)을 실시하였다.

여기서  $L_t$ 는 연령  $t$ 에서의 체장,  $L_\infty$ 는 이론적 최대 체장,  $W_\infty$ 는 이론적 최대 체중,  $K$ 는 성장계수,  $t_0$ 는 체장이 0일때의 이론적 연령이다.

## 결 과

### 7. 통계

#### 1. 체장 빈도 및 조성

암수를 구분하기 위해 R(이석경)과 SL(체장)의 관계를 구

조사기간 동안에 가송어는 총 751개체가 채집되었으며 그

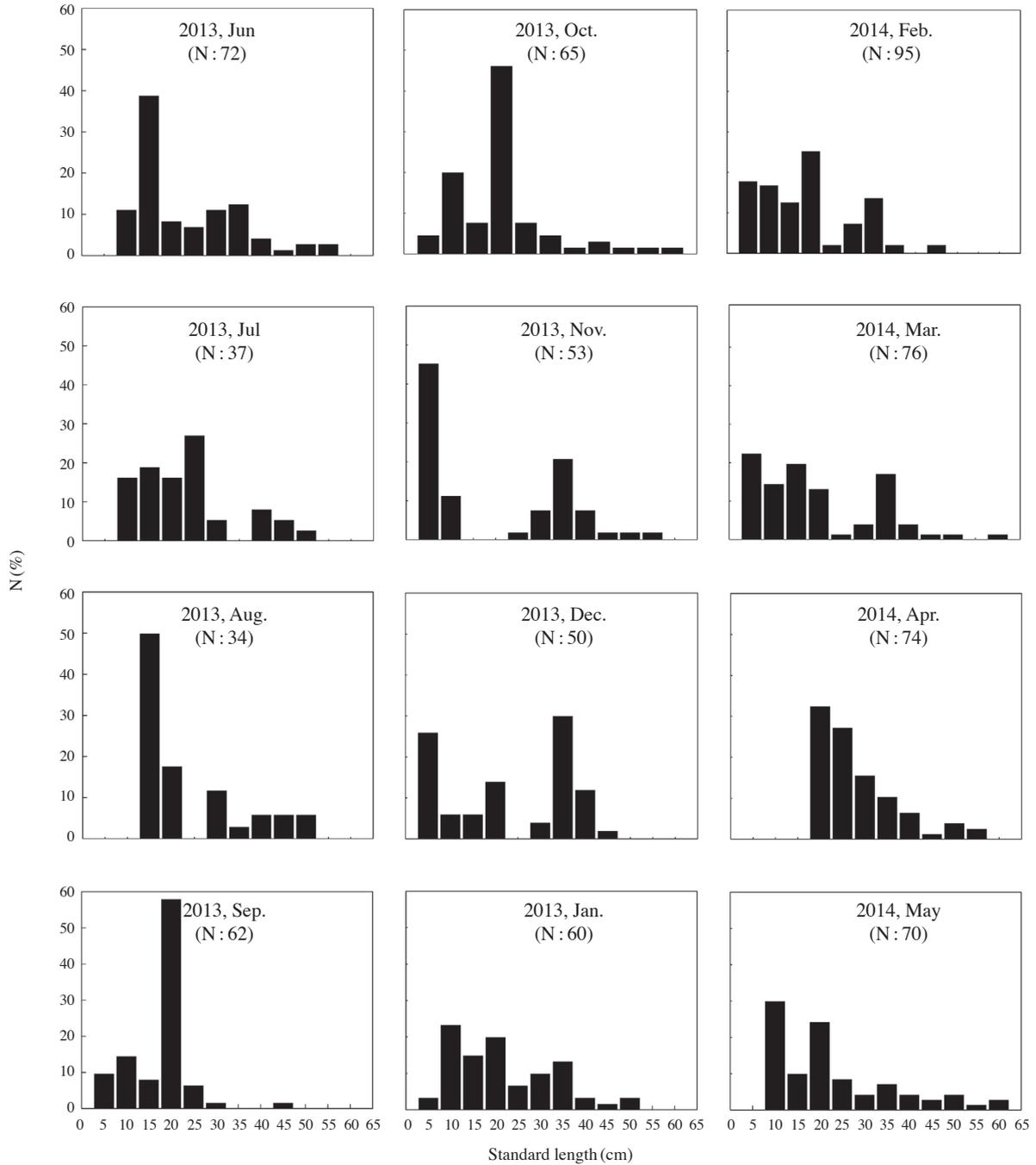


Fig. 3. Monthly length-frequency distributions of redlip mullet.

중 수컷은 161개체 (19.3%), 암컷은 145개체 (21.0%), 미성숙 또는 미분류 개체는 446개체 (59.7%)였다. 가승어의 체장 (SL) 분포는 6.5~60.9 cm 까지 넓은 범위였으며, 20 cm 이하에서는 생식소가 미성숙하여 암수 구별을 하지 못하였다. 수컷의 체장 (SL) 범위는 20.2~54.7 cm였고, 암컷은 21.3~60.9 cm였다 (Table 1).

월별 체장 빈도분포는 6~8월에는 15~20 cm 크기의 개체들이 높게 나타났으며, 9~10월에는 20~25 cm 개체들의 빈도분포가 높았다. 11월부터 5~10 cm 개체들의 출현하면서 높은 빈도분포를 나타낸 후 1월부터 10~20 cm 개체들의 출현 빈도분포가 높아졌다. 전체적으로 가승어의 5~25 cm의 개체들이 매달 출현하였다 (Fig. 3).

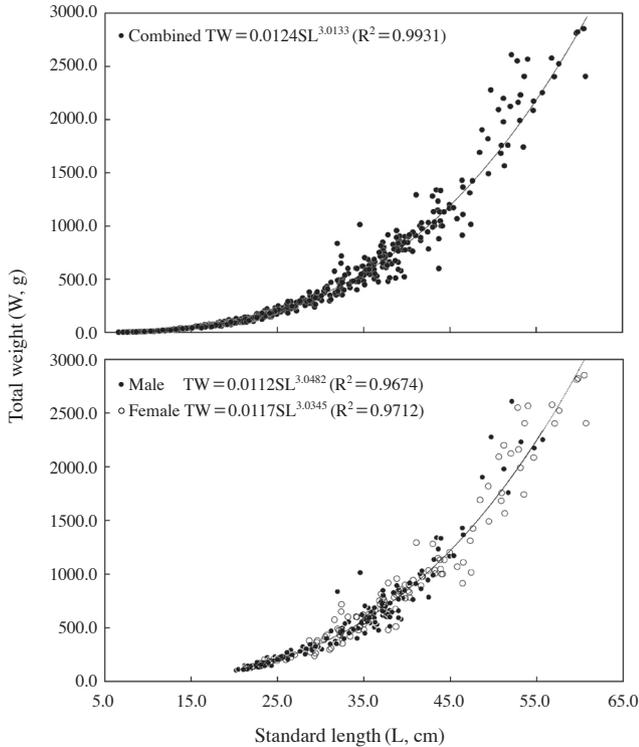


Fig. 4. Relationship between Standard length and Total weight.

2. 체장과 체중관계식

전체 가송어의 체장과 체중의 관계식은  $TW = 0.0124SL^{3.0133}$  ( $R^2 = 0.9931$ )로 비례하였고, 수컷의 관계식은  $TW = 0.0112SL^{3.0482}$  ( $R^2 = 0.9674$ ), 암컷의 관계식은  $TW = 0.0117SL^{3.0345}$  ( $R^2 = 0.9712$ )로 비례하였다 (Fig. 4).

3. 생식소 속도지수

가송어의 산란기와 이석의 초륜 형성시기를 추정하기 위해 생식소 속도지수의 월별 변화를 보면 (Fig. 5), 가송어 수컷과 암컷은 각각 0.13과 0.20으로 9월에 암수 모두 최소값을 보인 후, 점차 상승하여 수컷은 4월에 4.46, 암컷은 5월에 4.33로 최대값을 나타냈고, 수컷은 5월, 암컷은 6월에 감소하였다. 따라서 가송어의 산란시기는 4~6월이며, 채집시기가 매월 월말임을 고려하면, 주 산란시기는 5월로 추정된다.

4. 연령사정

판독한 이석의 윤문의 정확도와 윤문판독의 오차 (위륜)을 판별하기 위해 이석경과 윤문 간의 관계를 검토하였다 (Fig. 6).

각 윤문은 이석경이 증가함에 따라 윤경이 비례하게 증가하

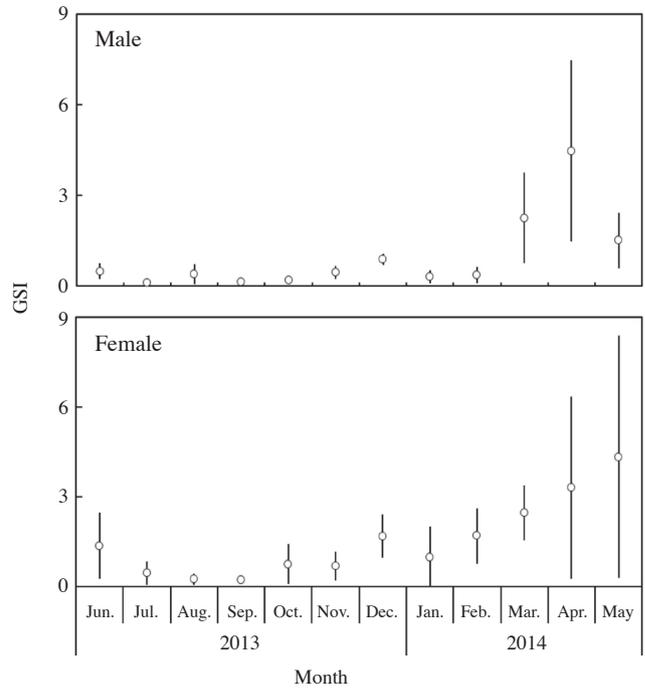


Fig. 5. Monthly change in gonadosomatic index (GSI) of the redlip mullet.

였고 또한 일정한 간격으로 분포하였다. 따라서 각 윤경은 이석에 대응하기 때문에 연륜으로 사용이 가능하고 판독한 윤문은 오판독이 없었다.

5. 연역지수

윤문의 연중 형성시기와 횡수를 추정하기 위해 연역지수의 월별 변화를 보면 (Fig. 7), 10월부터 점차 감소하여 1월에 0.23으로 최소값을 보인 후 점차 증가하여 4월에 0.64로 최고값을 보였다. 따라서 윤문 형성시기는 최소값을 보이는 12~1월로 판단되며, 채집시기가 월말임을 고려하면 윤문 형성시기는 1월에 연 1회 형성되고, 주산란기가 5월이므로 초륜 형성은 약 8개월이 경과함을 알 수 있었다.

6. 성장식 추정

각 윤문은 연령이 많아질수록 이석경 길이가 증가율이 점차 줄어들었고, 윤문의 평균 윤경을 사용하여 정리하였다 (Table 2). 평균 윤경을 사용하여 윤문형성시의 체장을 알기 위해 이석경 (R)과 체장 (SL) 간의 비례관계를 알 수 있었고, 암컷과 수컷의 공분산분석결과 유의한 차이가 없었다 ( $P > 0.05$ ). 이석경 (R)과 체장 (SL) 간의 관계식은 다음과 같다 (Fig. 8).

Combined :  $SL = 9.1305R - 10.215$  ( $R^2 = 0.9665$ )

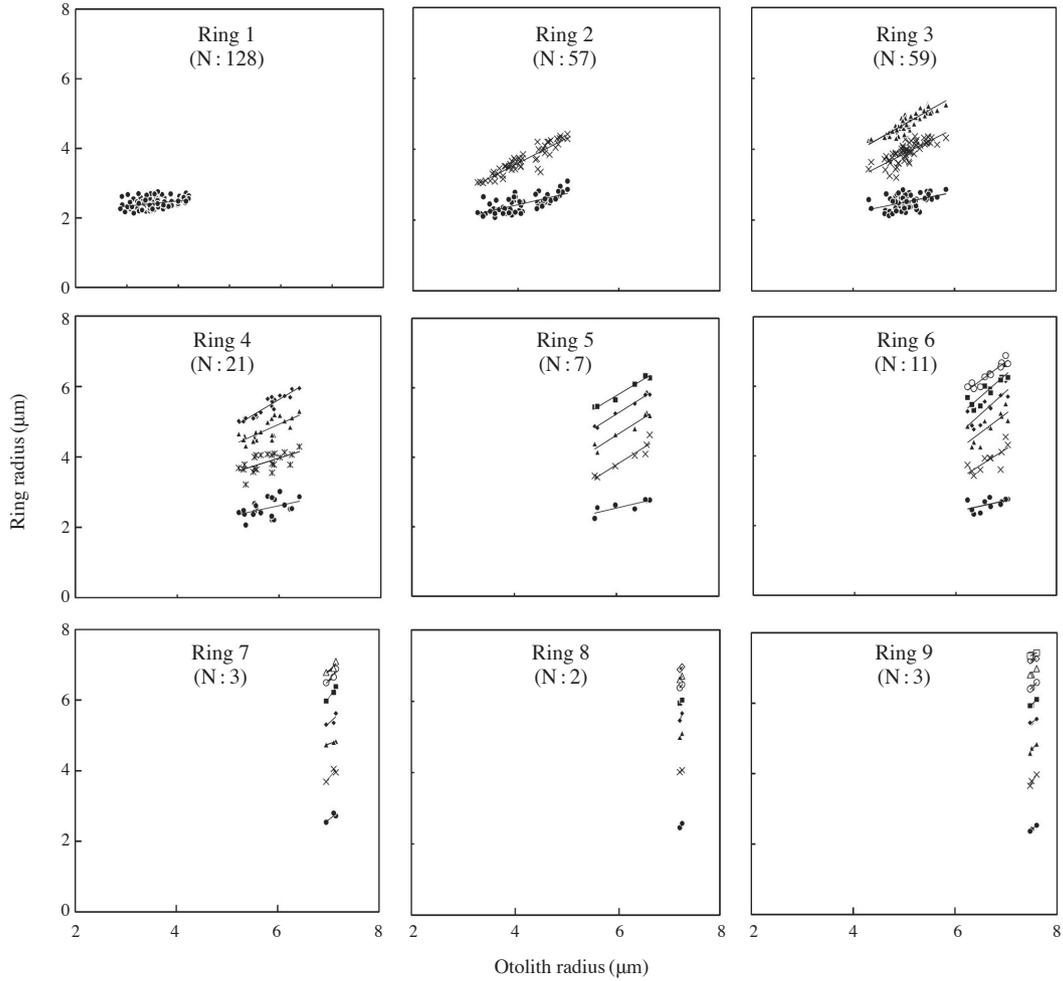


Fig. 6. Relationship between otolith radius and ring radius to each annulus of redlip mullet.

Table 2. Average ring radius on the otolith of redlip mullet

Combind

Age group	R	n	Ring radius (mm)									
			r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>6</sub>	r <sub>7</sub>	r <sub>8</sub>	r <sub>9</sub>	
0	2.182	88										
1	3.565	128	2.426									
2	4.080	57	2.455	3.687								
3	5.063	59	2.520	3.919	4.753							
4	5.709	21	2.532	3.853	4.736	5.379						
5	6.192	7	2.603	3.967	4.819	5.426	5.947					
6	6.644	11	2.609	3.884	4.846	5.407	5.905	6.338				
7	7.071	3	2.684	3.894	4.788	5.427	6.191	6.676	6.926			
8	7.194	2	2.515	4.037	5.047	5.558	5.992	6.425	6.653	6.929		
9	7.525	3	2.435	3.804	4.715	5.476	5.989	6.474	6.860	7.226	7.377	
Total	3.909	382	2.473	3.829	4.768	5.408	5.966	6.422	6.833	7.107	7.377	

이석으로 관찰한 가숭어의 연령은 0~9세의 범위를 보였으며, 가숭어 전체는 1세 (33%)가 높은 비중을 차지하였다. 비선

형회귀 분석법으로 추정한 가숭어의 Von Bertalanffy 성장식은 다음과 같다 (Fig. 9).

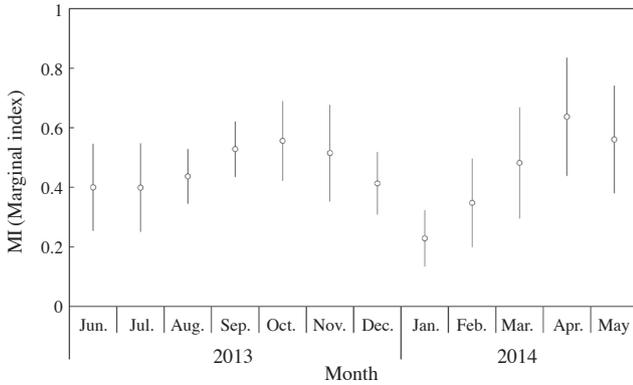


Fig. 7. Monthly change in marginal index (MI) of the redlip mullet.

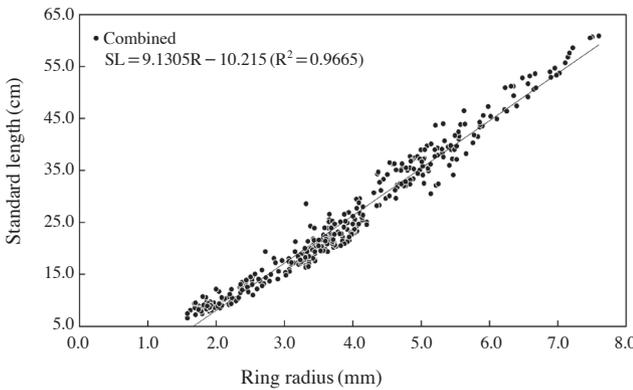


Fig. 8. Relationship between Standard length and otolith radius.

$$\text{Combined : } L_t = 61.3(1 - e^{-0.29(t+0.05)})$$

$$W_\infty = 3,230.6(1 - e^{-0.29(t+0.05)})^{3.0133}$$

### 고찰

한강 하구역에 서식하는 가송어의 자원생태에 대한 기초정보를 제공하고자 이석을 이용하여 연령과 성장 연구를 통해 가송어의 성장매개변수를 추정하였다.

본 연구에 채집된 가송어는 주로 5~25 cm의 개체들이 출현 빈도분포가 높게 나타났는데, 이는 봄에 산란한 개체들이 9월 이후에 하구역에 가입한 뒤 성육장으로 이용하기 때문으로 사료된다 (Hwang and Rhoh, 2010; Lawson and Jimoh, 2010).

생식소 속도지수를 분석한 결과, 가송어의 주 산란시기는 5월로 추정되었다. 이는 선행연구의 산란시기와 비교하면, 전남 신안 5월, 강화 연안 6월 (Kim *et al.*, 2000), 보령 연안 5~6월 (Kang *et al.*, 2000), 일본 3~5월 초 (Okiyama, 1988)로 다소 차이를 보였으며, 이는 지역마다 광주기, 수온, 먹이, 수피의 물리·화학적 요인과 같은 환경요인의 차이가 있기 때문에 산란

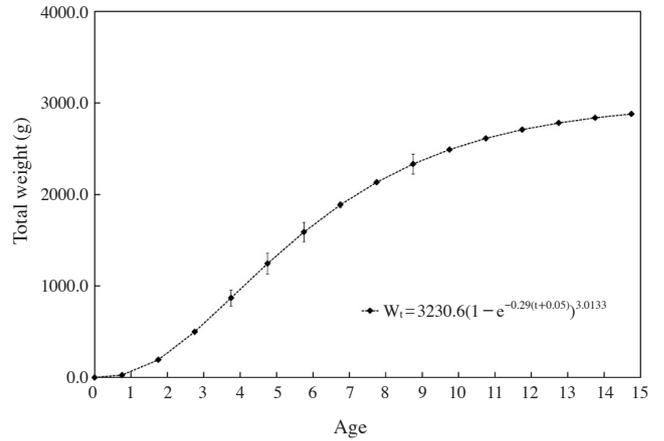
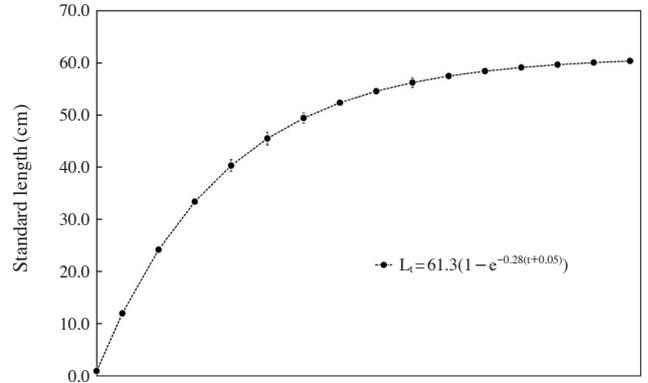


Fig. 9. Von Bertalanffy growth curve of redlip mullet.

시기의 차이가 생긴 것으로 판단된다 (Glasser *et al.*, 2004).

이석은 어체의 성장 속도에 따라 불투명대와 투명대가 형성이 되며 (Rhoads and Lutz, 1980; Levinton, 1982), 투명대는 수온이 낮은 겨울철에 성장 속도가 느려서 얇게 형성되고, 수온이 높은 여름철에 성장 속도가 빨라 불투명대가 형성된다. 본 연구에서 가송어 이석의 불투명대와 투명대 형성을 보면, 3~11월에 불투명대가 형성되고, 이 시기는 섭이가 활발하며 수온이 높다. 12~2월은 투명대가 형성되고, 이 시기는 수온이 하강하여 월동을 한다. 또한 산란기인 4~5월에는 특별한 불투명대와 투명대의 형성은 없었으므로 가송어의 윤문의 주 형성시기는 1월로 추정하였다. 어종별 윤문 형성시기의 차이를 보면, 여수연안 송어의 윤문 형성시기는 9월 (Chang, 2011)로 산란에 영향을 받아 본 연구와 차이를 보였으며, Mar Chiquita lagoon에 서식하는 송어류 (González *et al.*, 2009)는 수온에 영향을 받아 본 연구와 유사한 윤문 형성을 나타냈다. 따라서 가송어 이석의 투명대와 불투명대 형성은 산란과 산란회유와 같은 재생산적 활동에 영향보다 섭이나 수온에 더 영향을 받는 것으로 판단된다 (Gray and Setna, 1931; Morales-Nin, 1987).

가송어의 연령 성장 연구는 국내에서 처음으로 시도되어 타 지역의 동일 어종과 비교할 수 없으나 같은 송어과 어류인 송

**Table 3.** Growth parameters from different species of Mugilidae

Reference	Locality of study	Species	$L_{\infty}$ (cm)	K (year <sup>-1</sup> )	$t_0$ (years)	Lengths
Chang <i>et al.</i> (2004)	Taiwan	<i>Mugil Cephalius</i>	57.13	0.27	-1.29	FL
Minos <i>et al.</i> (2010)	Aegean Sea	<i>Chelon haematocheilus</i>	106.67	0.16	0.30	TL
Jang (2011)	Yeosu	<i>Mugil Cephalius</i>	67.96	0.16	-0.81	FL
Hong (2014)	Taeon	<i>Mugil Cephalius</i>	54.2	0.49	-0.77	TL
This study (2014)	Han River estuary	<i>Chelon haematocheilus</i>	61.3	0.29	-0.05	SL

어와 성장을 비교한 결과 (Table 3), 서해 태안 연안에서 채집된 송어는 가송어에 비해 이론적 최대 체장이 낮지만 성장계수가 높아 성장이 빠른 것으로 판단되며, 1세때 31.6 cm로 초기 성장률이 높아 본 연구의 가송어와 큰 차이를 보였다. 반면에 남해 여수 연안에서 채집된 송어는 이론적 최대체장이 높지만 성장계수가 낮아 성장이 느리게 나타났으며, 1세때 17.4 cm로 본 연구의 가송어보다 초기 성장 속도가 빠르게 나타났다. 또한 대만 (Chang *et al.*, 2004)의 송어는 이론적 최대체장이 작지만 성장계수 (K)가 유사하게 나타났다. 이러한 성장 차이는 각 연구마다 체장측정기준 (SL, FL, TL)을 다르게 적용하였기 때문에 직접 비교는 어렵지만 본 연구와 비교연구들의 이론적 최대 체장 간격이 크기 때문에 상대적인 비교가 가능할 것으로 보이며 또한, 두 어종 간의 성장차이에 기인한 것으로 추론된다.

한편, 동일 어종의 성장 비교를 하기 위해 Minos *et al.* (2010)의 연구와 비교하면, 에게해의 가송어는 본 연구의 가송어에 비해 이론적 최대체장 ( $L_{\infty}$ )이 크지만, 성장이 느린 것으로 판단된다 (Table 3).

이 논문은 처음으로 한강 하구역 가송어의 성장매개변수를 제공함으로써 추후 가송어 자원생태 연구에 도움이 될 것으로 보이며, 나아가 회유패턴, 섭이, 성숙, 산란 등의 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

## 요 약

본 연구는 한강 하구역 가송어 자원생태의 기초정보를 제공하기 위해 2013년 6월부터 2014년 5월까지 총 12개월 동안 한강 하구역에서 어획된 가송어를 구입하여 연령사정을 실시하였다. 분석 결과, 가송어의 주 산란시기는 5월로 추정하였고, 윤문은 1월 (연 1회)에 형성하였다. 체장과 체중의 관계식은  $TW = 0.0124SL^{3.0133}$  ( $r^2 = 0.9931$ )였다. 가송어의 매개변수는 이론적 최대 체장 ( $L_{\infty}$ )은 61.3 cm, 성장계수 (K)는 가송어 전체  $0.29 \text{ yr}^{-1}$ , 체장이 0일 때 이론적 연령 ( $t_0$ )은  $-0.05 \text{ yr}$ 로 추정하였다. 해역별 가송어의 성장을 비교해 본 결과, 가송어는 하구역에서 주로 성육을 하며, 연령과 성장매개변수를 제공함으로써 추후 가송어 자원생태 연구에 도움이 될 것으로 판단된다.

## 사 사

본 연구의 시료처리 및 분석에 많은 조언을 아끼지 않으신 서해수산연구소의 권대현 박사님과 장명훈 연구원께 감사의 뜻을 전합니다. 이 논문은 인하대학교 교내 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

## 인 용 문 헌

- Brett, J.R. 1979. Environmental factors and growth. In: Hoar, W.S. (ed.), Fish physiology, vol 3. Academic, New York, pp. 599-675.
- Cardona, L. 2006. Habitat selection by grey mullets (Osteichthyes: Mugilidae) in Mediterranean estuaries: the role of salinity. *Scientia Marina*, 70: 443-455.
- Chang, C.W. and Y. Iizuka, 2012. Estuarine use and movement patterns of seven sympatric Mugilidae fishes: The Tatu Creek estuary, central western Taiwan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 106: 121-126.
- Chang, C.W., Y. Iizuka and W.N. Tzeng. 2004. Migratory environmental history of the grey mullet *Mugil cephalus* as revealed by otolith Sr:Ca ration. *Marine Ecology*, 269: 277-288.
- Chang, I.Z. 2010. Marine Fisheries Resource Ecology. Pukyung national University Press, pp. 114-208. (in Korean)
- Chang, I.Z. 2011. Age and growth of the flathead grey mullet (*Mugil cephalus*) in the coastal water of Yeosu. *Journal of the Korean Society of Fisheries Technology*, 3: 203-213. (in Korean)
- Chung, P.R., W.M. Sohn, Y.G. Jung, S.H. Pai and M.S. Nam. 1997. Five human cases of *Diphyllobothrium latum* infection through eating raw flesh of redlip mullet, *Liza haematocheila*. *Korean Journal of Parasitology*, 104: 283-290. (in Korean)
- Durand, J.D., W.J. Chen, K.N. Shen, C. Fu and P. Borsa. 2012. Genus-level taxonomic changes implied by the mitochondrial phylogeny of grey mullets (Teleostei: Mugilidae). *Comptes rendus Biologies*, 335: 687-697.
- Glasser, F., T. Mikolajczyk, B. Jalabert, J.F. Baroiller and B. Bretton. 2004. Temperature effects along the reproductive axis

- during spawning induction of grass carp *Ctenopharyngodon idella*. *General and Comparative Endocrinology*, 136: 171-179.
- González Castro, M., V. Abachian and R.G. Perrotta 2009. Age and growth of the striped mullet, *Mugil platanus* (Actinopterygii, Mugilidae), in a southwestern Atlantic coastal lagoon (37° 32' S-57° 19' W): a proposal for a life-history model. *Journal of Applied Ichthyology*, 25: 61-66.
- Gray, J. and S.B. Setna. 1931. The growth of fish. IV. The effect of food supply on the scales of salmo irrideus. *J. Exp. Biol.*, 9: 55-62.
- Han, Z.Q., G. Han, T.X. Gao, Z.Y. Wang and B.N. Shui. 2013. Genetic population structure of *Liza haematocheilus* in north-western Pacific detected by amplified fragment length polymorphism markers. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 93: 373-379.
- Hong, J.M., J.S. Yoon and T.W. Lee. 2014. Age and Growth of Flat-head Grey Mullet *Mugil Cephalus* Collected by a Two-side Fyke Net in the Coastal Water off Taeon, Korea. *Korean Journal of Ichthyology*, 26: 194-201. (in Korean)
- Hossain, M.A.R. and M. Furuichi. 2000. Essentiality of dietary calcium supplement in redlip mullet, *Liza haematocheila*. *Aquaculture Nutrition*, 6: 33-38.
- Hwang, S.D. and J.G. Rhoo. 2010. Seasonal Variation in Species Composition of Estuarine Fauna Collected by a Stow Net in the Han River Estuary on the mid-western coast of Korea. *Journal of the Korean Society of Oceanography*, 15: 79-85. (in Korean)
- Kang, B., W. Xian and R. Liu. 2005. Transporting nutrients from sediments: nitrogen and carbon as indicators to measure scavenging ability of a detritivorous fish, *Liza haematocheila*. *Environmental Biology of Fishes* 74: 283-290.
- Kang, D.K., H.W. Kang, G.H. Kim, K.C. Jo and H.C. Kim. 2007. Effect of Cold Shock on the Physiological Responses of the Cultured mullet, *Mugil haematocheilus* in Winter. *Korean journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40: 226-233. (in Korean)
- Kang, H.W., I.S. Park and W.H. Yih. 2000. Production of Mullet (*Chelon lauvergnii*) Seedlings. *Journal of Aquaculture*, 13: 1197-206. (in Korean)
- Kim, J.K., Y.U. Kim and S.G. Byun. 2000. Egg and Larval Development of *Chelon lauvergnii* from Korea. *Korean Journal of Ichthyology*, 12: 137-145. (in Korean)
- Kim, Y.H., Y.j. Kang and D.K. Ryu. Growth of *Ammodytes personatus* in the South Sea, Korea. *Korean Journal of Ichthyology*, 12: 166-172. (in Korean)
- Koo, B.H. 2009. *Wetland Ecology*. Jokyong Publishing Co Ltd, pp 112-329. (in Korean)
- Kostadinova, A. 2008. A checklist of macroparasites of *Liza haematocheila* (Temminck Schlegel) (Teleostei: Mugilidae). *Parasites and Vectors*, 1: 48.
- Lawson, E.O. and A.A. Jimoh. 2010. Aspects of the biology of grey mullet, *Mugil cephalus* in Lagos lagoon, Nigeria. *AACL Bioflux*, 3: 181-193.
- Lee, C.L. and D.S. Joo. 1994. Synopsis of Family Mugilidae (Perciformes) from Korea. *Korean journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 27: 814-824.
- Lee, Y.C., S.Y. Yang, G.L. Hwang and J.H. Kim. 1989. A Study on the Geographic Variation of *Liza haematocheila* (Family Mugilidae) in Yellow Sea, Korea. *Yellow Sea Research*, 2: 31-37. (in Korean)
- Levinton, J.S. 1982. *Marine Ecology*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N. J. p. 526.
- Li, A., J. Hu, Z. Zhang and M. Yang. 2006. Quantitative real-time RT-PCR for determination of vitellogenin mRNA in soybean mullet (*Mugil soiuy*). *Anal. Bioanal. Chem.*, 386: 1995-2001.
- Lin, H.J., W.Y. Kao and Y.T. Wang. 2007. Analyses of stomach contents and stable isotopes reveal food sources of estuarine detritivorous fish in tropical/subtropical Taiwan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73: 527-537.
- Matishov, G.G. and Y.V. Pryakhin. 2009. The age and structure of the *Mugil soiuy* population of the Sea of Azov. In *Doklady Biological Sciences*, 424: 75-77.
- Minos, G., A. Imsiridou and P.S. Economidis. 2010. *Liza haematocheilus* (Pisces, Mugilidae) in northern Aegean Sea. Fish invasions in the Mediterranean Sea: change and renewal. In: Golani, D. and B. Appelbaum-Golani (eds.), *PENSOFT Publishers*, Sofia, pp. 313-332.
- Minos, G., L. Kokokiris and P.S. Economidis. 2010. Sexual maturity of the alien redlip mullet, *Liza haematocheilus* (Temminck Schlegel, 1845) in north Aegean Sea (Greece). *Journal of Applied Ichthyology*, 26: 96-101.
- Morales-Nin, B. 1987. Métodos de determinación de la edad en los ostéctios en base a estructuras de crecimiento. *Informes técnicos del Instituto de Investigaciones Pesqueras, Instituto de Ciencias del Mar, Barcelona*, 143, 30pp.
- Nash, C.E. and R.M. Koningsberger. 1981. *Artificial propagation. In aquaculture of grey mullet (Oren, O.H. ed.)*, International Biological Programme, Cambridge University Press, New York, pp. 265-312.
- Okiyama, M. 1988. *An atlas of the early stage fishes in Japan*. Tokai Univ. Press, Tokyo, pp. 386-393.
- Rhoads, D.C. and R.A. Lutz. 1980. *Skeletal growth of aquatic organisms: biological records of environmental change*. Plenum Press, New York, pp. 519-560.
- Shin, Y.K. and K.S. Yoon. 2005. The Spatial Distribution of Water Quality and Sediments Characteristics in the Han River Estuary. *Journal of the Korean Geomorphological Association*. 12: 13-23. (in Korean)
- Xu, G., C. Shao, X. Liao, Y. Tian and S. Chen. 2009. Isolation and characterization of polymorphic microsatellite loci from soybean mullet (*Mugil soiuy* Basilevsky 1855). *Conservation genetics*, 10: 653-655.