

# 북한강 참다슬기, *Semisulcospira coreana* (v. Martens) 의 번식생태

김대희, 방인철<sup>1</sup>, 이완옥, 백재민

국립수산과학원 중앙내수면연구소, <sup>1</sup>순천향대학교 생명시스템학과

## Reproductive Ecology of the Freshwater Melania Snail, *Semisulcospira coreana* (v. Martens) in Bukhan River

Dae-Hee Kim, In-Chul Bang<sup>1</sup>, Wan-Ok Lee and Jae-Min Baek

National Fisheries Research and Development Institute, Inland Fisheries Research Institute, Gapyeong 477-815, Korea

<sup>1</sup>Department of Life Science and Biotechnology, Soonnchunhyang University, Asan 336-745, Korea

### ABSTRACT

To clarify reproductive ecology of the melania snail *Semisulcospira coreana* (v. Martens, 1886) in Bukhan River, gonad development, fatness, gonad index, sex ratio, first sexual maturity of population, monthly change of larvae number and developmental stages in brood pouches were investigated by six identification methods. As maturation progresses, the sex of the snail can be distinguishable easily by color: the ovary being blue-green and testis light yellow. The sex ratio of female to male individuals over 13.95 mm shell height was significantly different from 1:1 ( $\chi^2 = 38.45$ ,  $p < 0.05$ ). The sex ratio of female to male individuals changed drastically according to the season. Based on the monthly variations of fatness, gonad index and histological analysis, spawning occurred twice a year (spring and autumn) and the mean size of matured eggs was 450  $\mu$ m in diameter. The monthly change of larval number in brood pouch showed also two distinct peaks in March and September during the year. The average number of larvae in brood pouches was 286 - 862 individuals. In this study, the number of larvae in the brood pouches were a minimum in December and a maximum in March (975 larvae). The biological minimum size (the size at 50% of group sexual maturity) of the melania snail was 13.95 mm in shell height in females and males. All females over 15 mm in shell height possessed brood pouches.

**Key words:** Reproductive ecology, Melania snail, Brood pouch, *Semisulcospira coreana*

### 서론

다슬기류는 연체동물문 복족강 (Gastropoda), 전새아강 (Prosobranchia), 중복종목(Mesogastropoda), 다슬기과 (Pleuroceridae)에 속하는 담수패류로서 한국을 비롯하여 아시아에 광범위하게 분포하고 있으나 아직도 분류가 불완전한 동물군으로서 자웅이체이며, 난생 또는 난태생종이다 (Davis, 1969; Kwon, 1990). 우리나라에는 3속 7종이 서식하고 있으며 그중 난태생종으로는 참다슬기를 비롯하여 5종이 있고 이

종들은 보육낭 (brood pouch) 을 가지며 보육낭내 연중 발생 중인 유생을 가지고 있다 (Kwon, 1990).

다슬기류는 우리나라의 강, 호수, 연못 및 계곡 등에 널리 서식하고 탕이나 엑기스 등의 건강식품으로서 기호도가 높은 유용 수산자원이다 (Kim *et al.*, 2010). 하지만 다슬기류의 연간 국내 생산량은 과도한 남획과 홍수에 따른 하상정비 등 서식지 파괴로 인해 2009년 930톤에서 2010년 690톤으로 (어업생산통계) 급격히 줄어들고 있는 실정이므로 감소된 다슬기류에 대한 자원증강 및 증.양식 기술개발에 대한 요구가 높아지고 있다. 종묘생산 및 증.양식기술개발을 위해서는 우선적으로 번식생태를 구명하는 것이 필수적이다.

다슬기류 (Genus *Semisulcospira*) 에 대한 국내 연구는 성분 및 생리활성에 대한 평가 (Kim *et al.* 1985; Shim *et al.*, 1994; Lim *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2009; Lee *et al.*, 2010), 패각에서 추출한 칼슘의 이용성 (Lee *et al.*, 2003;

Received: June 18, 2012 ; Accepted: June 24, 2012  
Corresponding author: Dae-Hee Kim  
Tel: +82 (10) 9061-6828 e-mail: dhkim@nfrdi.go.kr  
1225-3480/24440

Lee et al., 2004) 등 식품에 대한 연구는 많이 이루어졌지만 다슬기류의 각 종에 대한 번식생태학적 연구는 많지 않다.

다슬기류의 번식생태와 관련한 연구는 다슬기 (*Semisulcospira livertina*) 종에 대한 생식소의 조직학적 관찰 (Habe, S. and H. Itagaki, 1978; Kim, 2004; Koike et al., 1992; Nakano and Izawa, 1996; Chang et al., 2000; Prozorova and Rasshepkina, 2005), 보육낭 유생의 월별조성 (Koike et al., 1992; Chang et al., 2001), 출산 치패의 수와 이들 치패의 실내사육에 관한 연구 (Nagai et al., 1979; Nakano, 1990; Takami, 1995) 가 있지만 우리나라 고유종인 참다슬기 (*Semisulcospira coreana*) 종에 대한 연구는 전혀 없다.

참다슬기는 우리나라 금강, 섬진강, 영산강 등 중서부지방의 하천에 주로 분포하는 종이지만 한강수계에서도 여울이나 하상이 돌이나 자갈로 된 지역에서도 많이 분포하고 있는 종이다. 하지만 최근 댐이나 농업용 보가 많이 시설되는 상황에서 이 종의 서식지역은 갈수록 줄어들고 있는 추세로 적절한 관리 대책이 필요한 상황이다.

수산생물의 자원증식을 위해서는 생식주기, 산란기를 파악함으로써 수산자원으로의 가입시기를 추정하고 어획금지 시기를 설정할 수 있으며, 군성속도와 성비를 파악함으로써 어획금지 체장을 설정하는데 기초자료로 활용할 수 있다 (Kim et., 2007; Lee et., 2007).

따라서 본 연구에서는 북한강에 서식하고 있는 참다슬기의 자원증식 및 효율적인 관리를 위한 기초자료를 얻기 위해 본 종의 생식소 발달단계에 따른 생식주기, 성비, 군성속도, 보육낭유생의 월별변화 등 번식생태와 관련된 생물학적 기초 자료를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료의 채집 및 생태조사

본 연구에 사용된 참다슬기 (*S. coreana*) 는 2003년 1월부터 12월까지 경기도 가평군 북한강 지류인 가평천에서, 매월 1회 30-50마리를 채집하였다 (Fig 1). 채집된 개체는 실험실로 옮겨 vernier caliper로 각고 (shell height: SH), 각경 (shell diameter: SD)을 0.01 mm까지 측정하였고 electronic balance로 전중 (total weight: TW), 육중 (meat weight: MW) 및 각중 (shell weight: SW)을 0.01 g 까지 측정하였다. 생체측정 자료를 토대로 각고에 대한 각경, 전중, 육중 및 각중의 상대성장식을 구하였으며, Computer Program SPSSWin 7.0 으로 상관관계를 분석하였다.

### 2. 생식소의 구조 및 발달

생식소의 구조 및 발달과정을 관찰하기 위하여 계측 직후

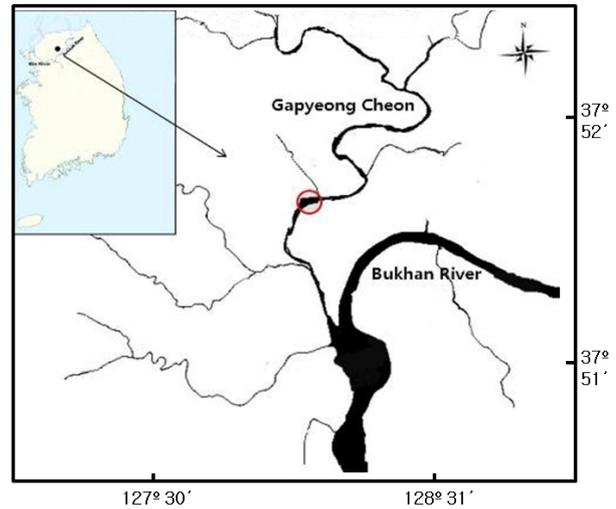


Fig. 1. Location of the study area and sampling sites.

생식소 일부를 절취하여 Bouin 용액에 고정한 후, 파라핀 절편법에 따라 5-7  $\mu$ m의 절편을 제작하였다. 제작된 표본은 Harris's haematoxylin과 0.5% eosin으로 이중염색하여 광학현미경으로 관찰하여 생식세포의 발달단계를 구분하였다.

### 3. 번식주기

매월 제작된 조직표본은 Chang and Lee (1982) 의 방법을 준용하여 분열증식기 (multiplicative stage: Mu), 성장기 (growing stage: G), 성숙기 (mature stage: M), 배란기 (ovulation stage: O) 및 교미기 (copulatory stage: C), 휴지기 (resting stage: R) 의 연속적인 5단계로 구분하였다.

### 4. 난경변화

난경의 변화는 매월 2-5개의 서로 다른 조직표본에서 난포 세포내 핵과 인이 횡단된 것만을 골라 현미경과 연결된 컴퓨터의 화상분석프로그램 (Carl Zeiss, Axi vision) 을 이용하여 장경과 단경을 측정한 후, 그 평균값을 이용하여 월별 평균난경과 난경분포를 조사하였다.

### 5. 비만도지수 (CI: Condition index)

육질부의 월별 비만상태 변화를 알아보기 위해 비만도지수 (CI) 를 매월 암수별로 아래의 식에 의해 산출하였다 (Momoyama and Ishimoto, 1979).

$$CI = \text{육중량 (g)} \times 10^4 / \text{각고}^3 \text{ (mm)} \text{ 으로 계산하였다.}$$

### 6. 생식소지수 (GI: Gonad index)

산란기를 간접적으로 추정하기 위해 생식소지수를 구하였다. 생식소지수 (GI) 는 아래와 같이 Mann (1979) 과

Eversole (1997)의 방법을 일부 변경하여 사용하였다.

조직표본 관찰결과 분열증식기 (Mu), 성장기 (G), 성숙기 (M), 배란기 (O) 및 교미기 (C), 휴지기 (R)로 나누고 매월 각 개체에 대하여 단계별로 상수 (Mu = 1, G = 2, M = 3, O or C = 4, R = 0)를 곱한 전체의 합을 전체 개체수로 나누었다

$GI = [(Mu \text{ 개체수} \times 1) + (G \text{ 개체수} \times 2) + (M \text{ 개체수} \times 3) + (O \text{ or } C \text{ 개체수} \times 4) + (R \text{ 개체수} \times 0)] / \text{조사된 전체 개체수}$

**7. 보육낭의 유생조성**

보육낭내 유생수 및 유생 단계별 조성을 조사하기 위하여, 매월 개체별로 보육낭의 존재 유무를 파악하고, 월별로 보육낭을 가진 암컷 어미 6-14마리로부터 유생을 적출하여 광학현미경으로 유생의 발달단계와 마리수를 관찰하였다. 유생의 발달단계는 Nakano (1990)의 방법을 이용하여 거의 원형에 가까운 형태의 trochophore (T), 섬모를 갖고 있으며, torsion이 시작되는 단계인 pre-veliger (P), 1회의 torsion과 패각형성 단계의 veliger (V), 2회이상의 torsion과 눈, 더듬이 등의 기관이 관찰되는 juvenile (J)의 4단계로 구분하여 계수하였다.

**8. 군성숙도 (First sexual maturity)**

암수개체들의 군성숙도 조사는 출산시기인 3-4월 및 9-10월에 채집한 11-17 mm 크기의 암컷 62개체를 대상으로 각 개체의 생식소 조직표본의 성숙여부 및 보육낭 형성 유무를 관찰하여 개체군의 50% 이상이 성숙하여 재생산에 가담하는 각고의 크기를 조사하였다.

**9. 암수 성비 (Sex ratio)**

암수의 성비 조사는 군성숙도가 50%에 도달하는 각고 13.9 mm 이상인 개체들을 대상으로 1월부터 12월까지 총 개체의 생식소 조직표본을 광학현미경하에서 검경하여 암수 성비를 조사하였다. 암컷:수컷의 성비가 1:1이라는 가정아래  $\chi^2$  (chi squared) test로 검증하여 유의한 차가 있는지 확인하였다.

**결 과**

**1. 채집지의 수질환경**

조사기간 중의 수온은 0.3-24.6℃로 1월에 0.3℃로 가장 낮았고 이후 8월까지 점차 상승하다 9월부터 급격히 떨어져 12월에는 1.5℃를 나타내었다 (Fig 2). pH는 5.96-8.53범위로 6월이 가장 낮았고 7월이 가장 높았으며, DO는 4.74-12.48mg/l 범위로 9월이 가장 낮았고 1월이 가장 높았다. 채집지역의 저질상은 왕자갈 10%, 자갈 50%, 모래 20%,

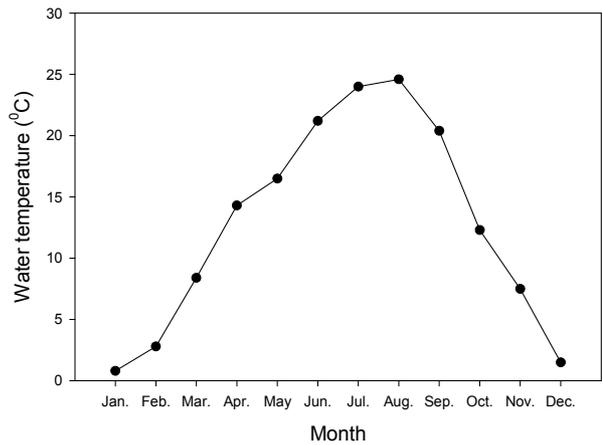


Fig. 2. Monthly variation of water temperature at the habitat of *Semisulcospira coreana*.

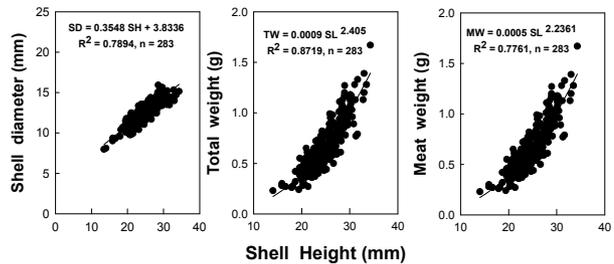


Fig. 3. Relationship between shell diameter (SD), total weight (TW), meat weight (MW) and shell height (SH) of *Semisulcospira coreana*.

니질 20%로 되어 있고 유속은 10-20 cm/sec 정도의 완만한 지역이었다.

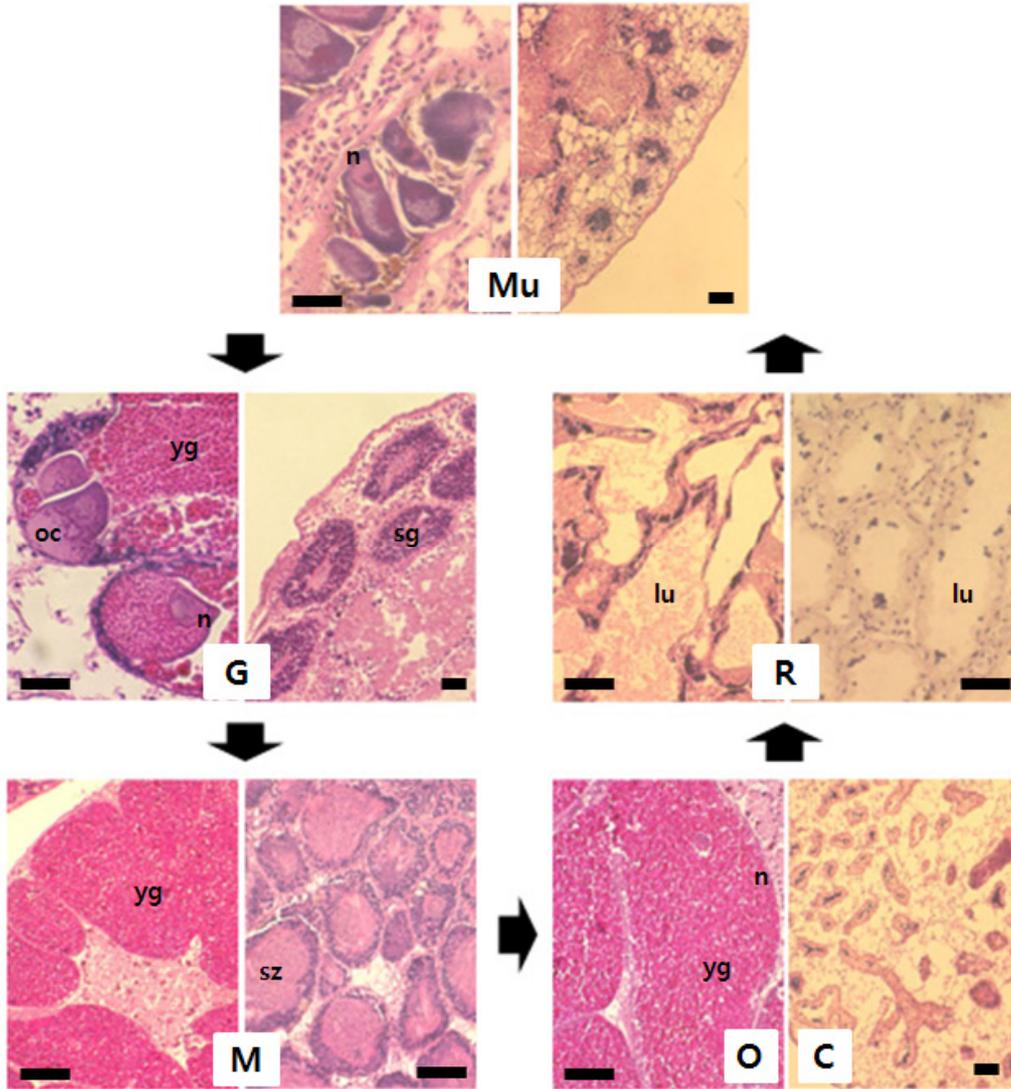
**2. 생태조사 및 상대성장**

조사기간중 채집된 참다슬기의 평균 각고는 24.6 ± 3.5 mm (13.5-34.3 mm), 평균 각경은 12.6 ± 1.6 mm (8.0-21.9 mm), 평균 전중량은 2.0 ± 0.7 g (0.4-4.1 g), 평균 육중은 0.8 ± 0.1 g (0.6-1.4 g) 이었다.

참다슬기의 각고 (SH)에 대한 각경 (SD), 전중 (TW), 육중 (MW)의 상대성장식은 SD = 0.3548 SH + 3.8336 (r² = 0.7894), TW = 0.0009SH².405 (r² = 0.8719), MW = 0.0005SH².2361 (r² = 0.7761) 이었다 (Fig. 3).

**3. 생식소의 구조 및 발달**

참다슬기의 생식소는 소화맹낭의 위쪽 바깥 표면부터 몸체 후부 끝까지 연장되어 있었으며, 난소는 난소소낭, 정소는 정소소관으로 이루어져 있었다. 암컷 생식소는 청록색, 수컷 생식소는 옅은 황색을 나타내고 있었고, 암컷은 유생을 기르는



**Fig. 4.** Histological identifications of the gonad stages in *Semisulcospira coreana*, Left side of each photograph shows ovary and right side shows testis. Mu: multiplicative stage, G: growing stage, M: mature stage, O: ovulation stage, C: copulatory stage, R: resting stage. lu: lumen, n: nucleus, oc: oocyte, sg: spermatogonia, sz: spermatozoa, yg: yolk granule. Sclae bar = 50 $\mu$ m.

보육낭 (brood pouch) 을 가지고 있었다. 암컷은 수란관 (oviduct), 수컷은 수정관 (vas deferens) 을 가지고 있었다.

참다슬기의 암수 생식소를 조직학적으로 관찰한 결과, 분열 증식기, 성장기, 성숙기, 배란 및 교미기, 휴지기의 5단계로 구분할 수 있었다 (Fig. 4).

참다슬기 암컷의 생식소 발달은 1월에 성장, 성숙기가 각각 47.8%를 차지했고 2, 3월에 94.4%가 성숙기에 도달하였고, 4, 5월 완숙 배란기를 거쳐, 6월에 생식소가 다시 발달하여 76%가 성장기 상태였고 7, 8월에 점차 성숙하여 9월에 대부

분의 개체가 성숙하였으며 이 중 37%가 배란기에 이르렀고, 일부 개체의 생식소가 퇴화하기 시작하였고, 10월에는 대부분의 개체가 완숙 혹은 배란기 상태였다. 11월의 짧은 퇴화·회복기를 거쳐 12월에 다시 성장, 성숙기에 도달하였다 (Fig. 5).

수컷의 생식소 발달은 1월에 모든 개체가 성숙기에 도달하였고 2월부터 4월까지 50-72.7%의 개체가 완숙 혹은 교미기 상태였으며, 5, 6월에 짧은 휴지기를 거쳐 7월에는 생식소가 다시 성장 및 성숙하였고, 8월부터 모든 개체가 성숙 혹은 교미기에 도달하였으며, 9월에는 교미 후 퇴화기에 이른 개체가

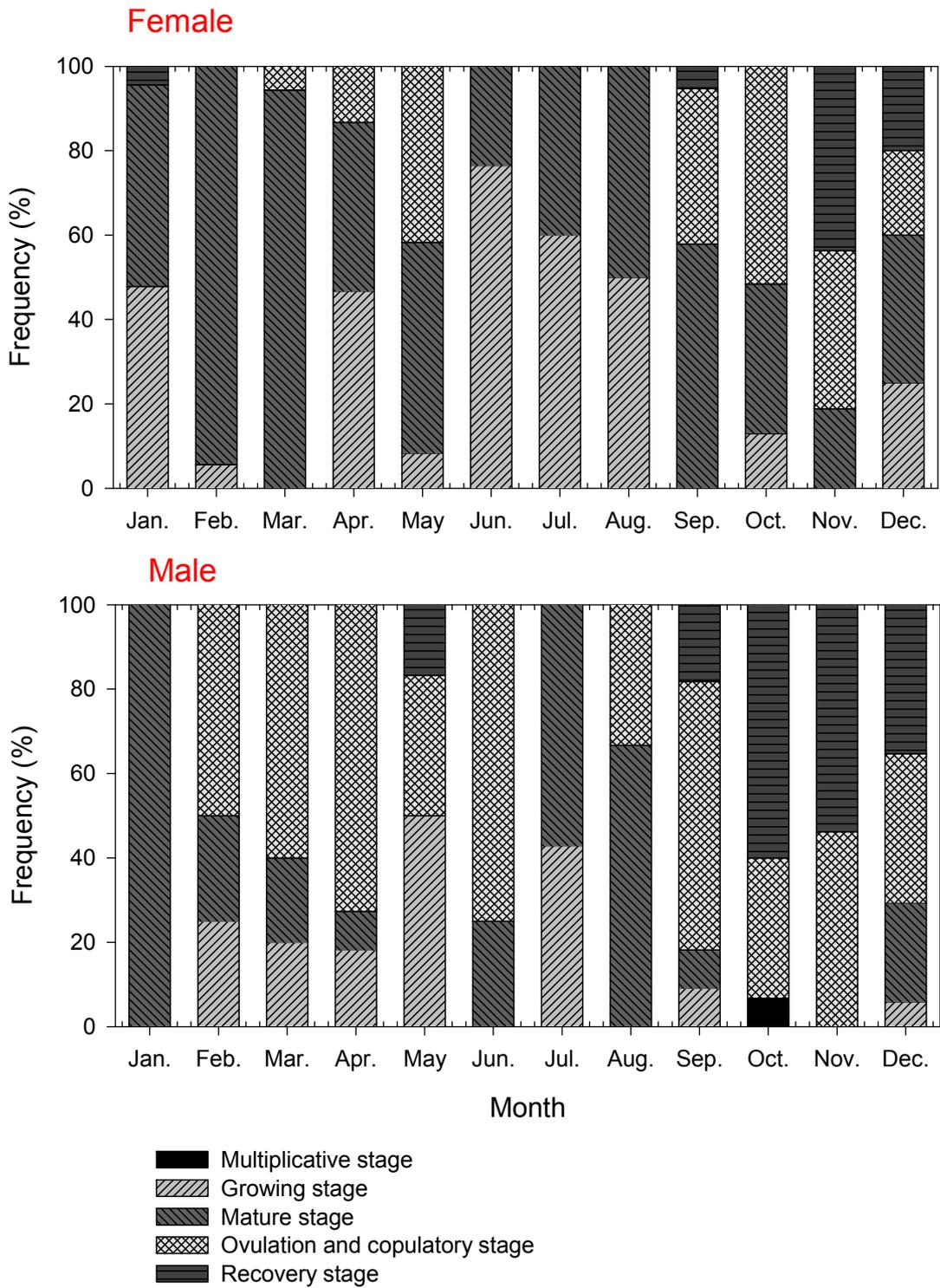


Fig. 5. Monthly variations of the gonadal phases of *Semisulcospira coreana*.

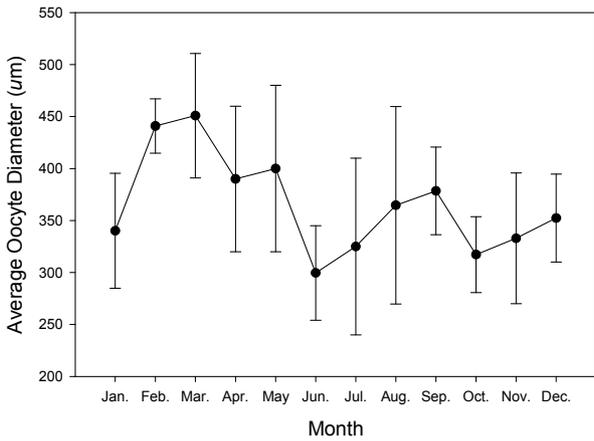


Fig. 6. Relative frequency distribution of the oocyte diameter of *Semisulcospira coreana*.

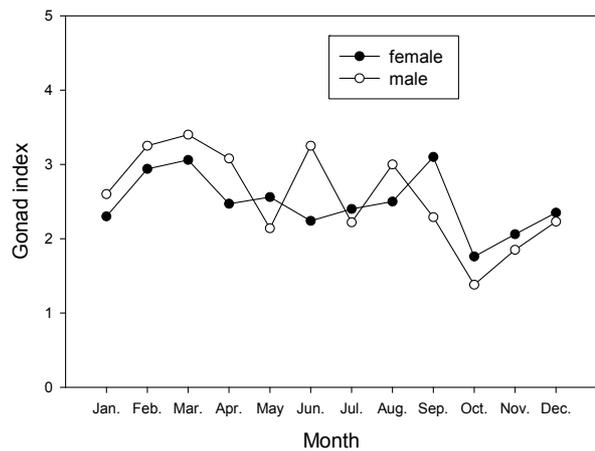


Fig. 8. Monthly variations of the GI (gonad index) of *Semisulcospira coreana*.

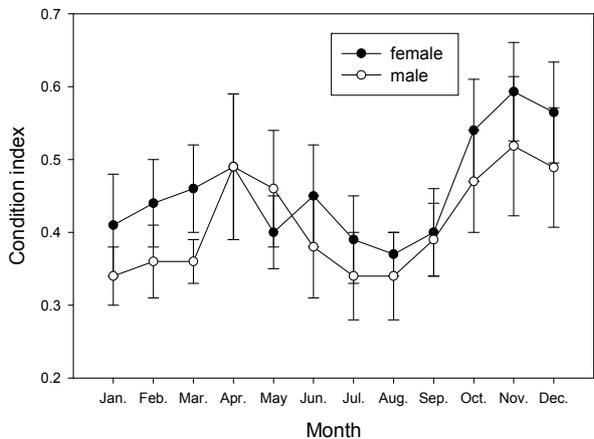


Fig. 7. Monthly variations of the CI (condition index) of *Semisulcospira coreana*.

나타나기 시작하였고, 10월에는 모든 개체가 교미기, 퇴화휴지기 상태였다. 12월부터 다시 성장, 성숙기에 도달하였다 (Fig. 5).

#### 4. 난경변화

참다슬기의 월별 평균 난경은 변화는 1월 340.1 µm에서 3월 450.8 µm로 급격히 성장한 후 4월 이후 급격히 작아져 6월에 299.6 µm로 연중 가장 낮은 값을 나타내었다. 이후 7월부터 9월까지 점차 다시 성장하여 378.5 µm로 성장하였고 10월에 다시 한번 작아진 후 익년 3월까지 지속적인 성장을 하였다 (Fig. 6).

#### 5. 비만도지수 (CI: Condition index)

조사기간 중 참다슬기 암컷개체들의 비만도지수는 연중

0.37-0.59의 범위를 보였고, 수컷 개체들도의 0.34-0.52 범위를 보여, 전반적으로 높은 경향을 보여 비만도지수의 월별 변화는 암수 비슷한 경향을 나타내었다. 월별 변화양상은 암수 모두 6월부터 8월까지의 비만도가 서서히 낮아지다가 9월 이후 11월까지 급격히 높아져 여름이 지난 가을에 육중이 증가하였고, 이후 비만도는 서서히 낮아지는 경향을 나타내었다 (Fig. 7).

#### 6. 생식소지수(GI: Gonad index)

조사기간 중 암컷 참다슬기의 생식소지수는 연 중 1.76-3.10의 범위를 보였고, 수컷 개체들은 1.38-3.25의 범위를 나타내었으며, 월별 양상은 암수 비슷한 경향으로 변화하였으며, 암수 모두 10월부터 익년 3월까지 생식소지수가 지속적으로 증가하다가 4~5월에 갑자기 낮아진 후 9월까지 등락을 하며 서서히 증가하는 경향을 보인 후, 10월에 급격히 낮아지는 경향을 나타내었다 (Fig. 8).

#### 7. 보육낭 유생조사

조사기간 중 참다슬기 암컷 보육낭속의 유생수 변화는 평균 286-975 범위였으며, 월별로는 11월에 286개로 연중 가장 적은 유생을 가진 이후 매월 점차 증가하여 3월에 연중 가장 많은 975개의 유생을 가진 이후 급격한 감소를 나타내었다가 6월 이후 다시 점차 증가하여 9월에는 연중 두번째 많은 863개의 유생을 가진 이후, 10월에 급격히 낮아지는 경향을 나타내었다 (Fig. 9).

참다슬기 보육낭속의 유생단계 월별 변화는 Fig. 10과 같다. 전 조사기간 동안 보육낭속에는 발생중인 4단계의 trochophore, pre-veliger, veliger, juvenile 유생이 모두 관

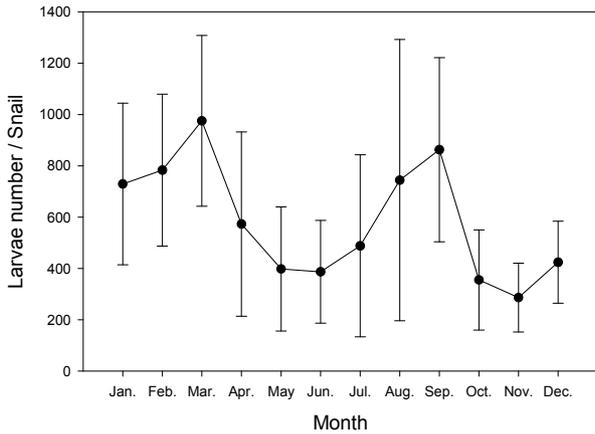


Fig. 9. Monthly changes of average number of larvae in brood pouch of female *Semisulcospira coreana*.

찰되었고, 수정직후 유생인 trochophore 유생은 6월부터 증가하기 시작하여 8월에 57%로 가장 높은 비율을 차지하였고 이후 낮아져 11월에는 1.3%를 차지하였다. 출산직전의 juvenile 유생의 비율은 6월에 34%에서 점차 낮아져 8월에 연중 가장 낮은 2.6%를 나타내었고, 점차 증가하여 11월에는 조사기간 중 가장 높은 70.0%를 나타낸 후 12월에는 27.5%로 급격히 낮아졌다 (Fig. 10).

참다슬기 암컷의 각고 크기별에 따른 보육낭속 유생수의 상관관계를 조사한 결과, 보육낭속 유생수 (NL) =  $-362.8153 + 1.2045 SH + 1.6023 SH^2$  ( $R^2 = 0.5057$ )의 상관관계를 나타내어 암컷 크기에 비례하여 보육낭속 유생수도 증가하였다 (Fig. 11).

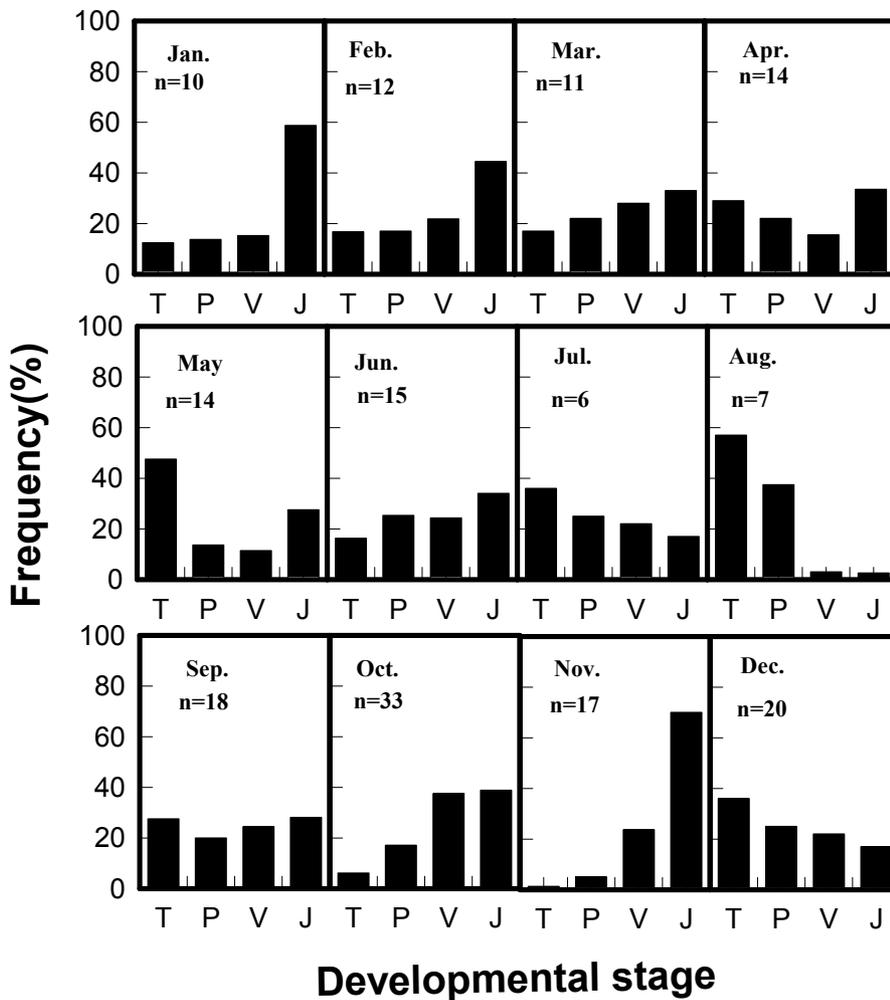


Fig. 10. Monthly composition of developmental stages of larvae in brood pouch of female *Semisulcospira coreana*. T: trochophore, P: pre-veliger, V: veliger, J: juvenile

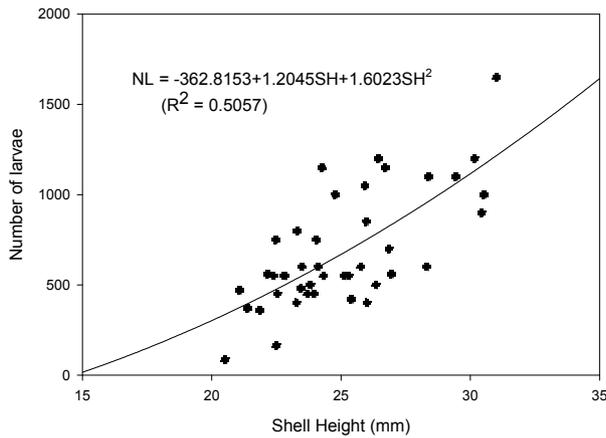


Fig. 11. Relationship between shell height (SH) and the number of larvae (NL) in brood pouch of female *Semisulcospira coreana*.

8. 군성숙도 (first sexual maturity) 및 생물학적 최소형 (biological minimum size)

참다슬기의 군성숙도를 조사한 결과, 13 mm 미만의 참다슬기는 보육낭을 형성하지 않았고 생식소도 미숙상태였다. 개체군의 50%가 성숙에 이르는 군성숙도(%) 체장(생물학적 최소형 크기)은 각각 13.95 mm로 조사되었으며, 15mm 이상은 모든 개체가 성숙하여 보육낭을 형성하였다.

9. 암수성비

군성숙도 50% 이상이었던 각각 13.95 mm 이상인 총 338 개체 (암컷 226, 수컷 112 개체) 를 대상으로 조직학적 방법

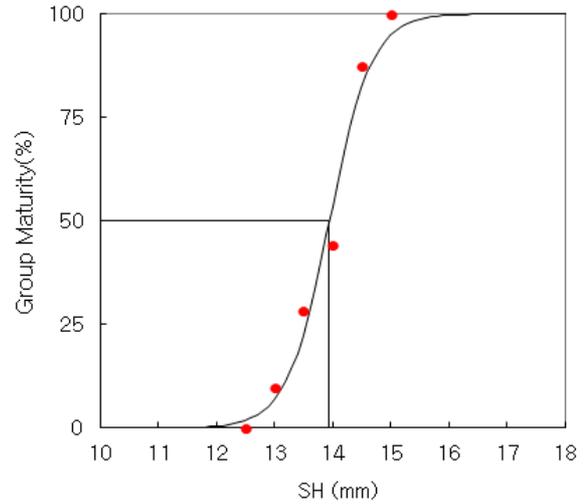


Fig. 12. The first maturity ratio of *Semisulcospira coreana* in the shell height group.

에 의해 성비를 조사한 결과는 Table 1와 같다. 암수성비는 전체적으로 암수 성비가 불균형하였으며, 아주 심하였다 ( $P < 0.05$ ), 특히 계절적 차이가 심하게 나타났는데, 겨울철 1-3 월에는 암컷의 개체수가 수컷 개체수 보다 많은 경향을 보여 성비가 아주 불균형하였으나, 춘계부터 하계에 이르면서 암수의 성비가 1:1에 가까워지는 경향을 보였다. 암컷 : 수컷의 성비가 1:1이라는 가정하에  $\chi^2$  로 검증한 결과 ( $\chi^2 = 38.45, p < 0.05$ ), 성비 1:1의 가설성립이 이루어지지 않았고, 성비는 유의한 차를 보였다. (Table 1).

Table 1. Monthly variations in sex ratios of the adult *Semisulcospira coreana* (> 13.95 mm in shell height)

Data	Female	Male	Total (ind.)	Sex ratio (F/F+M)	$\chi^2$
Jan. 2003	24	5	29	0.83	12.45
Feb. 2003	25	5	30	0.83	13.33
Mar. 2003	25	5	30	0.83	13.33
Apr. 2003	17	10	27	0.62	1.81
May. 2006	17	8	25	0.68	3.24
Jun. 2003	17	8	25	0.68	3.24
Jul. 2003	5	7	12	0.41	0.33
Aug. 2003	6	7	13	0.46	0.08
Sep. 2003	20	13	33	0.61	1.48
Oct 2003	33	15	48	0.68	6.75
Nov. 2003	17	12	29	0.58	0.86
Dec. 2003	20	17	37	0.54	0.24
Total	226	112	338	0.66	38.45

The critical value for  $\chi^2$  goodness of fit test of females and males (1df) at 95% significance is 3.84.

## 고 찰

북한강 지류인 가평천에 서식하는 참다슬기는 하상이 자갈과 모래가 섞여 있고 유속이 10-20 cm 정도로 완만히 흐르는 지역에 많이 분포하는 반면, 같은 수역에 서식하는 꽃체다슬기는 하상이 사니질로 되어 있고 유속이 정체된 지역에 주로 서식하여 같은 지역이라도 종에 따라 분포지역의 차이가 있었다. Nakano and Nishiwaki (1989) 는 다슬기의 생태학적 연구를 통해 종 및 서식환경이 번식에 미치는 영향이 크다고 보고한 바 있다. 따라서 지역별 종에 따른 번식생태를 파악하는 것은 매우 중요한 사항이다.

각고에 대한 각경, 전중, 육중의 상대성장식에서 상관계수 ( $R^2$ ) 는 0.7761-0.8719로 비교적 높은 상관관계를 나타내었고 Chang *et al.* (2000) 의 다슬기(*S. libertina*) 에서 보고한 값 0.7057-0.8953의 범위와도 비슷한 값을 나타내었다.

참다슬기의 생식소는 다슬기, 꽃체다슬기에서 보고한 이전의 연구 (Habe, S. and H. Itagaki, 1978; Koike *et al.*, 1992; Nakano and Izawa, 1996; Chang *et al.*, 2000, 2001) 결과와 비슷한 구조를 나타내었지만, 발달 중인 평균 난경은 300  $\mu\text{m}$  이상으로 Chang *et al.* (2002) 의 연구 결과인 다슬기 평균 난경 179.2  $\mu\text{m}$ , 꽃체다슬기 난경 229.8  $\mu\text{m}$ , 염주알다슬기 166.8  $\mu\text{m}$  와는 다소 큰 차이를 보였다. 이러한 결과는 종의 특징에 따른 차이일 수도 있겠으나 측정된 난모세포의 차이로 생각된다.

참다슬기의 암수성비는 0.17-0.58의 범위로 암수의 불균형이 아주 심하였으며( $P < 0.01$ ), 특히 계절적 차이가 심하여 암컷의 비율이 겨울철에 아주 낮고, 여름철 높은 비율을 차지하고, 봄가을은 중간 값을 나타내었다. 이러한 심각한 암수성비의 차이는 해산 복족류인 큰구슬우렁이에 대한 연구에서도 보고된 바가 있다 (Kim *et al.*, 2007).

군성숙도는 연령과 크기로 나타낼 수 있으며 본 조사에서는 각고를 지표로 각고 13.95 mm가 군성숙체장임을 밝혔으며, 15 mm 이상은 모든 개체가 성숙하고 보육낭을 형성하는 것으로 보아 현재 수산자원보호령으로 다슬기 체포금지체장을 각고 15 mm 이상으로 설정한 것은 적절하다고 판단된다.

비만도지수 및 생식소지수는 산란기를 추정하는데 많이 이용하고 있다 (Shin *et al.* 2007; Kim *et al.* 2007). 조사기간 중 참다슬기 암컷의 비만도지수가 출산직후인 5월을 제외하고 수컷의 비만도지수 보다 전반적으로 높은 경향을 보였다. 이러한 결과는 육질에서 암컷의 보육낭이 차지하는 비율이 높기 때문으로 사료된다. 월별 변화로 암수 모두 5월과 12월에 급격히 낮아진 값을 나타내는 것으로 보아 이 시기 이전에 출산이 일어났음을 짐작할 수 있다.

조사기간 중 생식소지수의 월별 양상은 암수 비슷한 경향으

로 변화하였으며, 암수 모두 10월부터 익년 3월까지 생식소지수가 지속적으로 증가하다가 4-5월에 갑자기 낮아진 후 9월까지 등락을 하며 서서히 증가하는 경향을 보여 비만도지수 보다는 1개월 정도 빠른 변동 양상을 나타냄으로서, 비만도지수는 보육낭의 증감과 관련이 있는 반면, 생식소 지수는 순수한 생식소 부위의 증체량과 관계가 있는 것으로 추정해 볼 수 있다.

조사기간 중 참다슬기 암컷 보육낭속의 유생수 변화는 3월과 9월에 연중 두 번의 정점을 나타낸 후 급격히 낮아지는 것으로 보아 참다슬기는 1년에 2회의 주 출산시기가 있는 것으로 추정된다. 이러한 연구 결과는 보육낭속 유생수가 봄·여름에 감소하고, 가을·겨울에 증가한다는 Chang *et al.* (2000), Koike *et al.* (1992) 의 연구와 비슷한 결과를 보였다. 또한 보육낭속의 유생수도 각고 3 cm 이상의 개체는 1,000개 이상의 유생을 가지는 것으로 나타나 Nakano and Izawa (1996), Chang *et al.* (2000), Koike *et al.* (1992) 의 연구와도 비슷한 결과였다.

참다슬기는 연중 보육낭내 발생 중인 유생을 보유하고 있었다. 유생을 발달단계에 따라 구분하여 계수한 결과, trochophore 유생은 11월에 가장 낮은 빈도를 나타낸 후 5월까지 점차적으로 증가한 후 감소하다가 9월에 다시 증가하는 경향을 보였다. 이러한 변화 양상은 pre-veliger, veliger, juvenile 단계의 유생도 시기를 달리하며 뒤이어 따라 변화는 양상을 나타내었다. 이러한 결과로 보아 참다슬기는 일시에 보육낭속에 있는 유생을 출산하는 것이 아니라 성숙한 생식세포가 교미를 통해 들어온 정자와 수정을 통해서 보육낭으로 보내진 후, 발생이 이루어지고 먼저 보육낭으로 옮겨진 유생들 순으로 출산이 이루어지는 것으로 사료된다. Juvenile 유생이 9월에 가장 낮은 빈도를 나타낸 것으로 보아 대부분의 개체가 봄·여름에 출산을 종료하고 고수온기에는 juvenile 이전 단계만 보육하는 것으로 생각된다. 이러한 연구결과는 봄에 수온 상승과 함께 생식세포의 성숙이 일어난다고 보고한 Koike *et al.* (1992) 과 Chang *et al.* (2000) 의 보고와도 일치하는 것이다.

일반적으로 패류 생식소의 성숙과 성장은 봄과 초여름에 매우 높게 나타나는데, 이것은 이 시기에 수온의 증가로 식물플랑크톤이 풍부해져 이들 패류가 먹이로 이용하기 때문이라고 보고하였다 (Kim *et al.*, 1977; Lee, 1995; Chung *et al.*, 1994).

Chang *et al.* (2000) 은 수온 하강기 보다는 수온 상승기에 유생이 다음 단계로 발생하는 데 걸리는 시간이 짧다고 하였고, Nakano (1990) 는 수온 25°C에서 유생을 인공적으로 배양한 경우 수정에서 veliger 유생까지 17.2일이 걸린다고 보고한 바 있다. Nakano and Izawa (1996) 는 일본 미에현에 서식하는 다슬기의 보육낭 유생을 조사한 결과, 8월말에 보

육낭에서 발생한 유생이 휴지상태로 겨울을 지내고 다음해 4-6월에 걸쳐 출산하여, 겨울에 보육낭내 유생을 저장하는 기간이 8개월이 걸린다고 보고한 바 있다.

이상의 결과를 종합해 보면 참다슬기는 보육낭내 연중 발생 중인 유생을 가지고 있는 것을 알 수 있으며 가을에 수정되어 발생한 유생은 월동후 3-5월에 대부분 출산하고, 봄에 발생한 유생은 같은 해 9-10월에 출산함으로써, 봄·가을 연 2회의 출산성기를 갖는 것으로 판단된다.

연체동물의 산란습성은 연중 1회 산란하는 종과 연중 다회 산란하는 종으로 구분할 수 있으며, 계절에 따라 연중산란형 (year-round breeder), 늦봄부터 초가을 사이에 산란하는 하계산란형 (summer breeders) 과 늦가을부터 이듬해 초봄 사이에 산란하는 동계산란형 (winter breeders) 으로 구분할 수 있는데 (Booolootian *et al.*, 1992), 참다슬기는 연중다회 연중산란형에 속한다고 볼 수 있겠다.

## 요 약

북한강에 서식하고 있는 참다슬기의 산란생태를 파악하기 위하여 생식소 발달단계에 따른 생식주기, 성비, 군성숙도, 보육낭유생의 월별변화 등 번식생태와 관련된 생물학적 기초 자료를 조사하였다.

각고에 대한 각경, 전중, 육중의 상관관계수 ( $R^2$ ) 는 0.7761-0.8719로 비교적 높은 상관관계를 나타내었다.

참다슬기의 암컷 생식소는 청록색, 수컷 생식소는 옅은 황색을 띠고, 암컷은 유생을 기르는 보육낭 (brood pouch) 을 가지고 있었다. 암수성비는 0.17-0.58의 범위로 계절적 불균형이 심하였으며, 여름철 암컷 비율이 높고 겨울철 암컷비율이 낮았다.

생식소의 조직학적 조사 및 비만지수, 생식소지수 조사 결과 봄, 가을에 두 번의 정점을 나타낸 후 급격히 떨어지는 경향을 보여 생식소 발달은 봄, 가을 연 2회 이루어짐을 알 수 있으며, 암컷 보육낭속의 유생수 월별변화도 연중 두 번의 피크를 나타냈었고, 보육낭속의 유생수는 월 평균 286-975범위로, 11월에 연중 가장 적었고 3월과 9월에 각각 975개, 863개로 연중 가장 많은 유생을 보유하였다.

50%가 성숙하는 군성숙체장은 각고 13.95 mm였으며, 각고 15mm 이상은 모든 개체가 성숙하고 보육낭을 형성하였다.

## 사 사

이 연구는 국립수산물연구원 (다슬기양식기술개발, RP-2011-AQ-06) 의 지원에 의해 수행되었습니다.

## REFERENCES

- Booolootian R.A., Farmanfarmaian A. and Giese A.C. (1962) On the reproductive cycle and breeding habits of two western species of *Haliotis*. *Biological Bulletin*, **122**: 183-193.
- Chang H.J. (2002) Reproductive cycle and parturition induction in three species of the Pleuroceridae. *Master's thesis, Pukyong National University of Pusan, Busan*. 68 pp.
- Chang, Y.J., Chang H.J., Min B.H. and Bang I.C. (2000) Reproductive cycle of melania snail, *Semisulcospira libertina libertina*. *Dev. Reprod.*, **4**: 175-180 [in Korean].
- Chang Y.J., Jang H.J. and Kim J.J.. (2001) Relative growth of the melania snail, *Semisulcospira libertina libertina* and monthly composition of larval stages in its brood pouch. *J. Korean Fish Soc.*, **34**(2): 131-136 [in Korean].
- Chung E.Y., Ryou D.K. and Lee J.H. (1994) Gonadal development, age and growth of the shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum* (Pelecypod: Venerida), on the coast of Kimje, Korea. *Korean journal of Malacology*, **10**: 38-54. [in Korean]
- Davis, G. M. (1969) A taxonomic study of some species of *Semisulcospira* in Japan. *Malacologia*, **7**: 211-294.
- Eversole, A.G. (1997) Gametogenesis of *Mercennaria mercennaria*, *M. cappechiensis* and their hybrids. *Mautilus*, **110**: 107-110.
- Habe, S. and Itagaki H. (1978) Ecological study on the freshwater snail *Semisulcospira libertina* (Gould, 1959). *Jap. J. Malac. (Venus)*, **37**: 77-82.
- Kim B.A., Kim B.K. and Kim S.U. (1977) Studies on the growth of hard clam, *Meretrix lusoria*. *Bulletin of Fisheries Research and Development Agency*, **17**: 77-85 [in Korean].
- Kim, D.G., Chung E.Y., Shin M.S. and Hwang K. (2007) Reproductive ecology of the bladder moon, *Glossaulax didyma* (Gastropoda: Naticidae) in western Korea. *Korean journal of Malacology*, **23**(2): 189-198 [in Korean].
- Kim, E.K. (2004) Ultrastructural study on the germ cell differentiation of the melania snail, *Semisulcospira libertina* (Prosobranchia: Pleuroceridae). *Master Thesis, Yosu National University*, **20**(1): 9-15 [in Korean].
- Kim Y.K., Moon H.S., Lee M.H., Park M.J., Lim C.W., Park H.Y., Park J.I., Yoon H.D. and Kim D.H. (2009) Biological activities of seven melania snails in Korea. *Kor. J. Fish Sci.*, **42**(5): 434-441 [in Korean].
- Kim, Y.H., Lee T.K. and Cha Y.S. (1985) Studies on the nutritive component of black snail, *Semisulcospira libertina*. *Collection of Thesis, Chonbuk Nat. Uni.*, **16**: 101-105 [in Korean].
- Koike, K., Kuniyoshi S., Furuse K., Umezawa N., Masuda A. and Nishiwaki S. (1992) Seasonal changes in gametogenesis and embryocomposition in

- the brood pouch of *Semisulcospira libertina*. *Venus*, **51**: 279-294 [in Japanese].
- Kwon, O.G. (1990) Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea. *Mollusca* (I), pp.131-140 [in Korean].
- Lee I.H., Chung E.Y., Son P.W. and Shin M.S. (2007) Reproductive ecology of the hard shelled mussel, *Mytilus coruscus* in western Korea. *Korean journal of Malacology*, **23**(2): 199-208 [in Korean].
- Lee M.H., Kim Y.K., Moon H.S., Kim Y.A., Yoon N.Y., Lim C.W., Park H.Y. and Kim D.H. (2010) Antioxidant activities of five melania snails of the genus *Semisulcospira* in Korea. *KOR. J. Fish Aquat. Sci.*, **43**(3), 188-194 [in Korean].
- Lee M.Y., Lee Y.K. and Kim S.D. 2004. Quality Characteristics of calcium acetate prepared with vinegars and ash of black snail. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **33**(3), 593-597 [in Korean].
- Lee Y.H (1995) Growth and maturation of shortnecked clam *Ruditapes philippinarum* by different seeding production areas. *Master's thesis, National Fisheries University of Pusan, Busan.* 51 pp.
- Lee Y.K, Lee M.Y. and Kim S.D. (2003) Effect of Calcium Lactate Prepared from Black Snail on Dough Fermentation, Quality and Shelf-life of Bread. *J. East Asian Soc. Dietary Life*, **13**(2). 136-144 [in Korean].
- Lim C.W., Kim Y.K., Kim D.H., Park J.I., Lee M.H., Park H.Y. and Jang M.S. 2009. Comparison of Quality Characteristics of Melania snails in Korea. *Kor. J. Fish Aquat Sci.*, **42**(6), 555-560 [in Korean].
- Mann, R. (1979) Some biochemical and physiological aspects of growth and gametogenesis in *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* grown at sustained elevated temperatures. *Journal of marine Biological association of U.K.*, **59**: 95-110.
- Momoyama, K. and Ishimoto, T. (1979) On the spawning period in Yamaguchi and Oumi Bay. *Yamaguchi Prefecture Naigai Ocean Center*, **7**: 19-34.
- Nagai, S., Yamamoto H., Ishii K., Otsuka M. and M. Kobayashi. (1979) Rearing and population growth of fresh water snail, *Semisulcospira libertina* in the laboratory. *Venus*, **38**: 25-34.
- Nakano, D. (1990) A method of embryo culture and an outline of development of the ovoviviparous freshwater snail, *Semisulcospira libertina* (Prosobranchia: Pleuroceridae). *Venus*, **49**: 107-119.
- Nakano, D. and Izawa K. (1996) Reproductive biology of *Semisulcospira libertina* (Prosobranchia: Pleuroceridae) in Iga Basin, Mie Prefecture. *Venus*, **55**: 235-241.
- Nakano, D. and S. Nishiwaki. (1989) Anatomical and histological studies on the reproductive system of *Semisulcospira libertina* (Prosobranchia: Pleuroceridae). *Venus*, **48**: 263-273.
- Prozorova L.A. and Rasshepkina A.V., (2005) On the reproductive anatomy of *Semisulcospira* (Cerithioidea: Pleuroceridae; Semisulcospirinae). *Bull. Russ. East Malacol. Society*, **9**: 123-126.
- Shim T.H., Han K.S., Lee T.J., Cheong E.H. and Lee H.K. (1994) Composition of lepid and amino acid in *Semisulcospira gottschei* tissues. *J. Fd Hyg. Safety*, **9**(2): 81-87 [in Korean].
- Takami, A. (1995) Growth and number of newborns in *Semisulcospira kurodai* (Prosobranchia: Pleuroceridae) reared in the laboratory. *Venus*, **54**: 123-132.