

## 다슬기 (*Semisulcospira libertina libertina*)와 꽃체다슬기 (*Semisulcospira gottschei*)의 출산 유도

장해진<sup>1</sup> · 민병화<sup>1</sup> · 방인철<sup>2</sup> · 김영주<sup>3</sup> · 장영진<sup>1\*</sup>

수산과학관 · <sup>1</sup>부경대학교 양식학과 · <sup>2</sup>순천향대학교 생명과학부 · <sup>3</sup>푸른농원

### Parturition Induction on Melania Snails, *Semisulcospira libertina libertina* and *Semisulcospira gottschei*

Hae-Jin Chang, Byung-Hwa Min<sup>1</sup>, In-Chul Bang<sup>2</sup>, Young-Ju Kim<sup>3</sup> and Young-Jin Chang<sup>1\*</sup>

Fisheries Science Museum, Busan 619-902, Korea

<sup>1</sup>Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

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

<sup>3</sup>Green Village Co., Pyeongchang 232-800, Korea

**ABSTRACT** : The effects of various physicochemical stimuli in parturition induction were assayed on ovoviparous freshwater melania snails, *Semisulcospira libertina libertina* and *S. gottschei*. Both of them did not respond to NH<sub>4</sub>OH and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, but showed responses to the water temperature raising, serotonin and acetylcholine. *S. gottschei* showed stronger responses to the stimulants in parturition induction compared with *S. libertina libertina*. In case of *S. libertina libertina* exposed to 10<sup>-9</sup>M acetylcholine, the number of newly born larvae and juveniles per adult and juvenile parturition rate were 68 individuals and 57.5%, which were the most among experimental groups, respectively. In the parturition induction with temperature raising of 9°C, *S. gottschei* bred 113 larvae and juveniles in which juvenile parturition rate was 56.3% and 10<sup>-12</sup>M acetylcholine also induced very high juvenile parturition rate(61.7%) and 83 larvae and juveniles. It could be concluded that the treatment of acetylcholine has a high effectiveness in the parturition induction of *S. libertina libertina* and *S. gottschei*.

**Key words** : Melania snail, *Semisulcospira libertina libertina*, *Semisulcospira gottschei*, Larva, Juvenile, Parturition induction, Physicochemical stimulant.

**요 약** : 난태생종인 다슬기(*Semisulcospira libertina libertina*)와 꽃체다슬기(*Semisulcospira gottschei*) 어미에게 여러 가지 물리·화학적 자극을 주어 출산 개시 소요 시간, 출산 유생·치패수 및 치패 출산율을 조사하였다. 꽃체다슬기는 온도, 공기 노출, serotonin 및 acetylcholine 자극에 대하여 다슬기보다 더욱 민감하게 반응하였으나, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 및 NH<sub>4</sub>OH 자극에 대하여는 두 종 모두 반응하지 않았다. 다슬기는 acetylcholine 10<sup>-9</sup>M 자극에서 모패당 68개체로 가장 많은 유생과 치패를 출산하였으며, 치패 출산율도 57.5%로 높았다. 꽃체다슬기는 수온을 9°C 상승시켰을 때, 모패당 113개체의 유생과 치패를 출산하였고 치패 출산율은 56.3%였으며, acetylcholine 10<sup>-12</sup>M 첨가했을 때는 각각 83개체, 61.7%였다. 결론적으로, 다슬기와 꽃체다슬기의 인공 종묘 생산 시 치패의 대량 출산 유도에는 신경전달물질인 acetylcholine 자극이 효과적인 것으로 나타났다.

## 서 론

하천, 호수, 연못 등의 담수 수역에 널리 분포하는 다슬기(*Semisulcospira libertina libertina*)와 꽃체다슬기(*S. gottschei*)는 복족강(Gastropoda), 중복족목(Mesogastropoda), 다슬기과(Pleuroceridae), 다슬기속(*Semisulcospira*)으로 분류되며, 자웅이체

로서 난태생의 번식 습성을 가진 고등류로 알려져 있다 (Kwon, 1990).

최근에는 생활 하수, 농약, 중금속 등에 의한 다슬기 서식지 오염과 행락객의 무분별한 채취로 인해 자원이 급격히 줄어들고 있는 실정이다. 이와 같이 감소된 다슬기에 대한 자원 보호 및 양식 기술의 개발이 절실하게 요구되고 있지만, 이들 종에 대한 번식 생물학적 연구와 양식 산업에 이용하기 위한 종묘 생산 및 양식 기술 개발 관련 연구는 거의 보고된 바 없다. 그러나 일본의 몇몇 연구 그룹에서는 다슬기가 출산하는 치패의 수와 이들 치패의 실내 사육에 관한 연구 결과(Nagai et al., 1979; Nakano, 1990; Takami, 1995)를 보고한 바 있으며,

\*본 논문은 2002년 평창군 사업연구비에 의해 연구되었음.

† 교신저자: 부산시 남구 대연3동 599-1, 부경대학교 수산과학대학 양식학과. (우) 608-737, (전) 051-620-6135, (팩) 051-628-7430, E-mail: yjchang@pknu.ac.kr

특히 난태생종인 다슬기와 꺾개다슬기는 보육탕에 발달 중인 유생을 연중 보유하며(Koike *et al.*, 1992; Nakano & Izawa, 1996), 안정적인 수온과 먹이 조건에서는 연속적인 출산이 가능한 것으로 알려져 있다(Nagai *et al.*, 1979).

패류의 산란 유발은 수산 양식 종묘 생산의 생산성을 높이는 데에 있어 우선적으로 해결해야 할 초기 과정이며, 효과적인 산란 유발을 통하여 성숙한 어미로부터 대량의 수정란을 안정적으로 얻기 위한 노력이 계속되고 있다. 패류의 산란은 생체 내·외적인 요인에 의해 조절이 되는 것으로 알려지고 있어(Giese & Kanatani, 1987), 이를 응용한 패류의 산란 유발 방법으로 온도 자극, 공기 노출 자극, 전기 자극 등의 물리적 자극(Galtsoff, 1938; Loosanoff & Davis, 1969)과 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>OH, KCl, BaCl<sub>2</sub> 등의 화학적 자극(Iwata, 1971a; Kikuchi & Uki, 1974; Gibbons & Castagna, 1984; Crawford, 1986) 그리고 신경절 현탁액, 난자와 정자 현탁액 주입 등의 생물학적 자극(Iwata, 1971b)이 활용되고 있다. 그러나 이들 산란 유발 방법의 대부분은 해산패류를 재료로 연구 개발되었으며, 조개류에서는 인공 종묘 생산 기술의 진보 차원에서 가리비류(Uki & Kikuchi, 1974; Matsutani & Nomura, 1982; Tanaka & Murakoshi, 1985; Kang *et al.*, 1996) 및 꼬끼리조개(*Panope japonica*) (Lee *et al.*, 1997)에 대한 자외선 조사 해수 및 serotonin의 산란 유발 효과가 연구된 바 있다. 한편 고등류에서는 원시복족류인 참전복(*Haliotis discus hannai*) (Kikuchi & Uki, 1974)에 대한 산란 유발 연구가 주류를 이루고 있어, 그 외 산업적인 중요 고등류의 산란 또는 출산 유도 방법의 개발이 기대되고 있다.

본 연구에서는 전술한 바와 같이 양식 기술의 개발이 시급히 요청되고 있는 다슬기와 꺾개다슬기를 대상으로 여러 가지 물리·화학적 자극을 통한 효과적인 출산 유도 방법을 구명하여, 다슬기류의 인공 종묘 생산 기술 개발을 위한 기초 자료를 제공하는 데에 연구 목표를 두었다.

## 재료 및 방법

실험에 사용된 다슬기와 꺾개다슬기는 출산기인 9월에 각각 경상남도 양산시 내원사 계곡, 강원도 평창군 평창강 일대에서 채집된 암컷으로 그 크기는 Table 1에서 보는 바와 같다. 채집된 모패는 연구실로 옮겨 수온 20℃의 실내 수조(20L)에 수용하여 사육하면서 출산 유도 실험에 사용하였다. 모든 출산 유도 자극 실험에 사용한 사육수는 지하수(경도 208mg/L, 전기전도도 0.697ms/cm, 총암모니아성 질소 0.9mg/L)로 하였다.

공기 노출 자극 실험에서는 다슬기와 꺾개다슬기 각각 20

**Table 1. Number and size of *Semisulcospira libertina libertina* and *S. gottschei* used for the experiment of paturition induction**

Species	Sex	Number	Shell height (mm)	Shell diameter (mm)	Total weight (g)
<i>S. libertina libertina</i>	Female	265	19.3±3.1	8.3±0.8	1.0±0.3
<i>S. gottschei</i>	Female	281	30.0±2.4	12.7±1.5	2.4±0.8

개체를 바람이 잘 통하는 그늘진 곳에 10분, 30분, 60분, 90분씩 노출시킨 다음, 각각 1개체씩 250mL의 용기에 수용하였으며, 온도 자극 실험에서는 20℃에 수용되어 있던 다슬기와 꺾개다슬기 각각 20개체를 250mL의 용기에 각각 1개체씩 넣고 3℃, 6℃, 9℃ 및 12℃의 수온 상승 자극을 주었다. NH<sub>4</sub>OH와 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 자극에서는 다슬기와 꺾개다슬기 각각 20개체를 250mL의 용기에 각각 1개체씩 수용한 다음, NH<sub>4</sub>OH는 2×10<sup>-3</sup>, 4×10<sup>-3</sup>, 6×10<sup>-3</sup> 및 8×10<sup>-3</sup>N, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>는 0.25×10<sup>-2</sup>, 0.50×10<sup>-2</sup>, 1.00×10<sup>-2</sup> 및 2.00×10<sup>-2</sup>N의 농도로 첨가하여 자극하였다. Serotonin과 acetylcholine 자극에서는 250mL의 용기에 다슬기와 꺾개다슬기를 각각 1개체씩 수용한 다음, serotonin(5-hydroxytryptamine, C<sub>14</sub>H<sub>19</sub>N<sub>5</sub>O<sub>2</sub> · H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Sigma, USA)은 10<sup>-8</sup>, 10<sup>-6</sup>, 10<sup>-4</sup> 및 10<sup>-2</sup>M, acetylcholine chloride (C<sub>7</sub>H<sub>16</sub>ClNO<sub>2</sub>, Acros, Belgium)는 10<sup>-12</sup>, 10<sup>-9</sup>, 10<sup>-6</sup> 및 10<sup>-3</sup>M의 농도로 첨가하여 자극을 주었다.

출산 유도 효과로는 각각의 출산 유도 자극에 대하여 자극 후 출산 개시까지의 소요 시간을 파악하고 출산 반응률은 각 자극에 반응한 모패의 수를 실험 개체수로 나누어 계산하였다. 출산된 유생·치패수는 출산 개시 후 7시간째까지 출산된 개체수로 산정하였다. 출산되거나 보육탕에 잔존한 유생 및 치패의 발생 단계 구분은 Nakano(1990)와 Chang *et al.*(2001)의 방법을 따랐으며(Fig. 1), 총출산율과 치패 출산율은 출산 개체수와 보육탕 내 잔존 유생·치패수를 조사한 후, 다음의 식에 의해 계산하였다.

$$\text{총출산율(\%)} = \frac{\text{출산유생} \cdot \text{치패수}}{\text{출산유생} \cdot \text{치패수} + \text{잔존유생} \cdot \text{치패수}} \times 100$$

$$\text{치패출산율(\%)} = \frac{\text{출산치패수}}{\text{출산치패수} + \text{잔존치패수}} \times 100$$

출산 유도 실험에서 얻어진 모든 자료는 Computer Program Statistix 3.1 (Analytical Software, St. Paul, Min. USA)로 분산분석을 실시한 다음, 최소유의차 검정을 통하여 P=0.05 수준에

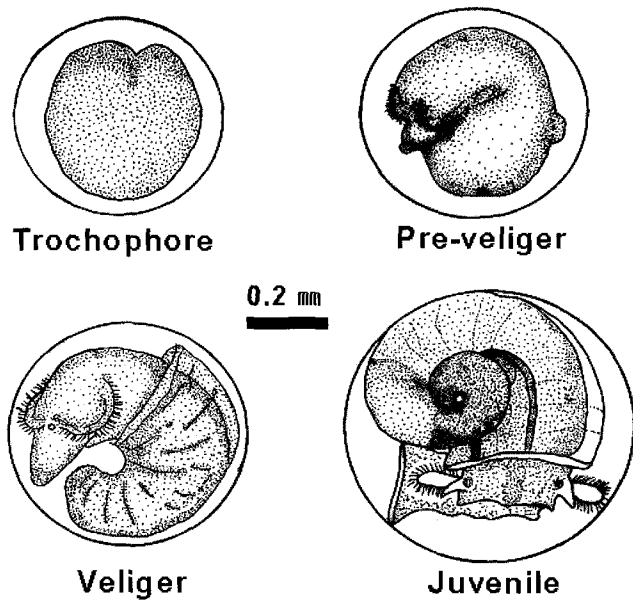


Fig. 1. Morphological characteristics of newly born three larval stages and juvenile from adult *Semisulcospira libertina libertina*.

서 유의차 유무를 판정하였다.

### 결 과

#### 1. 다슬기

여러 가지 출산 유도 자극에 대한 다슬기의 출산 개시까지의 소요 시간 및 출산모패의 비율은 Table 2에 나타난 바와 같다. 사육 수온(20℃)보다 3, 6, 9, 12℃ 상승시킨 모든 수온 자극에서 다슬기의 출산이 유도되었으나, 출산 반응률은 9℃ 상승 실험구에서 71.4%로 가장 높은 값을 보였다. 그러나 다슬기 모패는 공기 노출, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 및 NH<sub>4</sub>OH 자극에 대하여 반응을 보이지 않았다. 한편, serotonin 자극에 대한 다슬기의 출산 반응률은 전반적으로 낮은 편이었으며, 실험구 내에서는 10<sup>-6</sup> M이 12.5%로 가장 높았다. 특히, acetylcholine 자극에 대하여 다슬기는 농도별로 민감한 반응을 보여 10<sup>-9</sup> M에서 66.7%로 가장 높은 출산반응률을 나타낸 반면, 10<sup>-12</sup> M 및 10<sup>-3</sup> M에서는 전혀 반응하지 않았다. 출산 자극 개시 후 출산까지의 소요 시간은 10~125분으로 온도 상승 자극에서 가장 짧은 경향을 나타냈다.

여러 가지 출산 유도 자극에 따른 다슬기의 출산 유생·치패수를 Fig. 2에 나타내었다. 다슬기는 공기 노출, NH<sub>4</sub>OH 및 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 자극에 대해서는 반응하지 않았다. 그러나 온도 상승 자극에서는 수온을 12℃ 상승시켰을 때 모패당 22.5±3.5개체로 가장 많은 유생과 치패를 출산하였으며, 온도 상승폭이

Table 2. Effect of various stimulants on the parturition of *Semisulcospira libertina libertina*

Stimulant	Condition	Responded* number	Parturition rate(%)	Required time to parturition(min.)
Temperature	3℃	4/14	28.6	40
	6℃	6/10	60.0	32
	9℃	10/14	71.4	18
	12℃	4/10	40.0	15
Air exposure	10 min.	0/12	0	-
	30 min.	0/10	0	-
	60 min.	0/13	0	-
	90 min.	0/ 8	0	-
NH <sub>4</sub> OH	2×10 <sup>-3</sup> N	0/ 8	0	-
	4×10 <sup>-3</sup> N	0/12	0	-
	6×10 <sup>-3</sup> N	0/ 8	0	-
	8×10 <sup>-3</sup> N	0/ 7	0	-
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.25×10 <sup>-3</sup> N	0/10	0	-
	0.50×10 <sup>-3</sup> N	0/12	0	-
	1.00×10 <sup>-3</sup> N	0/ 8	0	-
	2.00×10 <sup>-3</sup> N	0/11	0	-
Serotonin	10 <sup>-8</sup> M	1/10	10.0	65
	10 <sup>-6</sup> M	1/ 8	12.5	60
	10 <sup>-4</sup> M	1/16	6.3	30
	10 <sup>-2</sup> M	1/12	8.3	125
Acetylcholine	10 <sup>-12</sup> M	0/12	0	-
	10 <sup>-9</sup> M	8/12	66.7	10
	10 <sup>-6</sup> M	1/12	8.3	60
	10 <sup>-3</sup> M	0/16	0	-

\*Number of the parturient female/total number of the treated female.

클수록 출산 유생·치패수가 많아지는 경향을 보였다. 한편, serotonin은 10<sup>-4</sup> M에서 5.0±1.4 개체의 출산 유생·치패수를 나타냈으며, acetylcholine 자극에서는 10<sup>-9</sup> M에서 68.0±8.5 개체로 가장 많은 출산량을 나타냈다(P<0.05).

출산 반응 종료 후 모패의 보육낭 내 잔존 유생·치패수를 조사하여 각 자극 방법에 따른 총출산율을 산정한 결과, 온도를 12℃ 상승시켰을 때 3.2±2.2%였다. 한편, serotonin은 10<sup>-4</sup> M에서, acetylcholine은 10<sup>-9</sup> M에서 각각 3.9±0.7%, 24.4±0.5%의 총출산율을 보여 온도 자극에 비해 출산율이 높았으며,

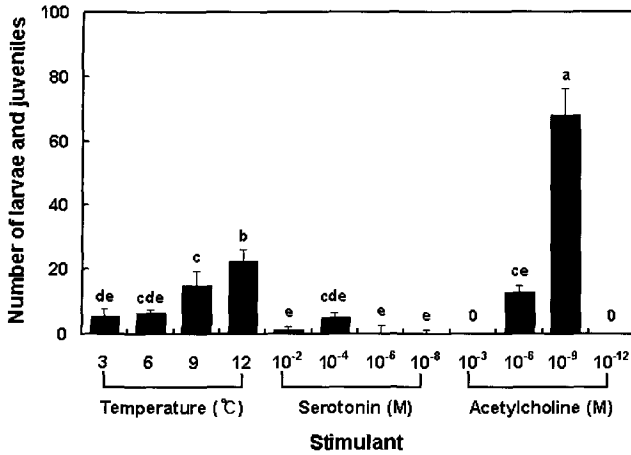


Fig. 2. Number of newly born larvae and juveniles from *Semisulcospira libertina libertina* to the various stimulants. Different letters above the bars are significantly different ( $p < 0.05$ ).

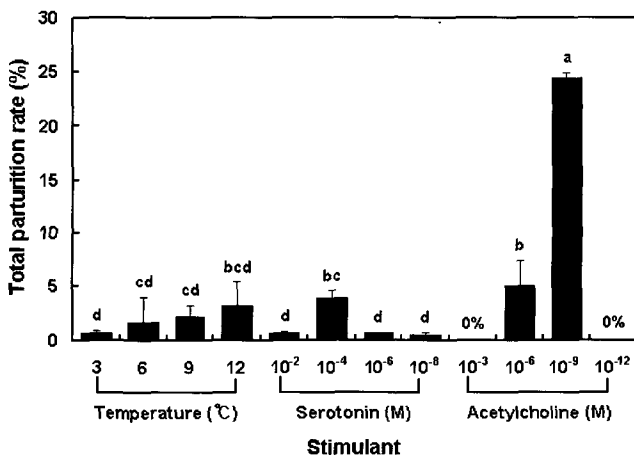


Fig. 3. Total parturition rate of larvae and juveniles from *Semisulcospira libertina libertina* to the various stimulants.

acetylcholine  $10^{-9}$  M 자극은 모든 자극 방법 중에서 가장 높은 출산율을 나타냈다( $P < 0.05$ )(Fig. 3).

보육낭내 잔존치패수와 출산치패수를 조사하여 산출한 치패출산율은 총출산율의 경향과 비슷하였다(Fig. 4). 온도 상승 자극에서 다슬기는 12°C 상승 시에  $13.4 \pm 8.5\%$ 의 치패 출산율을 보였으며, serotonin  $10^{-4}$  M에서는  $21.4 \pm 9.4\%$ 로 높았다. 특히, acetylcholine 자극에서는 총출산율이 높았던  $10^{-9}$  M에서 치패출산율이  $57.5 \pm 5.3\%$ 로 가장 높았다.

## 2. 곳체다슬기

곳체다슬기는 다슬기와는 달리 공기 노출에 대하여 매우 높은 반응을 보여, Table 3에서 보는 바와 같이 공기 노출 10분에서 50%, 30분, 60분, 90분에서는 모두 100%의 출산반

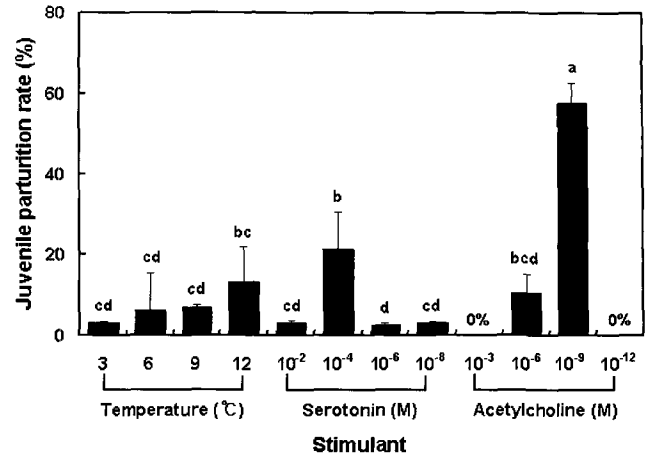


Fig. 4. Juvenile parturition rate of *Semisulcospira libertina libertina* to the various stimulants.

응를 나타냈다. 자극 후 출산에 이르는 소요 시간은 10~18분으로 역시 다른 자극 방법에 비해 짧았다. 온도 상승 자극에서는 6°C와 9°C 상승구에서 100%의 출산반응률을 보여 온도 자극의 효과가 인정되었으며, 출산에 이르는 소요 시간은 11~25분으로서 온도 상승폭이 클수록 짧아지는 경향을 나타냈다. Serotonin 자극에서도 곳체다슬기는 높은 반응을 나타냈으며,  $10^{-6}$  M에서 모든 개체가 출산하였다. 출산에 이르는 소요 시간은 6~20분으로 온도 상승 자극보다 더 짧은 경향을 보였으며, serotonin의 농도가 높을수록 소요 시간이 짧은 것으로 나타났다. Acetylcholine 역시 효과적인 출산 자극제인 것으로 보이며,  $10^{-12}$  M에서 100%의 모패가 출산에 가담하였다. 특히 출산에 이르는 소요 시간은 acetylcholine의 농도가 낮을수록 짧아지는 경향을 보였다. 그러나 다슬기의 경우와 같이 곳체다슬기 역시  $\text{NH}_4\text{OH}$ 와  $\text{H}_2\text{O}_2$  자극에 대하여는 전혀 반응하지 않았다.

공기 노출에 대하여 출산 반응을 나타내지 않았던 다슬기에 비해, 곳체다슬기는 공기 노출 60분에 모패당  $81.0 \pm 18.4$ 개체의 유생과 치패를 출산하였다(Fig. 5). 온도 상승 자극에서는 9°C 상승 시에  $113.0 \pm 21.2$  개체로 가장 많은 유생과 치패를 출산하였다. 곳체다슬기에게 serotonin 자극을 준 결과,  $10^{-4}$  M에서  $5.0 \pm 1.4$  개체를 출산했던 다슬기와는 달리 동일 농도에서 모패당  $19.5 \pm 6.4$  개체의 유생과 치패 출산량을 보였다. 특히 acetylcholine 자극시에는  $10^{-12}$  M에서  $82.5 \pm 6.4$ 개체의 많은 출산량을 나타냈다.

출산 반응 종료 후 모패의 보육낭내 잔존 유생·치패수를 조사하여 각 자극 방법에 따른 총출산율을 산정한 결과, Fig. 6과 같이 온도를 9°C 상승시켰을 때  $12.0 \pm 6.4\%$ 로 가장 높게 나타났다. 공기 노출 자극에 있어서 출산 유생·치패수가 가

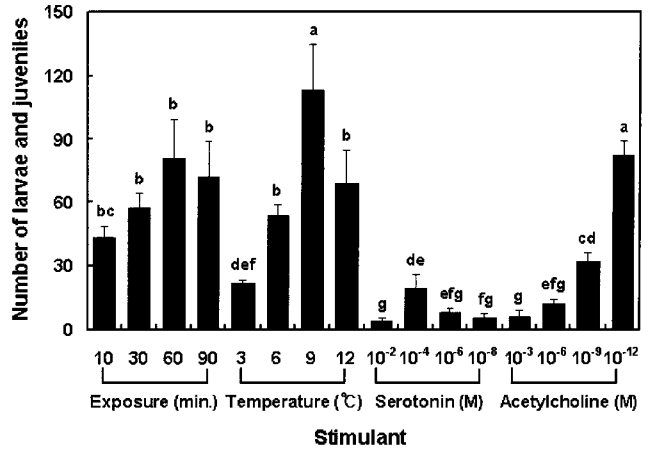
**Table 3. Effect of various stimulants on the parturition of *Semisulcospira gottschei***

Stimulant	Condition	Responded* number	Parturition rate(%)	Required time to parturition(min.)
Temperature	3°C	8/10	80.0	25
	6°C	12/12	100	21
	9°C	8/ 8	100	17
	12°C	6/10	60.0	11
Air exposure	10 min.	6/12	50.0	18
	30 min.	10/10	100	16
	60 min.	12/12	100	12
	90 min.	16/16	100	10
NH <sub>4</sub> OH	2×10 <sup>-3</sup> N	0/15	0	-
	4×10 <sup>-3</sup> N	0/12	0	-
	6×10 <sup>-3</sup> N	0/12	0	-
	8×10 <sup>-3</sup> N	0/10	0	-
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.25×10 <sup>-3</sup> N	0/10	0	-
	0.50×10 <sup>-3</sup> N	0/11	0	-
	1.00×10 <sup>-3</sup> N	0/ 7	0	-
	2.00×10 <sup>-3</sup> N	0/12	0	-
Serotonin	10 <sup>-8</sup> M	8/16	50.0	20
	10 <sup>-6</sup> M	8/ 8	100	16
	10 <sup>-4</sup> M	8/16	50.0	10
	10 <sup>-2</sup> M	4/12	33.3	6
Acetylcholine	10 <sup>-12</sup> M	14/14	100	10
	10 <sup>-9</sup> M	8/12	66.7	20
	10 <sup>-6</sup> M	8/12	66.7	32
	10 <sup>-3</sup> M	6/12	50.0	34

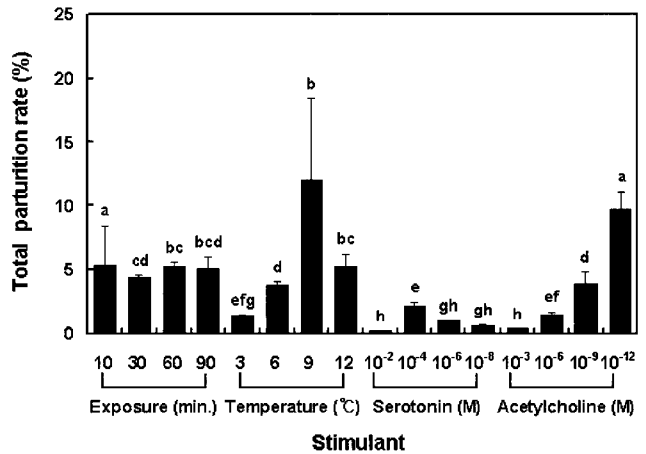
\*Number of the parturient female/total number of the treated female.

장 많았던 60분 노출 시에 5.3±0.3%의 총출산율을 보였으나 다른 실험구와 비교하여 유의한 차이를 나타내지 않았다( $P > 0.05$ ). 꾀체다슬기는 serotonin 10<sup>-4</sup>M의 자극에서 2.3±0.3 %의 총출산율을 나타냈으며, acetylcholine 자극에서는 10<sup>-12</sup>M에서 9.7±1.4%로 가장 높았다.

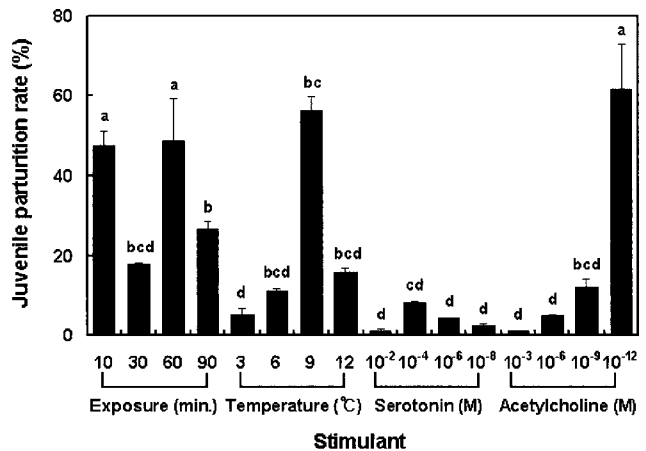
보육탕 내 잔존 치패수와 출산 치패수를 조사하여 산출한 치패 출산율은 총 출산율의 경향과 비슷하였다(Fig. 7). 온도 상승 자극에서 9°C 상승 시 56.3±3.4%의 치패 출산율을 나타냄으로써, 과반수의 치패들이 출산되었음을 알 수 있었다.



**Fig. 5. Number of newly born larvae and juveniles from *Semisulcospira gottschei* to the various stimulants.**



**Fig. 6. Total parturition rate of larvae and juveniles from *Semisulcospira gottschei* to the various stimulants.**



**Fig. 7. Juvenile parturition rate of *Semisulcospira gottschei* to the various stimulants.**

Serotonin 및 acetylcholine 자극에서도 총출산율이 가장 높았던 자극 농도에서 치패 출산율도 높아지는 경향을 보였으며,

serotonin은  $10^{-4}$ M에서  $8.3 \pm 0.1\%$ 인 반면, acetylcholine은  $10^{-12}$ M에서 무려  $61.7 \pm 11.2\%$ 의 높은 치패 출산율을 나타냈다.

## 고 찰

일반적으로 패류의 산란 유발 온도 자극에서는 모패의 사육 수온보다  $3 \sim 5^\circ\text{C}$  높은 온도를 유지하거나 온도 상승 및 하강의 반복 자극을 주로 이용한다. 다슬기 모패는 사육 수온보다  $9^\circ\text{C}$  높아졌을 때  $71.4\%$ 로 가장 높은 출산반응률을 보였다. 출산 유생·치패수 역시 가장 많았던  $12^\circ\text{C}$  상승 시와 차이를 보이지 않는  $15.0 \pm 4.2$ 개체의 출산량을 보였다. 이에 비하여 곳체다슬기 모패는  $6^\circ\text{C}$ ,  $9^\circ\text{C}$  상승시  $100\%$ 의 출산 반응률을 나타냈으며,  $9^\circ\text{C}$  상승시에 가장 많은 유생·치패 출산량을 보였다. 또한 출산 개시까지의 소요 시간 역시 두 종 모두에서 수온이 높을수록 짧아지는 경향을 보임으로써, 온도 상승 자극 시 사육 수온보다  $9^\circ\text{C}$  높일 때 출산 유도 효과가 컸음을 알 수 있었다. 한편, 공기 노출 자극은 다슬기에게는 효과를 나타내지 못한 반면, 곳체다슬기에 대하여는 30분 이상 노출 시  $100\%$ 의 출산반응률을 보임으로써, 유효한 출산 유도 자극 방법이 될 것으로 판단된다.

$\text{NH}_4\text{OH}$ 에 의한 조개류의 산란은 pH 상승에 의하여 유발되는 것으로 알려져 있으며(Sagara, 1958), 가무락(*Cyclina sinensis*)은  $8 \times 10^{-3} \sim 3 \times 10^{-2}$  N, 백합(*Meretrix lusoria*)은  $1 \times 10^{-2} \sim 5 \times 10^{-2}$  N에서 방란·방정이 이루어져 조개류의 종류에 따라 방란·방정을 일으키는  $\text{NH}_4\text{OH}$ 의 농도가 다른 것으로 보고되고 있으나(Choi, 1975), 고등류인 다슬기와 곳체다슬기는  $\text{NH}_4\text{OH}$ 에 전혀 반응하지 않았다. 이러한 결과는, 여과섭식자이자 호흡시 환경수와의 접촉 면적이 매우 넓은 아가미를 가진 조개류에 비해, 치설로 먹이를 갉아먹으며 환경수와의 접촉 면적이 크지 않은 아가미를 가진 고등류가 pH에 덜 민감한 것이 아닌가 추측케 한다.

해산 고등류인 전복의 경우, 모패에게 자외선 조사 해수를 흘려줌으로써 방란·방정이 유발되며(Kikuchi & Uki, 1974), 이러한 자외선 조사 해수의 효과는  $\text{H}_2\text{O}_2$ 나  $\text{O}_3$  첨가의 경우와 마찬가지로 광화학 반응으로 생성되는 oxydant가 산란을 유발하는 일련의 생화학적 반응을 촉발함으로써 나타난다고 알려져 있다(Kikuchi & Uki, 1974). 그러나 본 연구에서는 다슬기와 곳체다슬기에게  $\text{H}_2\text{O}_2$  자극을 주었으나 어떠한 농도에서도 출산 반응이 나타나지 않아,  $\text{NH}_4\text{OH}$  자극에서와 같이 효과를 보지 못했다.

한편, 아민성 신경전달물질의 하나인 serotonin에 대한 다슬기 모패의 출산 반응률은  $10^{-6}$ M에서  $12.5\%$ 로 약간 높았

지만, 출산 개시까지 60분 이상의 시간이 소요되었으며, 출산한 유생·치패수도 매우 적어 온도 상승 자극에 비해 효과가 낮은 것으로 보인다. 그러나 곳체다슬기에서는 serotonin  $10^{-4}$ M에서  $100\%$ 의 반응률을 보였고, 출산 개시까지의 소요 시간도 다슬기에 비해 짧았다. 그러나 출산 유생·치패수는 비교적 적어서 serotonin은 다슬기류의 출산 유도에 적합하지 않을 것으로 판단된다. 그러나 콜린성 신경전달물질인 acetylcholine  $10^{-9}$ M 자극에서 다슬기는  $66.7\%$ 의 높은 출산 반응률을 보였으며, 출산 개시까지의 소요 시간도 10분으로 온도 상승 자극보다도 짧았다. 또한 출산 유생·치패수에 있어서도 온도 상승 자극보다 많았다. 더욱이 곳체다슬기에서는 acetylcholine  $10^{-12}$ M에서  $100\%$ 의 출산 반응률을 나타냈으며, 출산 개시까지의 소요 시간은 10분, 출산 유생·치패수는 모패당 78개체로 가장 좋은 효과를 나타냈다. 1980년대 이후 serotonin이 참가리비(*Patinopecten yessoensis*)를 비롯한 조개류의 산란 기구에 중요한 역할을 한다는 사실이 밝혀지고 있으며, 참가리비 난소의 생식상피와 난소 소낭에서 serotonin성 신경전달물질의 존재가 확인된 바 있다(Matsutani & Nomura, 1982). Osada *et al.* (1992)은 serotonin의 산란 유발 기구에 대해 serotonin이 난모세포 표면에 존재하는 serotonin 수용기를 자극함으로써 산란이 일어난다고 보고하였다. 또한, 북방대합의 일종인 *Spisula solidissima*에서는  $20\mu\text{M}$  이상의 serotonin 0.4mL를 생식소에 주사하면 2~3분 이내에 방란·방정이 유발되지만, dopamine이나 acetylcholine 등 다른 신경전달 물질은 방란을 유발하지 못하는 것으로 보고되고 있다(Hirai *et al.*, 1988). 그러나 본 연구에서는 serotonin에 비해 acetylcholine이 월등한 출산 유도 효과를 나타냄으로써, 조개류와 고등류의 산란·방정에 작용하는 신경지배 기구가 서로 다름을 시사하는 것으로 인정된다. 앞으로는 아민성 신경지배와 콜린성 신경지배에 의한 신경전달물질의 다슬기 출산 기구에 대한 역할을 연구해 볼 가치가 충분히 있다.

이상의 연구 결과로부터 다슬기와 곳체다슬기의 효과적인 출산 유도를 위한 적정 자극 방법을 종합하여 보면, 다슬기에서는 acetylcholine을  $10^{-9}$ M의 농도로 자극하는 것이 가장 높은 출산 유도 효과를 보이며, 곳체다슬기에서는 온도를  $20^\circ\text{C}$ 로부터  $9^\circ\text{C}$  상승시키거나, acetylcholine을  $10^{-9}$ M 농도로 자극하는 것이 대량 출산에 효과적일 것으로 판단된다. 아울러 두 종 모두 serotonin 자극보다는 acetylcholine 자극에 대하여 높은 출산율을 나타낸 점으로 보아, acetylcholine과 같은 신경전달물질이 다슬기류의 계획적인 출산 유발 물질로 적극 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 인용문헌

- Chang YJ, Chang HJ, Kim JJ (2001) Relative growth of the melania snail, *Semisulcospira libertina libertina* and monthly composition of larval stages in its brood pouch. J Korean Fish Soc 34:131-136.
- Choi SS (1975) Comparative studies on the early embryonic development and growth of *Meretrix lusoria* and *Cyclina sinensis*. Bull Korean Fish Soc 8:185-195.
- Crawford CM (1986) Spawning induction and larval and juvenile rearing of the giant clam, *Tridacna gigas*. Aquaculture 58:281-295.
- Davis GM (1969) A taxonomic study of some species of *Semisulcospira* in Japan (Mesogastropoda; Pleuroceridae). Malacologia 7:211-294.
- Galtsoff PS (1938) Physiology of reproduction of *Ostrea virginica*. I. Spawning reactions of the female and male. Biol Bull 74:461-486.
- Gibbons M, Castagona M (1984) Serotonin as an inducer of spawning in six bivalve species. Aquaculture 40:189-191.
- Giese AC, Kanatani H (1987) Maturation and spawning. pp. 251-329. In; A.C. Giese, J.S. Pearse and V.B. Pearse (eds). Reproduction of Marine Invertebrates. Vol. 9. Blackwell Scientific Publications, Palo Alto, California.
- Hirai S, Kishimoto T, Kadam AL, Kanatani H, Koide SS (1988) Induction of spawning and oocyte maturation by 5-hydroxytryptamine in the surf clam. J Exp Zool 245:318-321.
- Iwata KS (1971a) Spawning of *Mytilus edulis* (5). A method to obtain mature eggs from mantle piece. Bull Jap Soc Sci Fish 17:15-18.
- Iwata KS (1971b) Spawning of *Mytilus edulis* (7). Acid-inhibition of spawning by KCl. Bull Jap Soc Sci Fish 17:91-93.
- Kang KH, Baik KK, Chang YJ, Yoo SK (1996) Spawning induction according to stimulating treatment and spat rearing of scallop, *Patinopecten yessoensis*. Korean J Malacol 12:99-104.
- Kikuchi S, Uki N (1974) Technical study on artificial spawning of abalone, genus *Haliotis* II. Effect of irradiated sea water with ultraviolet rays on inducing to spawn. Bull Tohoku Reg Fish Res Lab 33:79-86.
- Koike K, Kuniyoshi S, Furuse K, Umezawa N, Masuda A, Nishiwaki S (1992) Seasonal changes in gametogenesis and embryo composition in the brood pouch of *Semisulcospira libertina*. Venus 51:279-294.
- Kwon OG (1990) Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea. Mollusca ( I ), pp. 131-140.
- Lee CS, Rho S, Park YJ (1997) Studies on the artificial seedling production of geoduck clam, *Panope japonica* I. Spawning induction and hatching. J Aquaculture 10:113-121.
- Loosanoff VL, Davis HC (1963) Rearing of bivalve molluscs. Adv Mar Biol 1:1-136.
- Matsutani T, Nomura T (1982) Induction of spawning by serotonin in the scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay). Mar Biol Lett 3:353-358.
- Nagai S, Yamamoto H, Ishii K, Otsuka M, Kobayashi M (1979) Rearing and population growth of freshwater 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 ovoviparous freshwater snail, *Semisulcospira libertina* (Prosobranchia: Pleuroceridae). Venus 49:107-119.
- Nakano D, Izawa K (1996) Reproductive biology of *Semisulcospira libertina* (Prosobranchia: Pleuroceridae) in Iga Basin, Mie Prefecture. Venus 55:235-241.
- Osada M, Mori K, Nomura T (1992) *In vitro* effects of estrogen and serotonin on release of eggs from the ovary of the scallop. Nippon Suisan Gakkaishi 58:223-227.
- Sagara J (1958) Artificial discharge of reproductive elements of certain bivalve caused by injection with NH<sub>4</sub>OH. Bull Jap Soc Sci Fish 23:505-510.
- Takami A (1995) Growth and number of newborns in *Semisulcospira kurodai* (Prosobranchia: Pleuroceridae) reared in the laboratory. Venus 54:123-132.
- Tanaka Y, Murakoshi M (1985) Spawning induction of the hermaphroditic scallop, *Pecten albicans* by injection with serotonin. Bull Natl Res Inst Aquaculture 7:9-12.
- Uki N, Kikuchi S (1974) On the effect of irradiated sea water with ultraviolet rays on inducing spawning of the scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay). Bull Tohoku Reg Fish Res Lab 34:87-92.