

우럭조개 수정란 발생과 유생 성장

이동근, 박준택, 기세운, 최보현, 김경선, 임창용, 고경동, 이지수, 이경식, 이경우

전라남도 해양수산과학원

Larvae growth and development in fertilized eggs of the soft shell clam, *Mya arenaria*

Dong Geun Lee, Joon Taek Park, Se Un Ki, Bo Hyune Choi, Kyoung Sun Kim, Chang Yong Im, Gyeong Dong Go, Ji Su Lee, Kyoung Sik Lee and Kyoung-Woo Lee

JeollaNamdo Institute of Ocean&Fisheries Science, Wando 59116, Korea

ABSTRACT

This study researched seed production technology for bivalvia soft-shell clam. The result of the experiment on the fertilized egg development showed the fertilized egg was 80.8 μ m, and it took 29 hours to reach the stage of the D-shaped larvae at a water temperature of 17°C. The first feeding of larva took place 44 hours after fertilization. The D-shaped production of soft-shell clam fertilized eggs was in the range of 17-23°C in water temperature and 30-33°C-77-78% in salt concentration. Based on the experimental results, foot was formed at shell length 231.6 \pm 10.6 μ m around 15 days after fertilization according to the results of mass seed production at 17.2-24.5°C, 31.2-33.6%, and landing was completed at shell length 258.4 \pm 10.6 μ m around 20 days after fertilization. Plantigrade larvae reached average shell length 1 mm around 44 days after seed production, and an average of 3 mm around 66 days.

Key words : *Mya arenaria*, Soft-shell clam, Artificial seedling, Fertilized egg, Larvae, Juvenile

서 론

우럭조개 (*Mya arenaria*, Soft shell clam) 는 국내 남서 해안 조간대 하부 사니질 지역에 서식하며 수관과 내장을 식용하는 이매패류이다. 우럭조개는 사니질이 존재하는 국내 남서 해와 중국, 일본, 북아메리카, 알래스카, 유럽, 지중해 등에 서식한다. 수직분포를 보면 조간대 하부에서 수심 10m 사이의 사니질에 분포한다. 분류학적 위치는 이매패강, 우럭목, 우럭과에 속하고, 최대 9 cm까지 자라는 중형 패류로서 수관이 잘 발달하며 저질 속에 잠입하여 서식한다.

주로 수관부를 회 또는 샴샤부, 육질은 탕, 전골, 된장찌

개, 미역국 등의 재료로 식용하고 있다. 소형패류에 비해 가식부가 많고, 발달한 수관의 독특한 식감으로 인해 애호가들에게 인기가 많다.

해외에서는 미국을 중심으로 북아메리카, 유럽 등 서양권 국가에서 주로 생산되며, 가리비, 굴과 함께 선호하는 식용 패류이다. 국제연합식량농업기구 (FAO) 통계에 따르면 미국과 캐나다에서 연간 1만-3만 톤이 소비되고 있어 양식기술이 개발되면 수출품종으로 활용 가치가 있다. 특히, 미국 메인주 우럭조개 연간 생산량은 100-150억 수준으로 2014년부터 인공종자 양식장 6개소를 시설하여 양식산업을 육성하고 있다 (John M. Hagan and Ethel Wikerson, 2018).

외국의 경우 본 종에 대한 연구가 활발하여 성장과 생활사 (Richard S. Appeldoorn, 1980), 서식조건 (Funderburk, 1991), 유생 부착 (Robinson and Chandler, 1993), 생태·생리 (White *et al.*, 1993; Englund and Heino, 1994), 생활사 특징 (Nikolay and Alexandra, 2003), 난과 유생 발달 (Flyachinskaya, 2017), 인공종자 양식 (John and Ethel, 2018) 등 생리·생태 및 양식생물학적 연구가 활발히 진행되고 있다.

반면에 우리나라의 우럭조개 연구는 생식연구 (Kim and

Received: December 11, 2021; Revised: December 21, 2021; Accepted: December 31, 2021

Corresponding author: Kyoung Woo Lee

Tel: +82 (61) 685-9612, e-mail: lkw2262@korea.kr
1225-3480/24806

This is an Open Access Article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License with permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproducibility in any medium, provided the original work is properly cited.

Yoo, 2001), 성장 및 생물생산 (Lee, 2004), 성장양상 (Lim and Lee, 2004) 에 대한 연구만 이루어져 있어 생리·생태 및 양식생물학적 연구가 매우 부족한 상황이다. 본 연구는 우럭조개에 대한 양식생물학적 기초자료를 확보하고자 종자생산에 대한 기초기술을 연구하였다.

재료 및 방법

1. 어미확보 및 관리

시험에 사용한 모패는 전남 여수시 돌산읍 향대산 어미 440 개체를 2021년 3월 29일에 채취하였다. 확보한 모패는 사각콘크리트 수조에 수용한 후 종자생산 기초실험 및 유생 대량생산에 활용하였다. 먹이생물은 *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros muelleri*를 배양하여 1일 3회 급이하였다. 급이농도는 $2-4 \times 10^4$ cells/ml이었으며, 회당 급이량은 360 L이었다. 수질관리를 위해 여과해수를 이용하여 1일 3회전 이상 유수시켰다.

2. 방란·방정 실험

패류 종자생산의 선행요건인 성숙 모패의 일시적 방란·방정을 통한 수정란 생산 실험을 추진하였다. 성숙모패의 산란 자극 방법은 간출자극, 수온자극, 간출 및 수온자극, 담수자극을 실시하였다. 간출은 모패를 뜬바구니에 수용 후 4시간 음진하였고, 수온자극은 모패 관리수온 17°C에서 산란수온 23°C에 입식하여 6°C 수온상승 자극을 실시하였다. 간출 및 수온자극은 4시간 음진과 6°C 수온상승 자극을 병행하여 추진하였다. 담수자극은 염분 0 psu 담수에 1시간 입식 후 33 psu 해수에 입식하여 방란·방정 여부를 확인하였다. 각 시험구별 모패는 100개체씩 활용하였으며, 뜬바구니에 수용한 모패를 산란용 1톤 수조에 수용하여 산란유발 하였다.

3. 난 발생 조사

방란·방정 실험을 통해 생산된 수정란 100개체를 12 well plate에 수용 후 수온 17°C, 염분 33 ‰에서 발생 단계별 특성과 경과 시간을 기록하였다.

4. 수온·염분에 따른 D상 발생률

우럭조개 유생의 생존을 향상을 통한 종자생산 생산성 제고를 위하여 수온 및 염분에 따른 수정란의 D상 유생 도달까지 발생시간과 발생률을 관찰·기록하였다. 수온은 산란기 수온보다 높은 17, 20, 23, 25, 28°C, 염분은 자연해수보다 낮은 20, 23, 25, 30, 33 ‰로 설정하였다.

수온실험은 4연실 배양기에서 수온 관리를 하였으며, 염분 실험은 실온 (17°C) 에서 추진하였다. 시험에 사용된 용기는 12 well plate를 사용하였으며, plate 1구에 수정란 20개체씩

수용하였다. 전 실험구간은 10회 반복으로 수행하였으며, 발생 과정은 독립현미경으로 관찰하였다. 시험 결과는 D상 도달 경과시간과 D상 발생률을 관찰·기록하였다.

5. 먹이섭이 실험

우럭조개 유생의 먹이종에 따른 섭이시기의 규명을 위하여 먹이섭이 실험을 추진하였다. 실험방법은 유생을 수거하여 12 well plate에 수용 후 1일간 무급으로 소화에 따른 위의 색탁을 연하게 하였다. 이후 먹이를 급이하여 유생의 위 색탁이 진행되는 과정을 현미경으로 관찰하여 섭이여부를 판별하였다. 실험에 사용한 먹이종은 패류 종자생산에 가장 많이 활용되는 *Isochrysis galbana*, *Phaeodactylum* sp., *Chaetoceros muelleri*, *Tetraselmis suecica*를 사용하였다.

6. 대량종자생산

방란·방정 실험, 난 발생 및 먹이섭이 실험 결과에 따라 10톤 사각콘크리트 수조 (가로 1.48 m, 세로 6.25 m, 높이 1.16 m) 에서 종자생산을 추진하였다. D상 유생의 초기밀도는 ml 당 2-3마리로 조절하였다. 섭이실험 결과에 따라 먹이 공급은 D상 유생에서 150 μ m까지 *Isochrysis galbana*를 공급하였으며, 각장 170 μ m부터는 *Isochrysis galbana*와 *Chaetoceros mulleri*를 혼합 급이하였다. 각장 450 μ m 이상부터는 *Isochrysis galbana*와 *Chaetoceros mulleri*, *Tetraselmis suecica*를 혼합하여 공급하였다. 사육성기 먹이가 부족할 때에는 농축미세조류 (냉동클로렐라) 를 추가하여 급이하였다. 급이는 $2-4 \times 10^4$ cells/ml 농도의 먹이생물을 1일 3회, 회당 90-270 L를 공급하였다.

환수는 매일 30-50% 부분환수와 2-3일 간격 전량 환수를 실시하였다. 부분환수는 부유유생기 필터망을 이용한 유생수집형 환수를 실시하였고, 침착유생기에는 유수식 환수를 실시하였다. 유생관리 기간 동안의 수질환경은 수온 17.2-25°C, 염분 31.1-34.3 ‰, DO 6.4-8.3 mg/L, pH 7.7-8.36, 암조건을 유지하였다.

7. 통계처리

각 실험 결과로부터 얻어진 모든 측정값들은 평균 \pm 표준편차 (SD) 로 표시하였다.

결 과

1. 방란·방정 실험

성숙 난모세포의 경우 현미경 상에서 타원형의 외형과 검은색의 세포질, 투명한 원형핵으로 구성되었으며 세포 크기가 평균 $80.2 \pm 3.9 \mu$ m이었다. 우럭조개는 암수가 따로인 자웅이

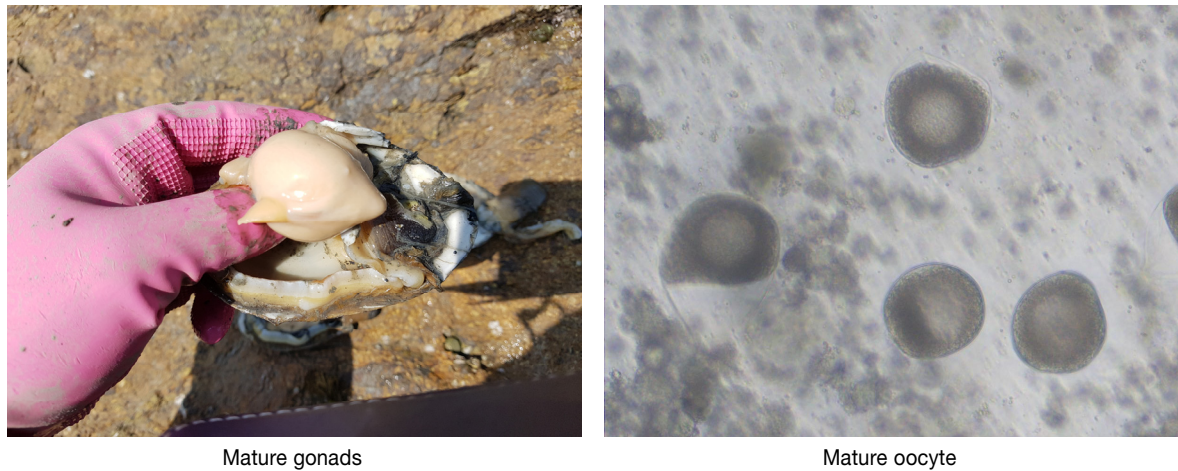


Fig. 1. Mature gonads and oocytes in *Mya arenaria*.

체였으며, 암컷과 수컷 생식소 모두 황백색으로 육안적 차이가 없었다.

방란·방정 유도 결과 간출자극, 수온자극, 간출 및 수온자극, 담수자극 전 구간에서 수정란 생산이 확인되었다. 대부분의 패류에서 보이는 전형적인 출수공을 통한 방란과 방정 모습을 육안적으로 관찰 할 수 없었다. 하지만 수조 입식 4시간 이후 수중 수정란이 관찰되어 방란·방정 여부를 확인할 수 있었다.

2. 난 발생 조사

수정란의 평균크기는 $80.2 \pm 3.9 \mu\text{m}$ 로 조사되었다. 세포 분열기인 16세포기까지는 분열을 지속하며 바닥에 내려앉아 이동성이 없었다. 수정 6시간 이후 유영포배기에 이르러 섬모가 형성되면서 제자리 회전유영을 시작하였고, 수정 후 11시간 경에는 편모가 형성됨에 따라 직선적 유영을 시작하였다. 수정 후 20시간경에는 면반과 체내의 내강을 형성하는 담륜자기에 도달하였으며, 수정 후 23시간경에는 폐각이 형성되어 D상 유생의 형태를 나타내었다. 최초의 먹이섭이는 수정 44시간 이후에 이루어졌다.

3. 수온·염분에 따른 D상 발생률

수온에 따른 D상 발생률은 17℃, 20℃, 23℃에서 각각 88%, 81%, 85%로 대체적으로 높은 발생률을 나타내었다. 25℃의 경우 77%의 D상 발생률을 보여 발생의 안정성이 저하되었다. 수온별 D상 경과 시간은 1℃에서 23시간으로 가장 늦었으나 20℃, 23℃, 25℃의 20시간과 큰 차이가 없었다. 28℃의 경우 약 2% 정도가 폐각 형성에는 성공하였으나 유생의 형태와 활력이 불안정하였고 곧이어 폐사에 이르러 D상 도달 시간을 기록하지 않았다.

염분에 따른 D상 발생율은 30‰에서 78%, 33‰에서 77%로 나타났다. 염분 28‰, 25‰, 23‰, 20‰은 염분이 하락함에 따라 각각 70%, 53%, 44%, 27%의 D상 발생률을 보였다. 염분별 D상 경과 시간은 28‰, 30‰, 33‰에서 22시간으로 동일하였다. 23‰과 25‰에서는 각각 25시간, 23시간이 소요되었다. 특히 20‰의 경우 약 27%가 폐각 형성에 성공하였으나, 수온 28℃ 시험구간과 마찬가지로 형성된 폐각의 형태가 기형적이고 활력이 불안정하여 초기먹이 섭이 전 폐사하였다.

Table 1. Result of test for spawning induction of *Mya arenaria*

Stimulation type	Stimulation method	Spawning whether	Number of experiments
Shade dry	Seawater stocking after 4 hours in the shade	○	100
Temperature	17℃ to 23℃ seawater stocking(↑ 6℃)	○	100
Dry + Temperature	After 4 hours in the shade, 23℃ seawater standing (↑ 6℃)	○	100
Fresh water	Fresh water (0‰) 1 hour after stocking, seawater stocking	○	100

Table 2. Stages of egg development for *Mya arenaria* (17°C)

Stages	Elapsed time	Characteristic	Stages	Elapsed time	Characteristic
Fertilized egg	-		Swimming blastula	6 hour	Cilia formation (Spinning swim)
2 cell embryo	1 hour	nonmotile		11 hour	Flagella formation (Straight swim)
4 cell embryo	2 hour	nonmotile	Trochophora	20 hour	Velum-lumen formation
8 cell embryo	4 hour	nonmotile		23 hour	Shell formation
16 cell embryo	5 hour	nonmotile	D-shaped larvae	44 hour	Feed feeding

Table 3. D-phase incidence according to water temperature and salinity

Division	Temperature ※ Salinity 33‰					Salinity (‰) ※ Temperature 17°C					
	17°C	20°C	23°C	25°C	28°C	20‰	23‰	25‰	28‰	30‰	33‰
D-phase incidence (%)	88	81	85	77	2	27	44	53	70	78	77
D-phase arrival time (hour)	23	20	20	20	×	×	25	23	22	22	22

Table 4. Larvae growth of *Mya arenaria*

Developmental stages	Number of days elapsed (day)	Shell length (μm, mm)	Number of individuals (thousand)	Survival rate (%)
Fertilized egg	0	80.2 ± 3.9 μm	18,100	-
D-shaped larvae	1	111.1 ± 7.4 μm	13,800	100
Pediveliger	15	231.6 ± 10.8 μm	4,020	29.1
	20	258.4 ± 10.6 μm	-	-
	30	542 ± 25.8 μm	-	-
	40	801 ± 31.5 μm	-	-
Plantigrade	50	1.2 ± 0.31 mm	1,721	12.5
	60	2.6 ± 0.40 mm	1,520	11.0
	80	3.5 ± 0.53 mm	1,440	10.4

4. 먹이섭이 실험

먹이 섭이실험 결과 *Isochrysis galbana*는 초기 D상 유생 시기부터 먹이섭이가 관찰되었다. *Phaeodactylum* sp.는 평균각장 161 ± 3.7 μm, *Chaetoceros muelleri*는 평균각장 170 ± 2.5 μm, *Tetraselmis suecica* 평균각장 450 ± 26 μm에서 섭이가 관찰되었다.

5. 대량종자생산 관리

우럭조개 종자 대량생산은 위와 같은 산란유발과 난 발생,

먹이섭이 실험 결과를 바탕으로 추진하였다. 우럭조개 유생의 기본생활사를 보면 수정 후 15일경부터 폐각 내부에 족사가 형성되기 시작하여 수정 후 20일경 착저가 완료되었다. 착저이 행기는 15-20일 사이로 최소 231.6 μm 개체에서 족 형성이 확인되었으며, 최대 258.4 μm 개체에서 부유유영이 관찰되었다. D상부터 착저까지 19일간 일평균 7.8 μm 성장하였으며, 착저 이후 각장 1 mm까지 일평균 31.4 μm, 각장 1 mm에서 3.5 mm까지 일평균 0.11 mm가 성장하였다.

이와 같이 대량 종자생산 추진 결과 D상 유생 1,380만마리



Fig. 2. Fertilized egg development in *Mya arenaria*.

를 시작으로 수정 후 60일경 평균각장 3.5 ± 0.53 mm 종자 144만마리를 생산하였다. 3.5 mm 종자까지 생존율은 D상 기준 10.4%였으며, 수조 바닥면적 대비 최종생산밀도는 cm^2 당 16마리였다.

고 찰

패류 종자생산의 중요한 요소는 수온, 염분, 먹이생물이다. 이와 관련하여 수온과 염분의 환경적 요인 (Dos santos and Nascimento, 1985; Shin and Wi, 2004; Shin and Yang, 2005; 2010; Kim and Yi, 2017), 먹이생물의 종류 (Enright *et al.*, 1986; Min and Shin, 2010), 먹이생물 공급량 (Nell and Wisely, 1984; Kim and Yi, 2017) 등 다양한 품종에 대하여 연구가 이루어졌다.

위와 같은 연구 결과를 토대로 우럭조개 종자생산 기술을 연구함에 있어서 수온과, 염분, 먹이에 대한 검토가 선행되어야 한다고 판단하였다. 육상종자생산의 여건을 검토하여 산란유발 당시의 수온과 수정란 발생 수온, 초기 유생 사육수온은 동일해야한다는 가정 하에 수온·염분에 따른 D상 유생 발생률을 조사하였다.

또한 일반적으로 사용되는 패류 종자생산 먹이종 *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros muelleri*, *Tetraselmis suecica* 및 겨울철 저수온기 먹이종 *Phaeodactylum* sp.에 대한 우럭조개 유생의 섭이시기를 밝히고자 하였다. 위 종들의 경우 기존 연구문헌과 종자생산 사례들을 검토한 결과 섭이시기에 대한 고찰 없이 단독먹이 급이 또는 복합먹이 급이 시험에 대한 실험 결과가 제시되어 있는 경우가 대부분이었다.

본 실험용 우럭조개 모패 확보에 있어서 전남 여수 연안 우럭조개 서식지를 조사한 결과 돌산을 평사·향대 금천 서외, 화양면 수문지선의 조간대 하부 사니질 지역 저질 속 10-25 cm에 잠입하여 서식하였다. 2021년의 경우 모패를 확보한 3월 말부터 5월 초순까지 성숙 난모세포를 가진 개체를 확인할 수 있었다.

우럭조개의 방란·방정 실험 결과에 따라 현미경적 성숙 난모세포의 보유가 확인된 경우 수온상승, 음건, 담수욕 등 다양한 자극에 산란이 이루어지는 것으로 판단된다. 한편 형태가 유사하고 수관부가 발달한 왕우럭조개와 꼬끼리조개의 종자생산 연구 문헌을 보면 대부분 생식소 절개법으로 수정란 생산을 추진하였다 (Kang and Kim, 2018; Nam *et al.*, 2014).

수온에 따른 D상 발생률 실험 결과에 의하면 자연 성숙기 해양 수온 17°C에서 발생률이 가장 높았으나 8월 여름철 최고 수온 수준인 28°C에서는 발생률이 저조하였다. 염분에 따른 발생률은 조간대 하부에 서식하는 특성에 따라 30% 이상의 비교적 높은 염분에서 난 발생이 원활하였다. 유생의 성장률은 일반적 패류 유생들과 유사하였으며, 착저시기도 230-250 μm 사이로 기타 잠입성 패류 유생들과 큰 차이가 없었다.

먹이종별 섭이크기의 분석 결과 *Isochrysis*와 *Tetraselmis*의 섭이시기는 먹이의 개체 크기에 따라 예견할 수 있는 상황이었다. 그러나 자연환경에서 일반적으로 우점하는 *Chaetoceros*이 우럭조개 유생의 착저이행기 (각장 230 μm) 이전 크기인 각장 170 ± 2.5 μm 에서 섭이가 확인되어 이 시기 *Chaetoceros*의 급이가 유생의 체형변화, 착저시기 생존율 향상에 영향을 미칠 것으로 추측된다.

위와 같은 산란유발, 난 발생, 먹이섭이 실험 결과를 토대로 유생 대량생산을 시도한 결과 생산기간 80일에 평균각장 3.5mm의 종자를 생산할 수 있었다. 우럭조개 유생 관리기간 동안 특이점은 꼬끼리조개와 같이 착저유생이 점액질을 통해 수조 바닥에 부착하는 특징을 가지고 있었다. 이로 인해 1 mm 이하의 착저유생 관리기간 동안 수조 같이 환수를 할 경우 종자생산 실패로 이어질 확률이 높았으며, 착저 이후 1 mm 성장까지 부분환수를 통한 수질 관리가 착저유생 관리에 유리하게 작용하였다.

요 약

우럭조개 수정란의 수온에 따른 D상 발생률은 17°C, 20°C,

23℃에서 각각 88%, 81%, 85%로 대체적으로 높은 발생률을 나타내었다. 염분에 따른 D상 발생율은 30‰에서 78%, 33‰에서 77%로 나타났다. 수정란은 17℃에서 22-23시간 후에 D상 유생으로 발달하였고, 44시간 후에 첫 먹이를 섭취하였다. 먹이 섭취실험 결과 *Isochrysis galbana*는 D상 유생부터 섭취하였고, *Phaeodactylum* sp.는 각장 161 ± 3.7 μm, *Chaetoceros muelleri*는 각장 170 ± 2.5 μm, *Tetraselmis suecica* 각장 450 ± 26 μm에서 섭취가 관찰되었다. 종자생산 결과 15일부터 20일 사이 각장 231.6-258.4 μm 사이에 유생 착저가 이루어졌으며, 각장 1 mm 성장까지 약 50일이 소요되었다.

사 사

이 연구는 전라남도 해양수산과학원 동부지부 미래수산연구소 주관으로 국립수산과학원 연구교습어장 사업으로 선정되어 수행하였다.

REFERENCES

- Appeldoorn, R.S., (1980) The growth and life-history strategy of the soft-shell clam, *Mya arenaria*. University of Rhode Island.
- Beal, B.F. (2002) Adding value to live, commercial size soft-shell clam (*Mya arenaria*) in Maine, USA: results from repeated, small-scale, field impoundment trials. *Aquaculture*, **210**: 119-135.
- Dos Santos, A.E., Nascimento, I.A. (1985) Influence of gamete density, salinity and temperature on the normal embryonic development of the mangrove oyster, *Crassostrea rhizophorae* Guiling. *Aquaculture*, **47**: 335-352.
- Englund, V.P.M. and Heino, M.P. (1994) In situ measurement of seasonal variation in burial depth of *Mya arenaria* Linne. *J. Molluscan Stud.*, **60**: 465-467.
- Enright, C.T., Newkirk, G.F., Craigie, J.S., Castell J.D., (1986) phytoplankton as diets for juvenile *Ostrea edulis*. *J. Exp. Mar. Biol.*, **96**: 1-13.
- Flyachinskaya L.P. (2017) Embryonic and Larval development of the soft-shell clam *Mya arenaria*, in the White Sea. Russian Academy of Sciences.
- Funderburk, S.L. (1991) Habitat requirements for Chesapeake Bay Living resources. Chesapeake Research Consortium, Inc.
- John, M. Hagan and Ethel, W., (2018) How to instal a soft-shell clam farm. Manomet.
- Kang, H.S. and Kim, C.W. (2018) Effects of water temperature, salinity, rearing density and food supply on the growth and survival of the surf clam, *Tresus keenae* larvae. *Journal of marine life science*, **3**(3): 67-73.
- Kim, C.W. and Yi, S.W. (2017) Effect of water temperature, rearing density, salinity, and food organisms on the growth and survival rate in early juvenile hard shelled mussel, *Mytilus coruscus*. *Korean J Environ Biol* **35**: 152-159.
- Kim, J.h. and Yoo, M.S. (2001) Annual reproductive cycle of the soft clam, *Mya arenaria*. *J. Korean Fish. Soc.*, **34**(6): 656-660.
- Lee, C.I. (2004) Growth and secondary production of *Mya arenaria* inhabiting the mud flat of the Youngsan estuary. Mokpo national university : 105-115.
- Lim, H.S. and Lee, C.I. (2004) Growth pattern of soft clam (*Mya arenaria*) from a mud flat on the southwest coast of Korea. *J. Korean Fish. Soc.*, **37**(2): 105-115.
- Maximovich, N.V., Guerassimova, A.V. (2003) Life history characteristics of the clam *Mya arenaria* in the White Sea. *Helgol. Mar. Res.*, **57**: 91-99.
- Min, B.H. (2019) Growth and survival on rearing conditions and live food for larvae of the keen's *Tresus keenae*. *Korean J. Malacol.* **35**(1): 9-17.
- Min, B.H., and Shin, H.J. (2010) Effects of rearing condition and species of microalgae on growth and survival of larvae of the sunray surf clam, *Macra chinensis*. *Korean J. Malacol.*, **26**: 303-310.
- Nam, M.M., Lee, C., Kim, M.K., Kim, J.W. and Kim, Y.D. (2014) Development and growth in fertilized eggs and larvae of the Japanese geoduck, *Panopea japonica* reared in the laboratory. *Korean J. Malacol*, **30**(4): 303-309.
- Nell, J.A. and Wisely, B. (1984) Experimental feeding of Sydney rock oysters (*Saccostrea commercilis*) III. Food concentration and fattening procedures. *Aquaculture*, **37**: 197-208.
- Robinson, S.M.C. and Chandler, R.A. (1993) An effective and safe method for sorting small molluscs from sediment. *Limnology and Oceanography*, **38**: 1088-1091.
- Shin, Y.K., Wi, C.H. (2004) Effect of temperature and salinity on survival and metabolism of the hard shelled mussel *Mytilus coruscus*, Bivalve: Mytilidae. *J. of Aquaculture*, **17**: 103-108.
- White, M.K., Miosky, D., Flessas, D.A. and Reinisch, C.L. (1993) The expression of an adhesion-related protein by clam hemocytes. *J. Invertebr. Pathol.*, **61**: 253-259.