creative commons
COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

수 산 학 석 사 학 위 논 문

바위털갯지렁이 대량 종묘생산을 위한 초기 사육기법

2012년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

수 산 생 물 학 과

김 경 훈

수 산 학 석 사 학 위 논 문

바위털갯지렁이 대량 종묘생산을 위한 초기 사육기법

지도교수 김 창 훈

이 논문을 수산학석사 학위 논문으로 제출함

2012년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

수 산 생 물 학 과

김 경 훈

김경훈의 수산학석사 학위논문을 인준함.

2012년 8월 24일

주 심 농학박사 장 영 진 (인)

위 원 농학박사 공 승 표 (인)

위 원 농학박사 김 창 훈 (인)

목 차

Abstract ····· iii

1. 서론 ····· 1

2. 재료 및 방법 ····· 4

2.1 인공종묘생산을 위한 유생 발생 환경 조사····· 4
2.1.1 모충장 조성····· 4
2.1.2 모충장 환경 조사····· 4

2.2 수온조절을 통한 인공종묘생산 기술 개발····· 6
2.2.1 모충장 조성····· 6
2.2.2 모충 입식····· 7
2.2.3 사료 급이····· 7
2.2.4 수온 조절 및 수질 측정····· 7
2.2.5 유생 생산량 조사····· 12

2.3 초기 사육 환경조건····· 13
2.3.1 수온····· 14
2.3.2 사육수····· 14
2.3.3 기질····· 14
2.3.4 밀도····· 15
2.3.5 먹이····· 15

2.4 통계처리…… 16

3. 결과…… 17

3.1 인공종묘생산을 위한 유생 발생 환경…… 17
3.1.1 수온에 따른 유생의 출현…… 17
3.1.2 일조량에 따른 유생의 출현…… 19
3.1.3 조석에 따른 유생의 출현…… 21

3.2 인공종묘생산…… 23
3.2.1 방정…… 23
3.2.2 유생의 부상…… 23
3.2.3 유생 생산량…… 24
3.2.4 수질 검사…… 24

3.3 초기 사육 환경조건…… 28
3.3.1 수온…… 28
3.3.2 사육수…… 29
3.3.3 기질…… 30
3.3.4 밀도…… 35
3.3.5 먹이…… 37

4. 고찰…… 40

4.1 인공종묘생산을 위한 유생 발생 환경…… 40
4.2 인공종묘생산…… 42
4.3 초기 사육 환경 조건…… 44

5. 요약…… 49

참고 문헌…… 50

Early-rearing Techniques for the Mass Seeding Production of Polychaete *Marphysa sanguinea*

Kyeong Hun Kim

Department of Fisheries Biology, Graduate School,
Pukyong National University, Busan, 608-737, Korea

Abstract

The most important problem in the mass production of polychaete *Marphysa sanguinea* is high mortality in the early stage of larvae. Thus, this study was conducted to develop early-rearing techniques through the artificial seed production of *M. sanguinea* at the Fisheries Science & Technology Center, Pukyong National University.

In the natural sea water flow system, spawning was found from 18℃ to 23℃ in the rearing tank. When it was high tide and sunshine duration was for more than eight hours, the larvae production increased. For the artificial seed production, the water temperature was controlled for 100 days and the temperature of the rearing tank was maintained at 20℃. Spermatogenic spurts were observed 18 days after the temperature of the tank reached 20℃, and the larvae were released from burrows 5 days after that. The larvae continued to be produced for

50 days. The optimum temperature for the survival of larvae was found to be 20℃ through the rearing experiments on the artificially produced seeds. There was no significant difference in rearing larvae between the sea water sterilized by the autoclave process and the filtered sea water.

Among the rearing substrates, substrate A (which a patent was filed for) was the most effective, showing a high specific growth rate and survival rate (92%). It also showed the time-reducing effect on the settling-down process in the trochophore stage. The suitable densities for the settlement were 10~40 individuals/cm^2. In the feeding experiment for larvae culture, the suitable was decapsulated *Artemia* and shrimp feed. The survival rate reached 61% and 52% on decapsulated *Artemia* and shrimp feed, respectively. However, the specific growth rate was the highest (7.46%) on shrimp feed and it was the second highest (6.49%) on decapsulated *Artemia*.

The results of rearing larvae for 20 days showed a much faster settlement and development than compared to the previous results in Italy (Prevedelli et al., 2007).

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

1. 서 론

우리나라 서.남해안에는 약 2,393 ㎢의 갯벌이 분포되어 있으며, 이는 국토 면적의 2.4%에 해당된다. 현재 매립으로 인해 그 면적이 30%정도 상실되었을 것으로 추정된다. 이러한 매립의 부작용으로 연안생태계가 파괴되면서 연안오염의 증가를 불러오고 있다. 시화호 주변 해양생태계의 경우 저서 동물은 1995년 6월부터 1996년 5월까지 8개 정점에서 총 25종 평균 637 개체/㎡, 생물량은 2.3 g/㎡로 나타났다. 이는 출현종수 면에서 1994년 3월부터 1995년 3월 동안에 같은 지역에서 조사되었던 결과 (89종)에 비해 현저한 감소를 보이는 것이며, 생물량도 24.3 g/㎡에서 10% 수준으로 격감된 것이다(한국해양연구소, 1995). 연간 저서생물량이 매년 감소함에 따라 연안 환경오염은 꾸준히 증가하였다. 이러한 결과는 갯벌 고유의 오염물 자정작용이 감소하였기 때문이라 볼 수 있다. 갯벌 자정작용의 감소는 오염물 부하의 증가와 함께 심각한 결과를 일으킬 수 있다. 환형동물은 갯벌 생태계에 있어 연체동물, 절지동물등과 함께 매우 중요하며 그 수가 가장 많은 생물군으로 알려져 있다. 그 중 갯지렁이류(polychaete)는 연안의 모래나 펄 속에서 쉽게 발견되고, 그 종이 다양하고 생물량이 매우 풍부하다. 또한 생활사가 비교적 짧고 번식력이 강하기 때문에 해양의 풍부한 2차생산자 역할을 담당하고 있으며, 저질에 굴을 뚫어 해수를 순환하게 하고, 섭식활동을 통하여 저질의 유기성분을 변화시켜 저질환경을 정화시키기도 하는 등 저서생태계에서 중요한 역할을 담당하고 있다(Clark, 1977). 국내에서 산업적으로 이용되고 있는 갯지렁이는 바위털갯지렁이(*Marphysa sanguinea*, 본충), 눈썹참갯지렁이(*Perinereis nuntia*, 석충), 두토막눈썹참갯지렁이(*Perinereis aibuhitensis*, 청충) 등이 있고 이중 특히 바위털갯지렁이는 털갯지렁이목, 털갯지렁이과, 바위털갯지렁이속에 속하는 종으로써, 몸 빛깔은 붉은 갈색을 가지며 입마디와 둘째마디는 다리가 없다. 우리나라 전 연안의 조간대 상·하부의 연한 저질에 섞여 있는 바윗돌이나 자

갈사이에 많이 서식하고 있으며(백, 1989), 몸길이는 260~320 mm에 이르며 체절수는 약 400개를 가진다. 국내에서 상품가치가 있는 개체들은 보통 길이가 200~300 mm, 폭이 13~15 mm에 220~250개의 가시마디를 가지는 개체들로서(韓國海洋硏究所, 1990) 대형 종에 속하고 고급어종의 낚시 미끼로 선호도가 높고 일부 의약품의 원료로서 사용되고 있다. 또한 갑각류 및 어류 양식 사료의 원료로 사용되는 등 다른 갯지렁이들에 비해 산업적으로 매우 유용한 종으로 전 세계적으로 널리 분포하고 있다. 2011년 농림수산식품부에서 발행한 수산물 수출입 통계연보에 의하면 현재 우리나라는 중국을 통해 246,000 kg의 해산 갯지렁이를 수입하고 있으며, 금액으로 보면 $ 3,622,000 에 이른다. 지속적인 낚시 레저인구의 급증으로 인해 미끼의 수요가 급증하고 있고 대부분 수입에 의존하는 현실을 감안할 때 갯지렁이 대량 양식으로 수요에 대처할 필요성이 제기된다. 갯지렁이류 양식에 대한 관심이 높아지면서 경남 및 전남, 제주도 등지에서 지자체 또는 개인 규모의 바위털갯지렁이 양식 사업 시도가 이루어지고 있다. 그렇지만 현재 바위털갯지렁이 양식에 대한 완벽한 기술 및 성과는 아직 없다. 기존 유생 생산 기간 동안의 수온 상승으로 인한 수질 악화는 초기 유생단계의 높은 폐사율을 초래한다. 이는 바위털갯지렁이 양식의 산업화를 저해한 가장 큰 요인으로 분석된다. 향후 계획적 생산을 하기 위해서는 인공종묘생산 기술개발이 급선무이다. 지금껏 바위털갯지렁이 양식은 자연산 종묘에 거의 모든 부분을 의존, 매년 채포 유생량과 품질에 의해 한해 사업 성패가 좌우 되어왔다. 따라서 바위털갯지렁이 양식의 안정적 수급기반을 확보하기 위해서는 무엇보다 인공종묘생산이 가능한지를 정확히 파악해야한다. 우리나라의 경우 해산 갯지렁이에 대한 연구는 Paik(1972, 1973a, 1973b, 1975, 1980)에 의해 형태적 특징이 보고 되었으며, 사육기법의 개발을 위한 실험으로는 수산 진흥원에서 시험 실시한 몇 종에 대한 결과(이 등, 1983; 정, 1983)와 韓國海洋硏究所(1990)에서 해산 갯지렁이의 사육에 관해 연구를 한 바 있으나, 두토막눈썹참갯지렁이를 주 대상

으로 하고 있다. 또한 강(1992, 1997a, 1997b)에 의해 두토막눈썹참갯지렁이, 바위털갯지렁이 등의 산란, 난 발생, 생태 등 양식을 위한 연구를 통해 기초적인 사육기술이 개발되었다. 최근 김(2008)에 의해서 바위털갯지렁이 양식에 관한 기초적인 사육기술과 허(2010)에 의해 산업폐기물을 이용한 갯지렁이 사육법등이 연구되었지만 실지 중요한 초기 양식기법에 관한 자료는 전무한 상황이다. 외국의 경우 바위털갯지렁이의 양식기술 개발에 관련된 자료들을 보면 田中(1972)과 今井(1975)은 바위털갯지렁이의 산란과 초기형태에 관하여 보고하였다. 이 또한 자연환경에서 채집한 유생의 형태학적 발달 단계에 대한 내용으로 국한되어 있고, Prevedelli(2003, 2007)와 Hutuchings, P(2003)의 바위털갯지렁이에 대한 연구는 생활사 및 종 분포에 관한 보고로 바위털갯지렁이의 양식 기술개발을 위한 자료로는 부족하다. 따라서 본 연구는 바위털갯지렁이 대량 종묘생산을 위하여 인공종묘생산 가능성과 적정 사육환경 조절에 따른 성장률과 생존율을 조사하였다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

2. 재료 및 방법

2.1 인공종묘생산을 위한 유생 발생 환경 조사

바위털갯지렁이의 유생은 일반적으로 5월부터 8월 사이에 발생하는 것으로 알려져 있으나 환경인자인 수온, 일사량 등에 대한 자료는 전무한 실정이다. 따라서 바위털갯지렁이의 유생 발생 시기에 수온, 일조량 및 조석의 영향을 조사하여 유생의 생산량을 높이고, 환경조건을 이용한 바위털갯지렁이 유생의 인공종묘 생산을 위한 기초 자료로 활용하고자 하였다.

2.1.1 모충장 조성

부경대 수산과학기술센터에 기조성된 모충장을 활용하였다. 모충장은 14개의 직사각형 FRP 수조(L6 m×W1 m×H0.7 m)에 높이 40 cm 깊이로 기질(모래, 자갈, 황토 혼합)을 조성하고 수심을 10~20 cm로 하였다. 기질 위에는 1 m 간격으로 에어스톤을 설치하여 에어레이션하였다. 바위털갯지렁이 모충은 연안에서 채취된 것을 구입하여 400 미/m^2의 밀도로 수용하였다. 사육수는 모래여과조에 의해 여과된 해수를 사용하였고 환수는 일당 5회전으로 하였다. 배수는 FRP 수조의 저면에 배수파이프를 설치하여 유입수가 위에서 아래로 배출되도록 하였고 수조 외부에 파이프를 세워서 수심을 제어하였다.

2.1.2 모충장 환경 조사

① 수온

모충장내의 수온을 파악하기 위하여 표층 10 cm 아래에 수질다항목측정기 (Hydrolab)를 이용하여 매일 오전 10시에 측정하였다.

② 일조량

기상청 종합기상정보시스템을 통해 관측된 일조시간 값을 참고하여 측정하였다.

③ 조석

국립해양조사원의 조석예보를 참고하여 측정하였다.

④ 유생 출현 조사

유생 출현 조사는 매일 아침 해 뜰 무렵 육안으로 관찰하여 확인하였으며, 부상한 유생은 20 ㎛ mesh sieve를 이용하여 채집하였다. 채집한 유생은 현미경실로 운반하여 1 L비커에 옮겨 담고, 마이크로 피펫으로 1 mL를 취하여 계수판을 이용해 카운팅 하였다.

Fig. 1. Rearing area for catching the lavae in Fisheries Science & Technology Center.

2.2 수온조절을 통한 인공종묘생산 기술 개발

인위적인 수온 조절을 통한 연중 바위털갯지렁이 유생 생산은 연안 수질환경 악화에 따른 폐사를 예방하고 안정적인 대량종묘생산을 가능할 수 있게 한다. 따라서 본 연구에서는 수온조절을 통한 인공종묘생산 가능성을 살펴보았다.

2.2.1 모충장 조성

바위털갯지렁이 모충을 사육하기 위한 수조의 모식도를 Fig. 2에 나타내었다. 콘크리트 수조((L6 m×W1 m×H0.7 m)의 메인 바닥 배관은 직경 100 mm의 PVC 파이프에 20 cm 간격으로 길이 30 cm, 폭 10 cm 규격으로 직사각형의 홈을 내고 직경 3 mm의 메시(mesh)로 홈을 덮어 원활한 배수가 가능하도록 제작하였다. 제작된 메인 배관은 수조의 길이 방향으로 바닥의 중앙부에 설치하고, 메인 배관 양 옆에는 50 mm PVC 파이프에 여러 곳에 구멍을 내고 메시로 덮은 후에 설치하였다. 이 파이프는 물 빠짐이 나쁠 경우에 수조의 상부에서 해수를 유입시켜 수조의 바닥에서 기질을 통과하여 위로 올라오면서 물길을 만드는 역할을 하게 된다(역세원리). 수조내의 수위를 조절하기 위해 메인 배관 끝에 수직으로 “ ㄱ”형의 파이프를 달았다. 수조의 바닥부분에 약 10 cm 높이로 자갈을 채워서 배수 배관을 덮었다. 그 위에 마사토(모래 포함), 파쇄한 굴껍질, 황토를 각각 4.5 : 4.5 : 1의 부피 비율로 혼합하여 기질을 조성하였다. 에어스톤은 길이 방향으로 1 m 간격으로 설치하여 에어레이션하였고 수위는 15~20 cm 를 유지하도록 하였다. 유입되는 사육수는 모래여과조를 통하여 여과된 해수를 사용하였으며, 각각의 배출수관에서 나오는 해수를 모아 다시 메인 공급 탱크로 돌아가 반 순환(Fig. 4)되게 하였다. 햇빛에 의한 식물플랑크톤의 지나친 번식을 억제하기 위하여 수조 위에는 차광막을 설치하였다.

2.2.2 모충 입식

2011년 1월부터 2월까지 경남 거제도에서 총 15,000미(무게 8 g 내외)의 자연산 모충을 구입하여 수조별로 1,500미씩 입식하였다.

2.2.3 사료 급이

먹이는 3일에 한번 매일 16:00에 갯지렁이 수용중량의 3%를 공급하였다. 잔여량은 따로 수거하지 않았으며 그 양에 따라 공급량을 조금씩 조절하였다. 기타 사료로 냉동 크릴새우를 1회 급이하였다.

2.2.4 수온 조절 및 수질 측정

사육수의 수온은 2011년 10월 25일부터 2012년 1월 23일 까지 수온의 하강 및 상승을 서서히 인위적으로 100일간 조절하여 최종적으로 20℃를 유지했다. 수온조절방법은 참갯지렁이류의 대량양식과 생식가능성 연구(Z. Pajand et al., 2008)의 방법을 적용하였다. 실시한 수온조절 스케쥴을 Table 2에 나타내었다. 가온 및 냉각은 아쿠아트론(유원전기)을 사용하였다. 아쿠아트론을 거친 해수는 메인탱크로 유입되고, 수중펌프에 의해 각각의 사육수조로 유입되었다. 사육수조의 표면에서 공급된 물은 기질의 아래에 묻혀있는 배관을 통해 빠지고 다시 메인 탱크로 모이게 하여 물의 낭비를 최소화하고 에너지 효율을 높였다. 또한 수질관리를 위하여 20 L/min의 새로운 해수를 꾸준히 공급해 주었고 일정 수위이상 물이 들어갈 경우 메인탱크의 배출수관을 통해 외부로 배출하였다. 사육기간중 수질상태를 파악하기 위해 주 2회 수질검사를 실시하였다. 매월 1회 수질다항목측정기(Hydrolab)를 이용하여 용존산소(dissolved oxygen; DO),염분을 측정하였으며, 화학적산소요구량(chemical oxygen demand; COD), NH_3, NO_3, NO_2, PO_4 는 각각 키트를 사용하여 분석하였다. 키트 정보를 Table 1에 나타내었다. 부유물질(suspended solid;

SS)은 시수 500~1000 mL를 잘 흔들어서 혼합한 다음 무게를 알고 있는 유리 여과지로 여과하여, 여과지를 200 mL 정도의 증류수로 씻는다. 다음에는 105℃로 조절한 건조기 안에서 2시간 동안 건조시키고, 데시케이터 중에 방랭을 시켜 무게를 달아 여과 전후의 무게차를 구하고, 아래의 식으로 부유물의 양을 측정했다.

$$SS\ (mg/L) = S\frac{1000}{v}$$

S : 여과지의 무게차 , V : 여과한 시수의 부피

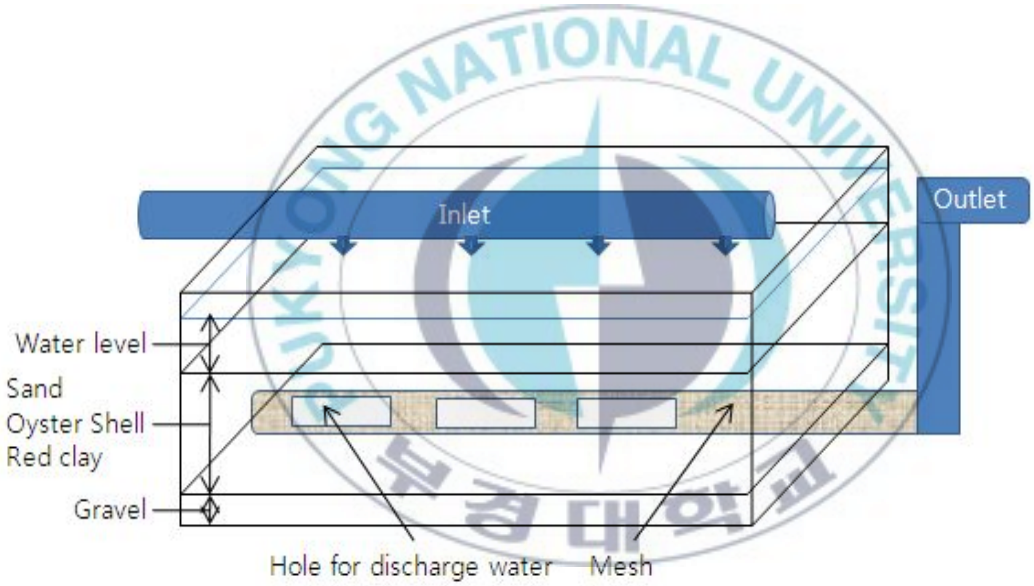

Fig. 2. Rearing tank of *Marphysa Sanguinea* for artificial seed production.

Fig. 3. Rearing area for artificial seed production.

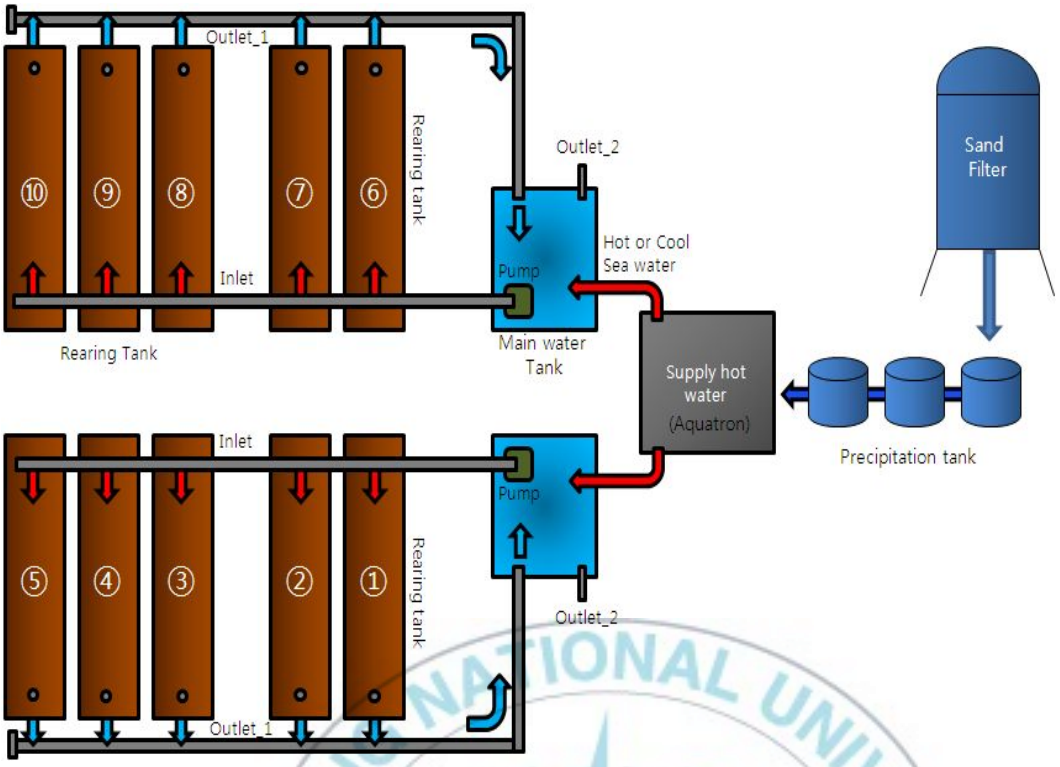

Fig. 4. The system for artificial seed production.

Table 1. Kit information for water quality analysis (Company: Humas)

Item	Analytical Item	Range (mg/L)	Method	Cat No.
COD	Chemical Oxygen Demand	0.2~3.0	Permanganate	29010
NO_3-N	Nitrogen Nitrate	0.1~2.0	Cadmium Reduction	31010
NO_2-N	Nitrogen Nitrite	0.05~2	NED	32010
NH_3-N	Nitrogen Ammonia	0.03~1	Cyanuric acid	33010
PO_4-P	Phosphate	0.01~3	Ascorbicacid	34010

Table 2. The regulation of Sea water temperature for artificial seed production

No.	Date	℃	No.	Date	℃	No.	Date	℃
1	2011.10.25	20	34	2011.11.27	7	67	2011.12.30	12
2	2011.10.26	19	35	2011.11.28	7	68	2011.12.31	12
3	2011.10.27	19	36	2011.11.29	7	69	2012.01.1	12
4	2011.10.28	18	37	2011.11.30	7	70	2012.01.2	13
5	2011.10.29	18	38	2011.12.01	7	71	2012.01.3	13
6	2011.10.30	17	39	2011.12.02	7	72	2012.01.4	13
7	2011.10.31	17	40	2011.12.03	7	73	2012.01.5	14
8	2011.11.01	16	41	2011.12.04	7	74	2012.01.6	14
9	2011.11.02	16	42	2011.12.05	7	75	2012.01.7	14
10	2011.11.03	15	43	2011.12.06	7	76	2012.01.8	15
11	2011.11.04	15	44	2011.12.07	7	77	2012.01.9	15
12	2011.11.05	14	45	2011.12.08	7	78	2012.01.10	15
13	2011.11.06	14	46	2011.12.09	7	79	2012.01.11	16
14	2011.11.07	13	47	2011.12.10	7	80	2012.01.12	16
15	2011.11.08	13	48	2011.12.11	7	81	2012.01.13	16
16	2011.11.09	12	49	2011.12.12	7	82	2012.01.14	17
17	2011.11.10	12	50	2011.12.13	7	83	2012.01.15	17
18	2011.11.11	11	51	2011.12.14	7	84	2012.01.16	17
19	2011.11.12	11	52	2011.12.15	6	85	2012.01.17	18
20	2011.11.13	10	53	2011.12.16	6	86	2012.01.18	18
21	2011.11.14	10	54	2011.12.17	6	87	2012.01.19	18
22	2011.11.15	10	55	2011.12.18	6	88	2012.01.20	19
23	2011.11.16	9	56	2011.12.19	6	89	2012.01.21	19
24	2011.11.17	9	57	2011.12.20	7	90	2012.01.22	19
25	2011.11.18	9	58	2011.12.21	8	91	2012.01.23	20
26	2011.11.19	8	59	2011.12.22	8	92	2012.01.24	20
27	2011.11.20	8	60	2011.12.23	9	93	2012.01.25	20
28	2011.11.21	8	61	2011.12.24	9	94	2012.01.26	20
29	2011.11.22	7	62	2011.12.25	10	95	2012.01.27	20
30	2011.11.23	7	63	2011.12.26	10	96	2012.01.28	20
31	2011.11.24	7	64	2011.12.27	11	97	2012.01.29	20
32	2011.11.25	7	65	2011.12.28	11	98	2012.01.30	20
33	2011.11.26	7	66	2011.12.29	11	99	2012.01.31	20

2.2.5 유생 생산량 조사

유생을 30 cm mesh(20 ㎛ 망목)를 사용하여 채집한 후 실험실로 운반하였다. 각 시료는 1 L 비커에 넣어 골고루 휘저은 뒤 1 mL 취하여 계수판위에 넣어 광학현미경(OLYMPUS-IX70)로 유생수를 관찰하여 환산하였다.

Fig. 5. Processes of the larvae collection. 1: collect the larvae, 2: gathering the larvae, 3: *M. sanguinea* larvae gathered in a beaker.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

2.3 초기 사육 환경조건

현재 유생의 초기 생존율은 20~25% 수준에 머물고 있다. 바위털갯지렁이 유생은 발생으로부터 한달 이내에 생존율의 90% 이상이 결정된다. 특히 10일 안에 급격한 생존율의 감소를 보인다. 2011년 사전 실시한 조기 유생의 생존율 그래프를 Fig. 6에 나타내었다. 따라서 낮은 생존율을 극복하기 위해서는 유생의 사육환경, 먹이 등 전체적인 관리에 대한 이해가 필수적이다. 본 실험에서는 유생의 채집 후 필요한 초기 환경조건 조절 및 관리법을 모색하기 위하여 유생 사육수, 수온, 기질, 밀도, 그리고 먹이에 대한 성장률과 생존율을 관찰하였다.

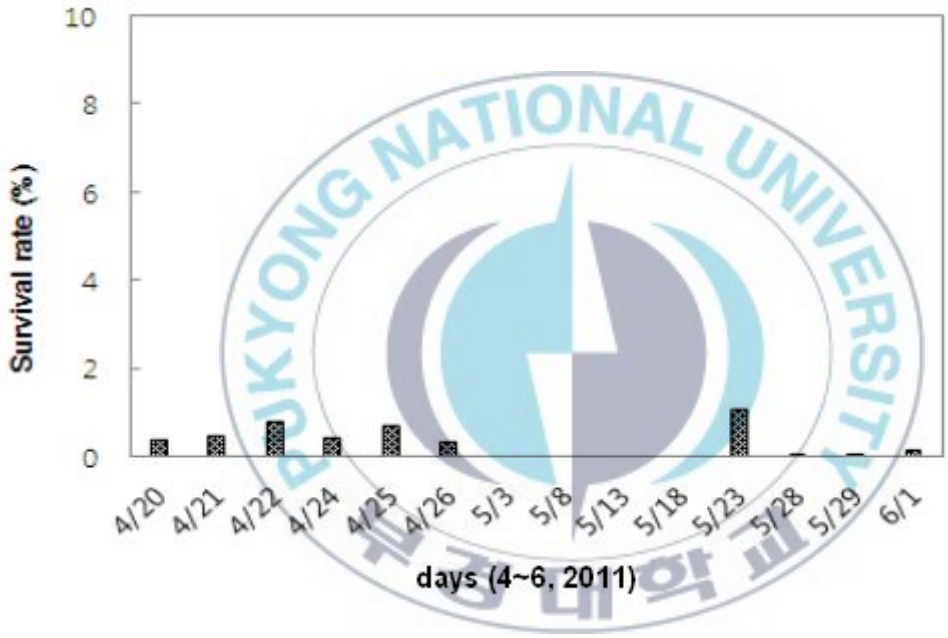

Fig. 6. Survival rate of *M. Sanguinea* larvae in the artificial temperature control 2011.

2.3.1 수온

2011년 조기(4~6월) 생산한 유생을 대상으로 유생 사육에 적절한 수온을 조사하였다. 온도 구간은 19℃, 20℃, 21℃, 22℃, 23℃로 설정하였으며 유생 5만미/1350 cm^2 씩 각각 입식하였다. 필터(10 ㎛)한 해수를 각 5 L씩 넣고 3일간 현미경(OLYMPUS-IX70)을 이용하여 매일 유생의 생존율을 조사하였다.

2.3.2 사육수

유생 사육에 적절한 해수를 조사하기 위하여 멤브레인 필터(GF/C)로 필터한 해수와 Autoclave로 멸균 한 해수를 6-hole well plate (Fig. 7)에 15 mL씩 넣고 인공 생산한 유생을 100마리씩 각각 입식하였다. 수온은 항온항습기를 이용하여 20℃로 유지하였다. 실험은 8일간 진행되었고, 사육수는 이틀에 한번 10 mL씩 갈아 주었다. 유생발생으로부터 2일차, 3일차, 4일차 그리고 8일차에 현미경을 이용하여 유생의 생존율을 조사하였으며, Dixi image Program 으로 그 길이를 측정하였다.

2.3.3 기질

유생 사육에 적절한 기질을 조사하기 위하여 6-hole well plate 에 멤브레인 필터(GF/C)로 필터한 해수 15 mL씩 넣고 각기 다른 기질(Blank: 기질 없음, ※ A: 1 mL/(0.1 g/10 mL), B: 1 mL/(0.1 g/10 mL), C: 1 mL/(0.1 g/10 mL), D: 1 mL/(0.1 g/10 mL)을 조성하였으며, 인공 생산한 유생을 100마리씩 각각 입식하였다. 수온은 항온항습기를 이용하여 20℃로 유지하였다. 실험은 10일간 진행되었고, 사육수는 이틀에 한번 10 mL씩 갈아 주었다. 이틀째 간격으로 현미경을 이용하여 유생의 생존율을 조사하였으며, Dixi image Program 으로 그 길이를 측정하였다.

※ 상세한 기질 정보는 현재 특허 출원 중이므로 본 논문에서 언급하지 않았다.

2.3.4 밀도

유생 사육에 적절한 밀도를 조사하기 위하여 기질 A: 1 mL/(0.1 g/10 mL)로 기질을 조성한 6-hole well plate 에 멤브레인 필터(GF/C)로 필터한 해수 15 mL씩 넣고 각기 다른 밀도(100/9.65 cm^2, 200/9.65 cm^2, 400/9.65 cm^2, 800/9.65 cm^2, 1000/9.65 cm^2)로 인공 생산한 유생을 입식하였다. 수온은 항온항습기를 이용하여 20℃로 유지하였다. 실험은 12일간 진행되었고, 사육수는 이틀에 한번 10 mL씩 갈아 주었다. 이틀째 간격으로 현미경을 이용하여 유생의 생존율을 조사하였으며, Dixi image Program 으로 그 길이를 측정하였다.

2.3.5 먹이

유생 사육 적정 먹이원을 조사하기 위해 기질 A: 1 mL/(0.1 g/10 mL)로 기질을 조성한 6 well plate 에 멤브레인 필터(GF/C)로 필터한 해수 15 mL씩 넣고 각기 다른 먹이(Without food, *Chaetoceros* sp., Benthic diatom sp., *Chlorella* powder, *Tetraselmis suecica*, 미역, 탈각알테미아, 새우용 EP 사료를 급이하였다. 수온은 항온항습기를 이용하여 20℃로 유지하였고 20일간 실험을 진행하였다. 사육수는 이틀에 한번 10 mL씩 갈아 주었다. 이틀째 간격으로 현미경을 이용하여 유생의 생존율을 조사하였으며, Dixi image Program 으로 그 길이를 측정하였다.

Fig. 7. 6-hole well plate for the experiments.

2.4 통계처리

자료의 통계처리는 SPSS program 18 으로 분산분석(ANOVA test)을 실시하여 최소유의차검정(LSD: least significant difference)으로 평균 간의 유의성($P<0.05$)을 검정하였다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

3. 결 과

3.1 인공종묘생산을 위한 유생 발생 환경

3.1.1 수온에 따른 유생의 출현

2010년 수산과학기술센터에서 6월 7일부터 8월 15일까지 바위털갯지렁이의 유생이 출현하였다. 최초 출현수온은 18.4℃였고 마지막 출현일인 8월15일에는 25.1℃였다(72일간). 유생이 대량으로 출현한 시기는 20℃~23.5℃의 범위였고 그 이상의 수온에서는 소량 출현하다가 25℃ 이후에는 멈추었다.

2011년에는 전년도 보다 한달 빠른 5월 18일부터 8월 23일까지 유생이 출현하였다. 이는 수온이 한달 정도 빨리 유생 발생 적정수온에 도달했기 때문이다. 유생의 최초 출현수온은 17℃였고, 마지막 출현일인 8월 23일의 수온은 25℃였다. 2011년의 남해 평균수온은 2010년보다 높았고 수온의 증가 또한 더 길고 매우 점진적이었기(98일간) 때문에 보다 많은 유생이 출현한 것으로 판단된다. 유생이 대량으로 출현한 시기는 19℃~23℃의 범위의 6월 초순이었고 7월 초순이후 그 이상의 수온에서 점차 감소하기 시작하여 8월 23일 출현이 멈추었다. 유생발생 적정 온도인 20±3℃의 범위가 전체 유생 출현기간의 절반 이상으로 그 생산량이 전년도 보다 확연히 증가한 것으로 판단된다.

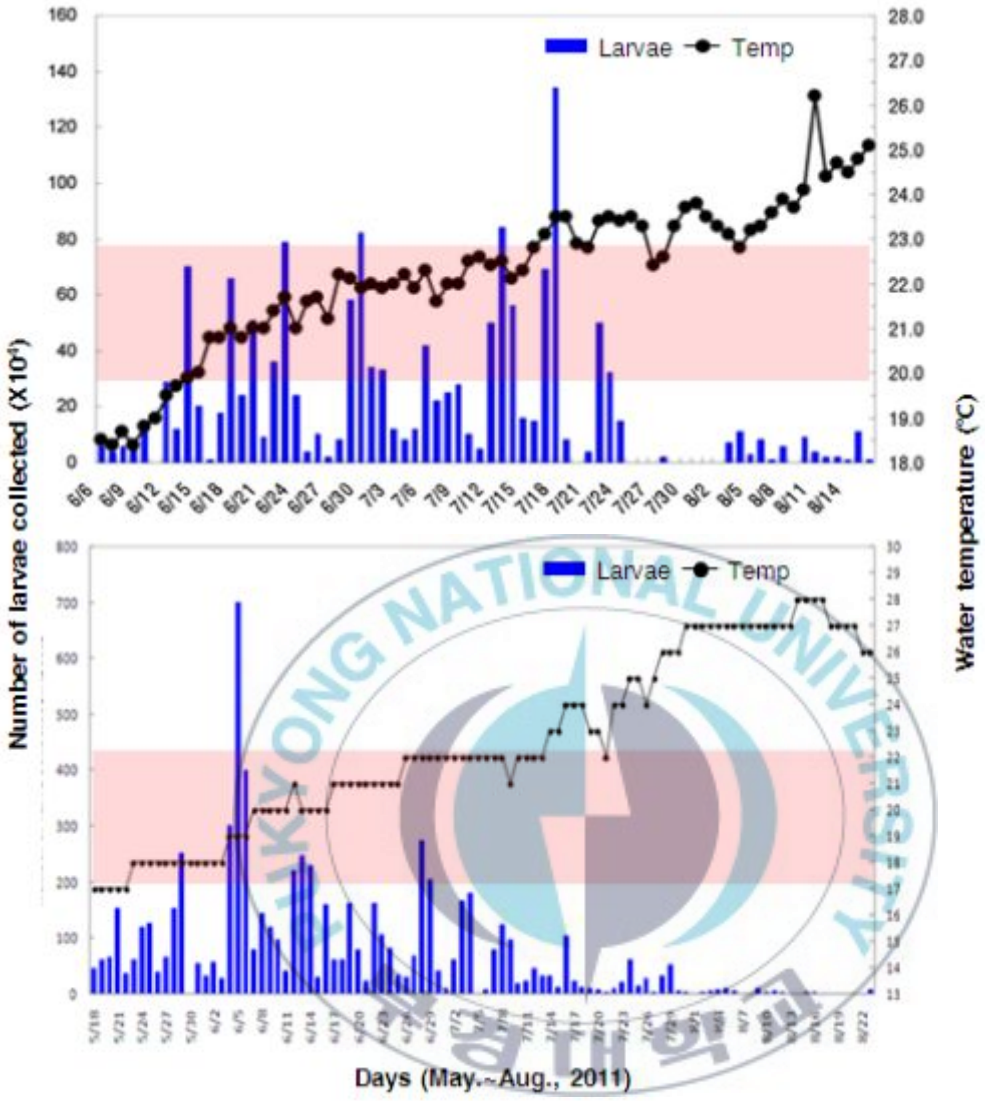

Fig. 8. Number of larvae collected (bar) and variation of the water temperature (circle) in 2010 and 2011.

3.1.2 일조량에 따른 유생의 출현

2010년 일조량에 따른 유생의 출현과의 관계에서, 일조량이 적고 흐린 날의 경우에는 유생의 출현량이 적은 것으로 나타났고, 일조량이 8시간 이상 지속되는 날에는 다량의 유생이 출현하였다. 유생의 출현 시간은 이른 아침 해뜰 무렵이었다.

2011년 역시 일조량이 높은 경우 유생의 출현량이 높게 나타났다. 또한 2010년도의 결과와 유사하게 일조량이 낮은 날이 지속되는 경우에는 유생이 거의 출현하지 않았다. 하지만 7월 초순이후 일조량이 높음에도 유생 출현량이 극히 감소하였는데 이것은 수온 상승으로 인한 유생의 출현이 멈추었기 때문인 것으로 판단된다. 이 같은 양상은 2010년에서도 살펴볼 수 있다. 따라서 기본적으로 유생이 발생할 수 있는 적정 수온(19℃~23℃)이 유지되고 높은 일조량(8시간 이상)이 뒷받침되었을 때 유생의 출현량이 높게 나타난다는 것을 알 수 있다. 이상의 결과로부터 바위털갯지렁이의 유생 출현과 일조량은 깊은 상관관계가 있는 것으로 판단된다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

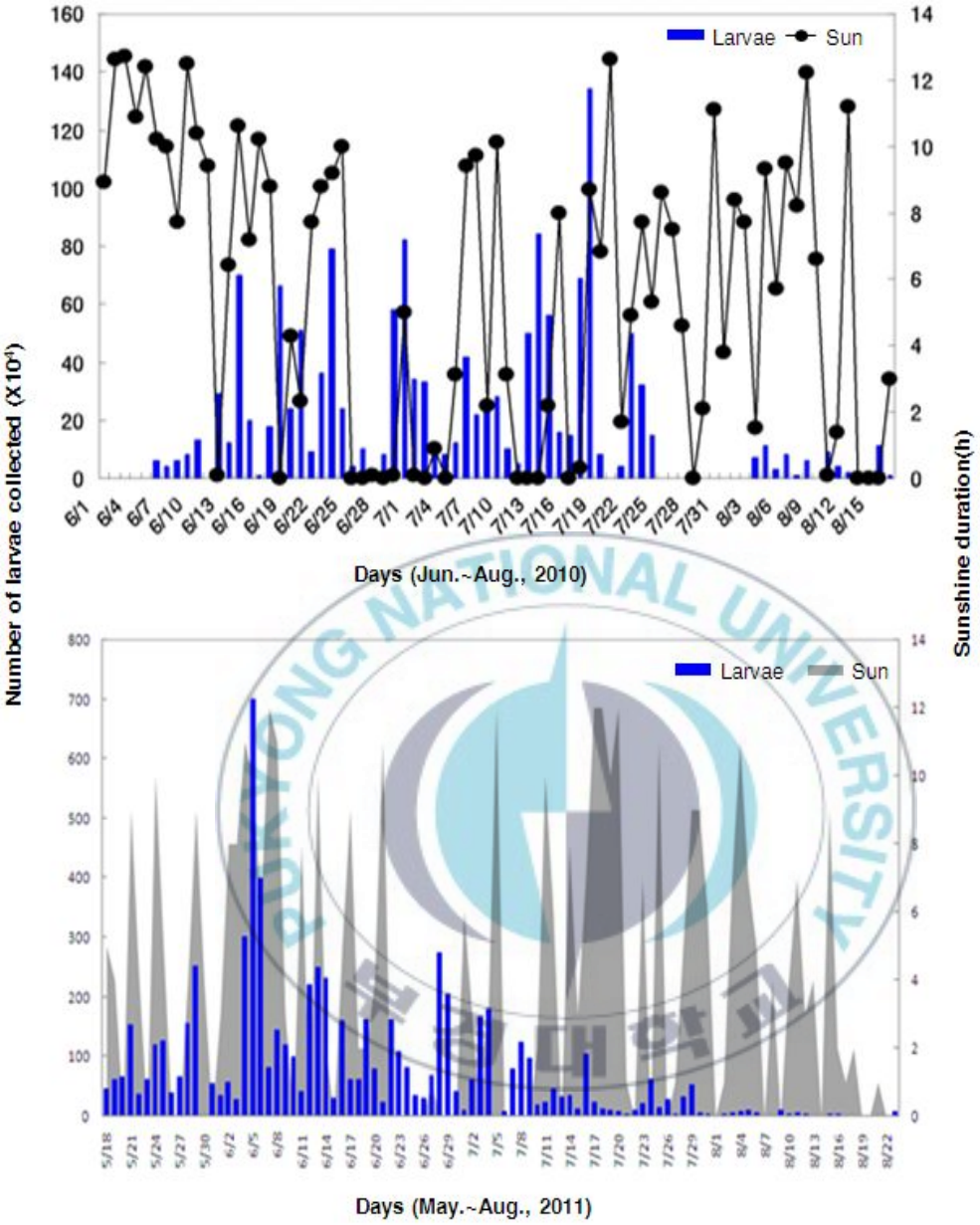

Fig. 9. Number of larvae collected (bar) and variation of the Sunshine duration (circle) in 2010 and 2011.

3.1.3 조석에 따른 유생의 출현

2010년 유생의 최초 출현은 조금(leaf tide)일 때 시작되었으나, 7월 이후 조금일 때는 유생의 출현량이 급감하는 경향을 보였다. 6월 사리(spring tide)에서 대량의 유생이 출현하였고 이는 조금을 거치면서 유지되다가 다음 사리에서는 급감하였다. 조금일 때 유생의 출현량이 많았던 것은 이때의 일사량이 비교적 많았고, 사리일 때 유생의 출현량이 급감한 것은 이때의 일사량이 매우 적었기 때문인 것으로 판단된다. 하지만 전체적인 경향을 살펴보았을 때 사리일 때의 유생출현양이 조금일 때보다 높았다.

2011년 유생의 최초 출현은 사리일 때 시작되었다. 전체적인 경향을 보았을 때 조금때 보다는 사리일 때 유생의 출현양이 더 많다는 것을 알 수 있다. 6월 5일 700만미의 유생이 발생했을 때 물때 역시 사리에 근접한 때였다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

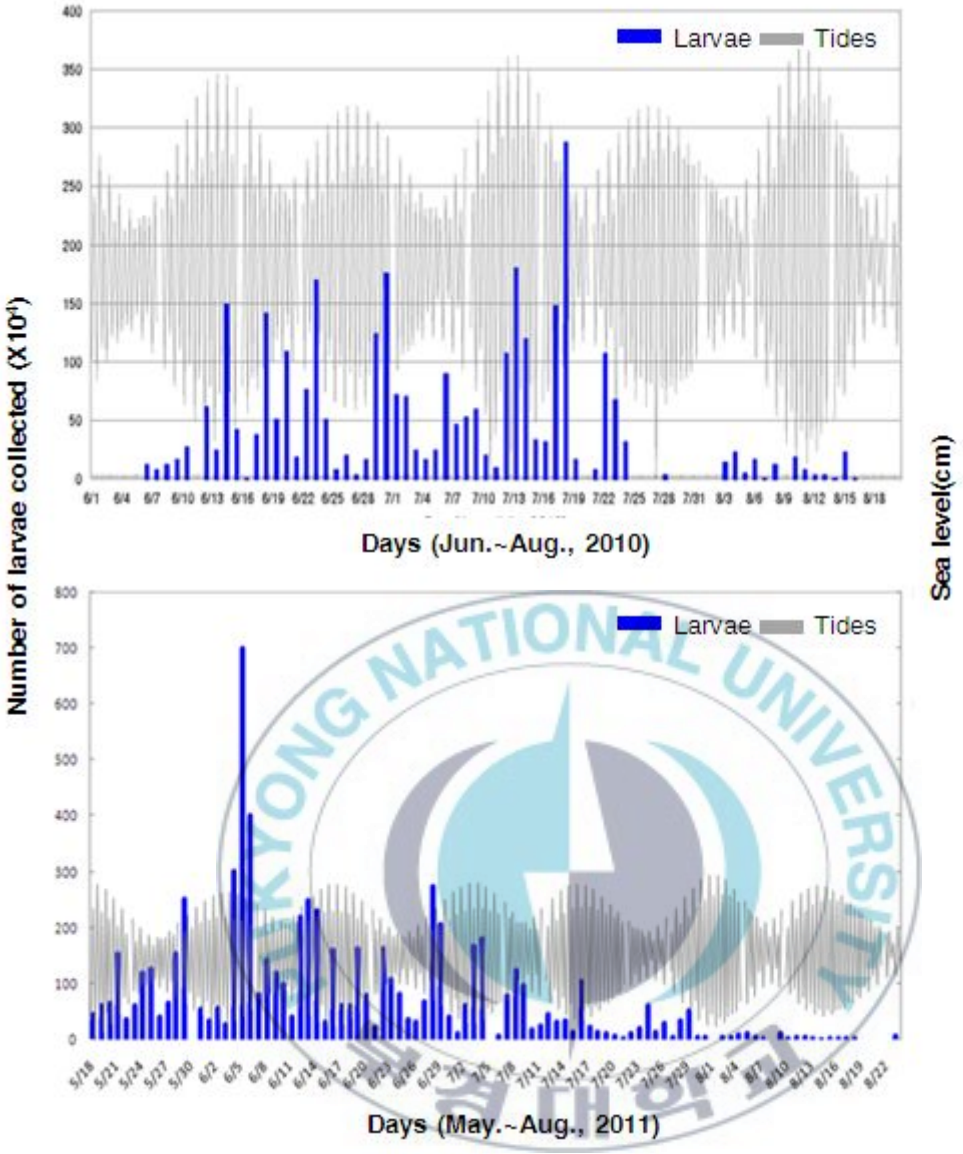

Fig. 10. Number of larvae collected (bar) and variation of the Tide cycle (line) in 2010 and 2011.

3.2 인공종묘생산

3.2.1 방정

인공종묘 사육장에서 수온이 20℃에 이른 후 18일령부터 방정이 시작되었다. 방정에 이르는 적산수온은 약 360℃ 이상인 것으로 측정되었다. 방정은 오후 5시 이후부터 오후(12시~15시), 밤(10시)에 관찰 되어 주로 야간에 확인되었으나 특정한 시간대는 없는 것으로 판단된다. 모충 사육수가 뿌옇게 보일정도로 한번 방정 시 많은 양이 뿜어져 나왔다(Fig. 11.2). 한곳에서 방정이 시작되면 수조내의 다른 곳에서도 동시다발적으로 방정하는 것을 쉽지 않게 관찰 할 수 있었다. 하지만 10개의 사육수조 모든 곳에서 동시에 방정은 하지 않았다. 정자는 형태적으로 쌀(rice) 모양의 두부(head)를 지니고 길이 방향으로 4.5 ㎛ ~ 5.0 ㎛, 폭은 2 ㎛ ~ 3 ㎛의 크기였다(Fig. 11.1).

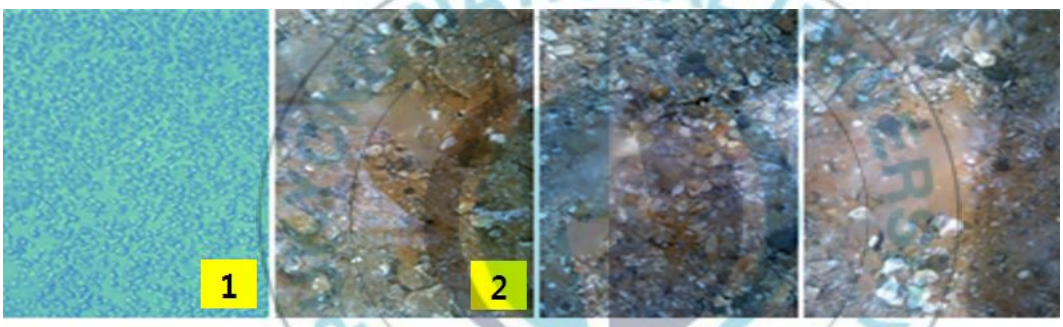

Fig. 11. Sperm and releasing the sperm in rearing tank of mother worm. 1: the sperm of *Marphysa sanguinea*, 2: appearance the sperm

3.2.2 유생의 부상

방정 발생 후 5일 뒤인 2월 19일 모충 서식공에서 유생이 부상 하였다. 부상한 유생의 몸은 섬모로 싸여있었고 머리 부분에 좌우 한 쌍의 안점이 있었다. 몸의 중간 아래 부분에서 미부쪽으로 1~2쌍의 절지가 있으며(보통 2쌍) 길이는 350 ㎛ 전후, 폭은 250 ㎛ 전후였다(Fig. 13) 이들은 서식공에서 방출 되자마자 담륜자시기(trochophore)를 가지고 부유생활을 한다. 부유는 최

대 5일까지 계속되며 이와 같이 긴 담륜자 시기로 인한 사망률은 바위털갯지렁이 대량 양식 성공의 가장 큰 문제점이라 할 수 있다.

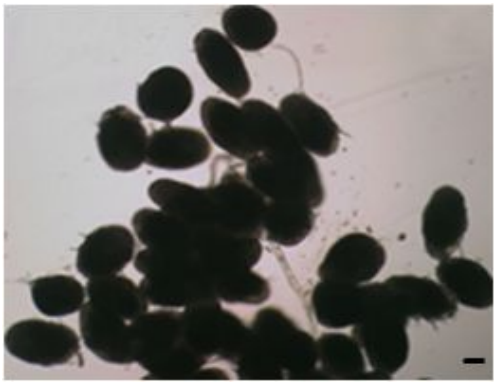

Fig. 12. Trochophore larvae of *M. sanguinea* (bar=100 ㎛).

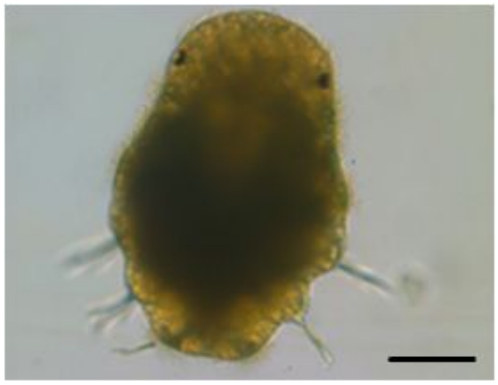

Fig. 13. A larva (1 day, bar=100 ㎛).

3.2.3 유생 생산량

전체 수조에서 50일간 총 1270만미가 출현하였다. 2월 중순부터 발생하기 시작한 유생은 3월 중순까지 약 한 달 동안 1000만 미를 집중적으로 방출하였으며 감소와 증가를 반복하다 4월 8일 10만을 기점으로 끝을 보였다. 유생 생산량을 Table 3에 나타내었다.

3.2.4 수질 검사

수온은 가온을 통하여 2월 22일 16.38℃를 제외한 모든 값들이 18℃ ~ 22℃범위 내에 들어갔다. pH(Avg. 7.8) 및 염분(Avg. 35.4 psu)은 실험기간 동안 큰 변화 없이 일정하였다. DO(Avg. 6.2 mg/L) 역시 큰 변화는 없었다. 유생과의 출현 양상을 비교해보면 수온만이 약간 상관관계를 가지고 있다. 수온의 폭의 변화가 20℃를 전후해 약간의 변화가 보이면 유생 출현이 하루 이틀 간격으로 감소하는 것을 볼 수 있다(Fig. 14). 따라서 안정적인 생산 유지를 위해서는 좀 더 민감한 수온 관리가 필요하다. 실험기간동안 모충장의 평

균 COD는 2등급 수준으로 측정되었다. 유생 최초 발생일인 2월 20일에 0.8 mg/L로 측정되었고, 마지막으로 출현했던 4월 6일에는 1.8 mg/L로 측정되었다. 3월 9일 0.4 mg/L로 가장 낮았고, 3월 28일 2.4 mg/L로 가장 높았다. 이것은 평균1.4 mg/L로 남해안의 평균 1.1 mg/L(국토해양부, 2010년)과 유사한 값을 나타내었다. NO^3는 2월 20일 0.61 mg/L로 측정되었고 4월 6일 0.11 mg/L로 측정되었다. 3월 18일 0.01 mg/L로 가장 낮았고, 2월 24일 0.83 mg/L로 가장 높았다. COD와 NO^3는 전체적으로 증가와 감소 경향이 부분적으로 일치한다. 이들의 비가 5이하일 때 물은 안정적이다. 모든 구간에서 그 비가 5이하를 나타냈으므로 실험기간동안 사육수조의 질산염은 효과적으로 제거되었다. TSS값은 2월 20일 0.1 mg/L로 측정되었고 4월 6일 1.6 mg/L로 측정되었다. 3월 25일의 부유물질량은 극소량으로 측정되었고, 4월 6일 1.6 mg/L로 가장 높았다. 전체적으로 부유물질은 해양오염공정시험법에 따른 정량범위 2 mg/L에 미치지 않는 소량이 지속적으로 측정되었다. PO^4는 2월 20일 0.02 mg/L로 측정되었고 4월 6일 0.08 mg/L로 측정되었다. 3월 7일부터 3월 20일까지 극소량 측정되었고 4월 4일 0.18 mg/L로 가장 높았다. NH^3는 2월 20일 0.08 mg/L로 측정되었고 4월 6일 0.05 mg/L로 측정되었다. 대체적으로 정량범위이하로 측정되는 경우가 많았으며, 4월 4일에 0.09 mg/L로 가장 높았다. 실험기간동안 모든 값이 0.1 mg/L이하로 안정적인 값을 나타내었다. NO^2값은 2월 20일 0.02 mg/L로 측정되었고 4월 6일 0.01 mg/L로 측정되었다. 대체적으로 정량범위이하로 측정되었으며, 3월 28일에 0.18 mg/L로 가장 높았다.

실험기간동안 모든 항목은 안정한 값의 범위 안에 나타났다(Fig. 15). 전체적인 경향을 살펴보면 COD의 값과 유생 출현 빈도가 어느 정도 일치한다. COD값이 감소하는 범위에 속하는 날짜에는 대부분 유생이 출현하지 않았거나 그 양이 적고, COD값이 증가하는 시점에서 유생의 출현은 꾸준했으며, 그 양 또한 많은 것으로 관찰되었다.

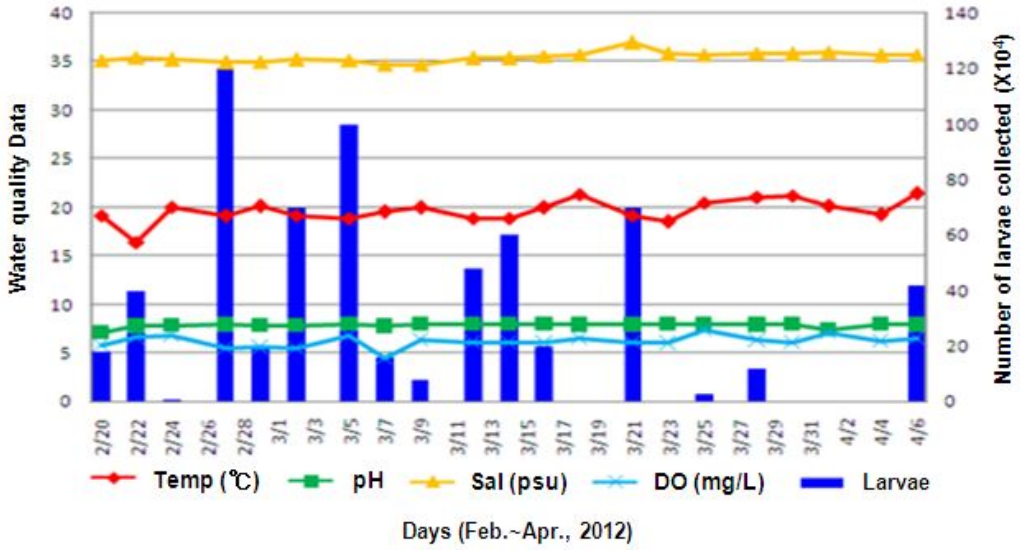

Fig. 14. Collected larvae and variation of water quality in artificial seed production.

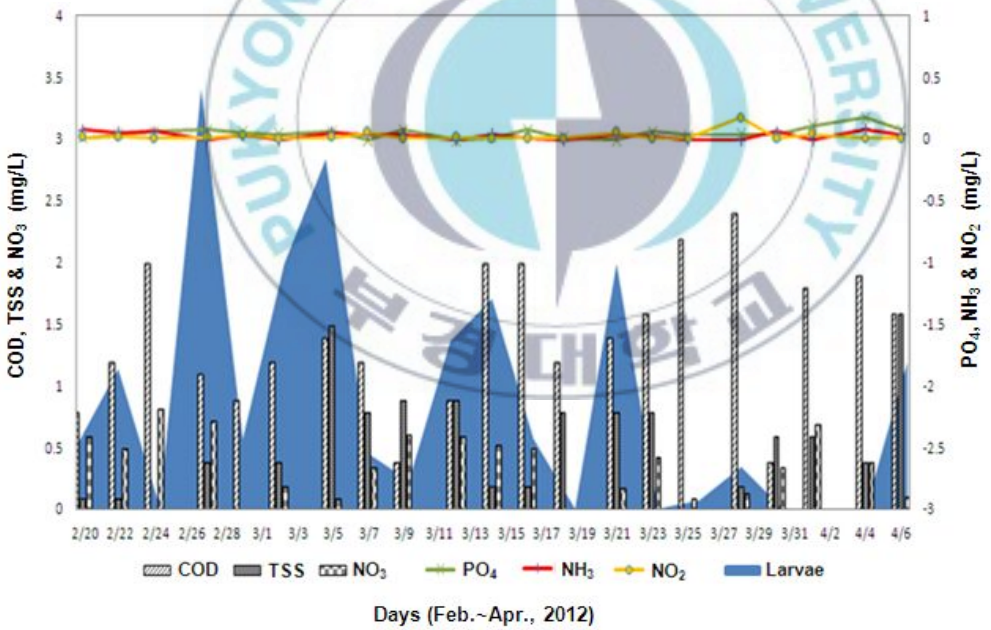

Fig. 15. Collected larvae and variation of water quality in artificial seed production.

Table 3. Total production of larvae in early 2012. ($\times 10^4$)

Date	N (Larvae)	Date	N (Larvae)	Date	N (Larvae)
2/19	1	3/03	10	3/15	20
2/20	18	3/04	120	3/20	100
2/21	54	3/05	100	3/21	70
2/22	40	3/06	36	3/25	2.5
2/23	16	3/07	16	3/26	1.8
2/24	0.8	3/08	46	3/27	6
2/26	30	3/09	8	3/28	1.2
2/27	120	3/10	0.8	3/29	3
2/28	40	3/11	5	3/05	10
2/29	20	3/12	48	4/06	42
3/01	18	3/13	96	4/07	30
3/02	70	3/14	60	4/08	10
Total					1270

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

3.3 초기 사육 환경조건

3.3.1 수온

본실험결과 유생의 생존율이 가장 우수한 실험구는 20℃였다. 1일차 20℃ 실험구의 생존율은 73%였으며, 23℃의 49%보다 20%이상 높은 값을 보여주었다. 20℃를 제외한 나머지 실험구에서는 이틀째 생존율이 급격히 감소하였으며 3일째에는 20℃또한 생존율이 급감하면서 25%를 나타내었다.

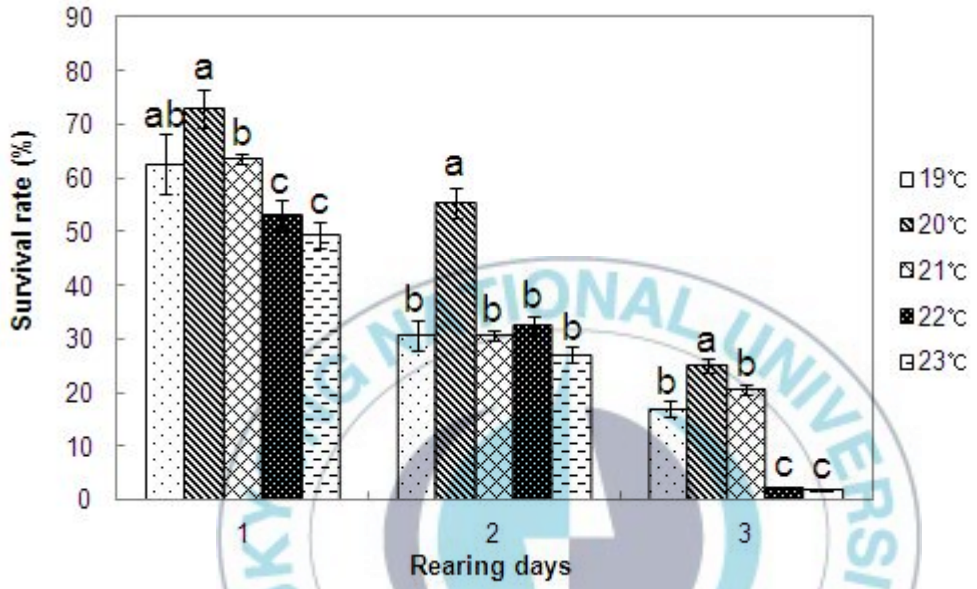

Fig. 16. Effect of temperature on survival rate of *Marphysa Sanguinea* larvae. Different letters on the bars indicate significant difference between treatments ($P< 0.05$).

Table 4. Effect of temperature on survival rate (%).

Day \ Temp.	19℃	20℃	21℃	22℃	23℃
1	62.5	73.0	63.5	53.1	49.5
2	30.7	55.4	30.7	32.6	27.1
3	16.9	25.0	20.7	2.4	1.9

3.3.2 사육수

사육수에 따른 유생의 성장과 생존율을 Fig. 17에 나타내었다. Autoclave 로 멸균 처리 된 해수와 멤브레인 필터로 여과한 해수로 사육한 결과 두 실험구 사이에 유의한 차이는 나타나지 않았다(P>0.05). 두 실험구 모두 8일간 90% 이상의 생존율을 보였으며, 사육 8일째 유생의 길이 또한 평균 0.732 mm, 0.755 mm 로 유사한 성장 속도를 보여 주었다. 8일째 생존율이 감소한 이유는 5일째 Nectochaete 단계를 지난 유생들의 공식이 발생했기 때문이다. 따라서 보다 취급하기 쉬운 필터해수를 사육수로 사용하는 것이 더욱 효과적이다.

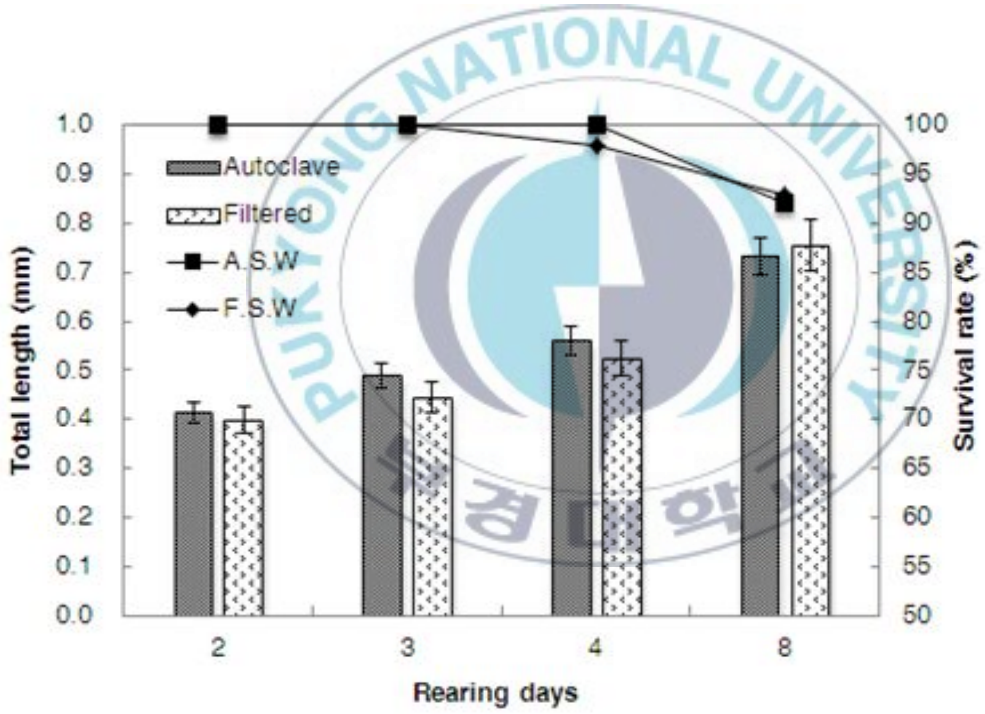

Fig. 17. Effect of rearing sea water on survival rate of *Marphysa Sanguinea* larvae. ASW: Autoclave Sea Water, FSW: Filtered Sea Water. There was no significant difference in the value (P > 0.05).

Table 5. Effect of rearing sea water on survival rate and total length

Days \ Treatment	Total length (㎜)		SG (%)	
	ASW[1]	FSW[2]	ASW	FSW
2	0.413±0.06	0.3983±0.07	100	100
3	0.488±0.03	0.4461±0.05	100	100
4	0.560±0.07	0.5245±0.10	100	98
8	0.732±0.02	0.7556±0.03	92	93

[1]ASW: Autoclave sea water.

[2]FSW: Filtered sea water.

3.3.3 기질

기질에 따른 유생의 성장 및 생존율을 Fig. 19에 나타내었다. 가장 크게 성장한 것은 A 실험구였으며 생존율 또한 92%로 가장 높은 생존율을 보여 주었다. 실험 종료시 A 실험구의 유생의 길이는 0.925 mm였으며, 가장 성장이 저조 했던 C 실험구의 0.521 mm 보다 0.4 mm 이상 더 컸다. 또한 생존율에서도 C실험구보다 확연히 높은 값을 보여주었다. 특히 C실험구의 유생 생존율은 입식 후 2일째부터 감소하기 시작하여 4일째 30%로 낮게 관찰되었다. 따라서 C실험구의 기질은 초기유생을 위한 기질로 적합하지 않다. 이외 나머지 실험구들의 생존율은 6일째 까지 모두 80% 이상으로 유사하게 나타났다. 그러나 악치와 장이 완성되어 먹이 활동을 왕성히 시작하는 6일째 이후부터는 공식으로 인한 개체수의 차이가 있었다. 따라서 빠르게 잠입하여 자신만의 안식처를 형성할 수 있는 A실험구는 8일째 생존율이 95%인 반면, 기질을 효율적으로 이용하지 못하는 B실험구는 56%로 낮은 경향을 알 수 있었다. 기질별 잠입 형태는 Fig. 18과 같다. 기질A 실험구의 유생들은 각각의 굴속에 들어가 안정적으로 펴져있는 모습을 볼 수 있었지만 기질D 실험구의 유생들은 굴을 형성하지는 못하고 뭉쳐 있는 것을 볼 수 있었다. 기질B 실험구의 유생들은

집을 형성하지 않고 well plate 가장 자리에 서로 뭉쳐있었다. 이는 Blank 실험구와 기질C 실험구에서도 마찬가지로 나타났다. Fig. 20에 유생이 서식공으로부터 발생 후 악치가 생성되기 전인 6일차까지의 유생 착저시간과 일간성장률을 나타내었다. 착저시간은 A > D > B > Blank > C 의 순서로 빠르게 관찰되었다. A실험구는 유생발생으로부터 잠입하기 까지 하루정도 걸린 반면 높은 폐사율을 보인 C실험구는 거의 3일 이상 소요되었다. 이에 따른 일간성장률 또한 A 실험구가 2.13%로 가장 높았으며, C실험구가 0.139%로 가장 낮게 나타났다. 따라서 유생이 착저하는데 소요되는 시간이 절약될수록 더 빠르게 성장하는 것을 알 수 있다. 이를 다시 말하면 빠른 착저 유도는 유생의 초기 소비 에너지를 최소화하고, 절약된 에너지를 성장에 집중 할 수 있게 함을 의미한다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

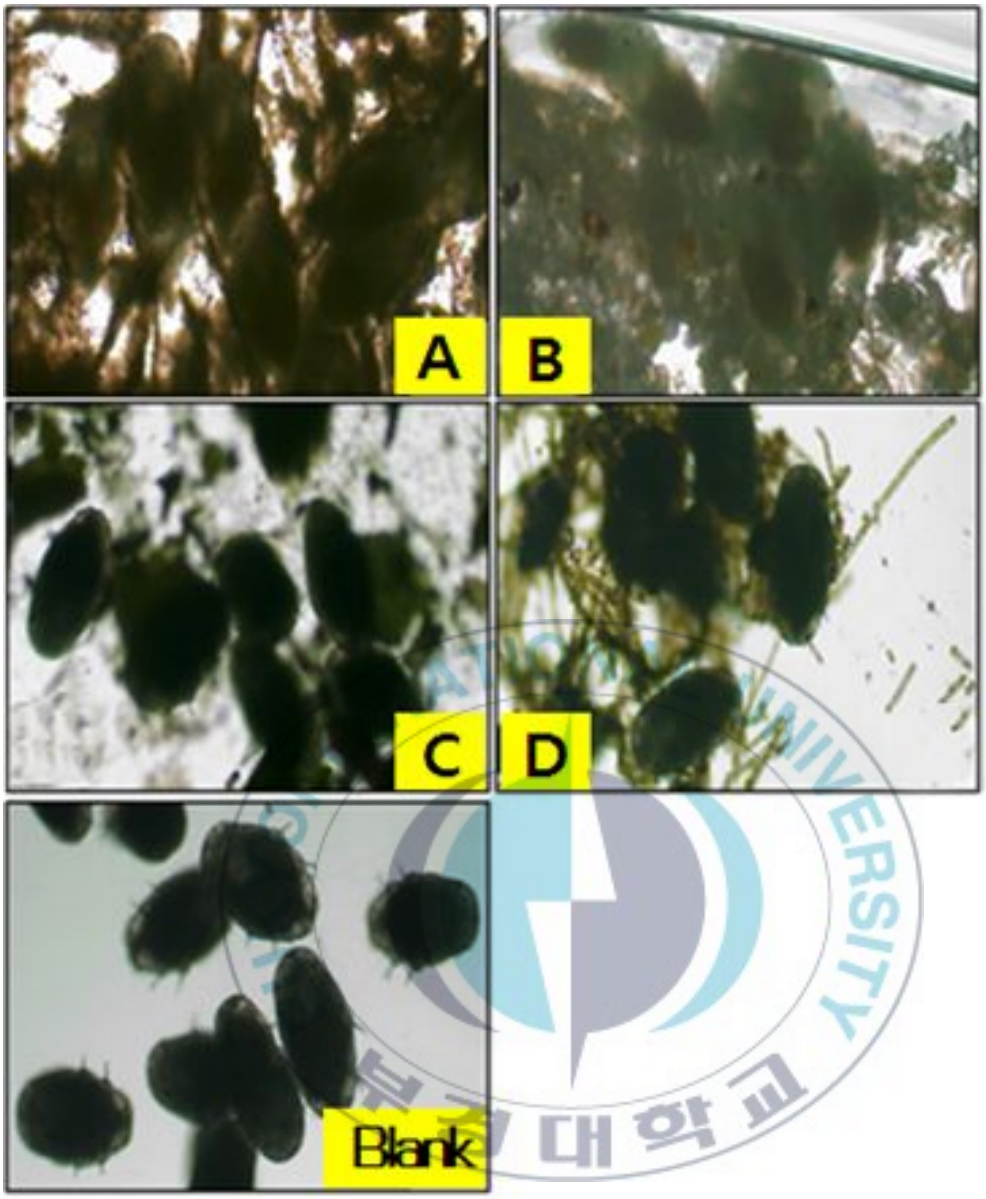

Fig. 18. Submersed figure by composition of the substrates (×40 magnification).

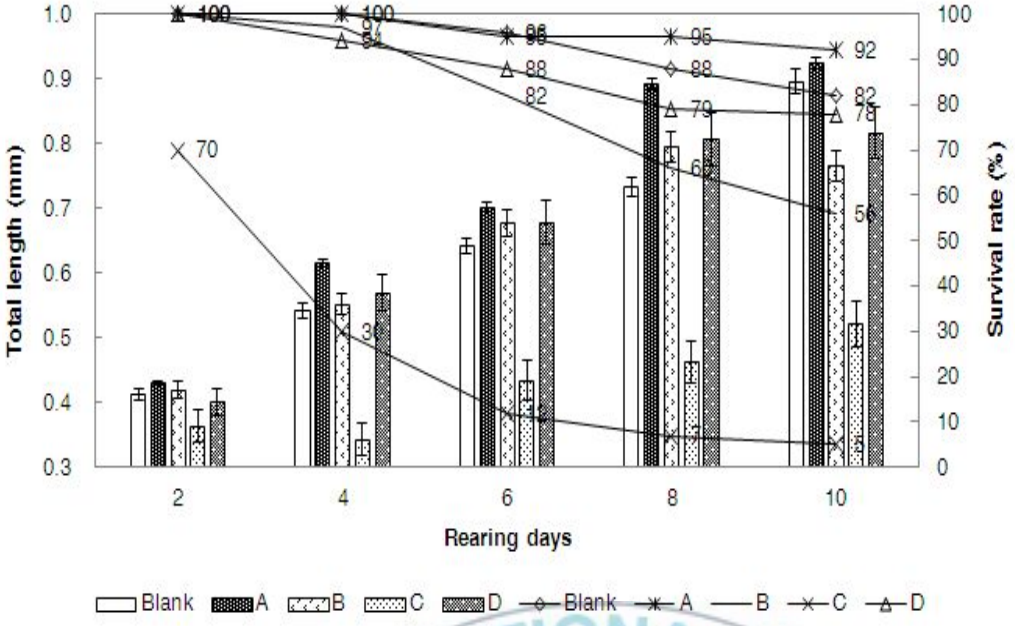

Fig. 19. Total length and survival rate of *Marphysa sanguinea* larvae by composition of the substrates.

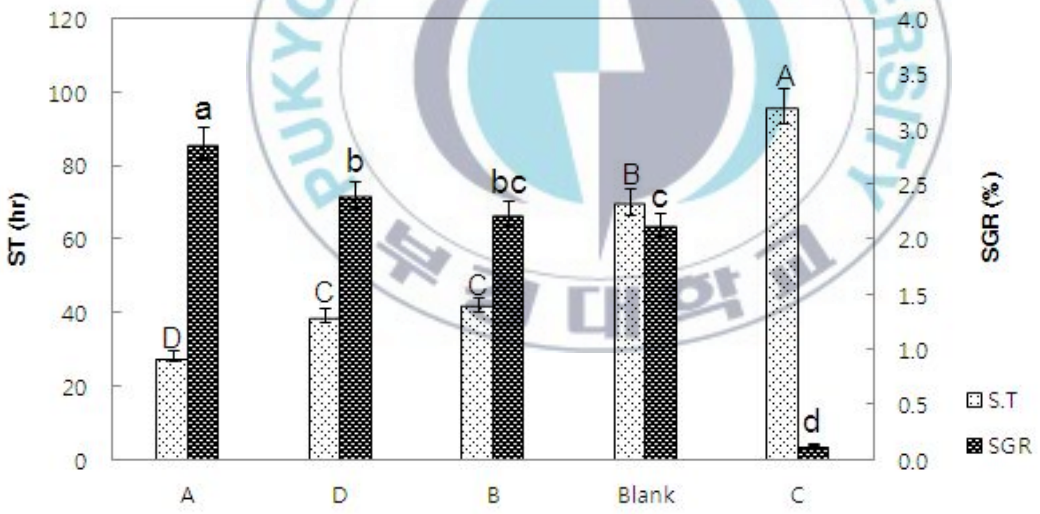

Fig. 20. Settle down time and specific growth rate of *Marphysa sanguinea* larvae by composition of the substrates for 6 days. Different letters on the bars indicate significant difference between treatments (P< 0.05).

Table 6. SGR, SR and ST of *M. sanguinea* larvae by composition of the substrate

Treatment	SGR[1] (%)	SR[2] (%)	ST[3](hr)
Blank	2.1	82	70
A	2.8	92	28
B	2.2	56	42
C	0.1	5	96
D	2.4	78	39

[1]SGR (Specific growth rate): [(final length - initial length)/days] × 100.
[2]SR (Survival rate)
[3]ST (Submersed time): It means when there is no floating larvae.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

3.3.4 밀도

유생 사육 밀도 차이에 따른 성장과 생존율을 Table 7에 나타내었다. 100마리, 200마리, 400마리 실험구는 각각 92%, 93%, 90%로 높은 생존율을 보여주었다(Fig. 21). 실험 12일째의 크기는 0.953 mm로 100마리 실험구가 가장 크게 관찰되었다. 200마리 실험구도 0.948 mm로 100마리 실험구와 유사한 성장을 보여주었다. 그러나 600, 800, 1000 마리 실험구는 4일차부터 생존율이 감소하기 시작하여 12일차에 600마리 구간은 33%, 800마리 구간은 20%, 1000마리 구간은 폐사하기에 이르렀다. 기질로 잠입해 들어가는 시간 역시 100마리와 200마리 실험구가 12시간, 24시간으로 가장 짧게 나타났으며, 400마리 실험구에서는 30시간, 600마리와 800마리 실험구는 72시간 소요되었다. 1000마리 실험구는 96시간으로 4일 이상 걸려 100마리 실험구보다 4배 이상 더 느리게 착저하였다. 착저 시간과 일간성장률 그래프를 Fig. 22에 나타내었다. 착저시간과 성장률의 관계는 기질실험의 결과와 유사하게 반비례관계를 나타내었다. 600마리 이상의 밀도구에서는 4일차를 기점으로 생존율이 급감하기 시작하였다. 죽은 개체가 발생하자 좁은 사육 공간에서의 유생은 빠르게 죽기 시작하였다. 따라서 초기 적정 사육 밀도는 100~400마리/9.65 ㎠ 가 적합한 것으로 사료된다.

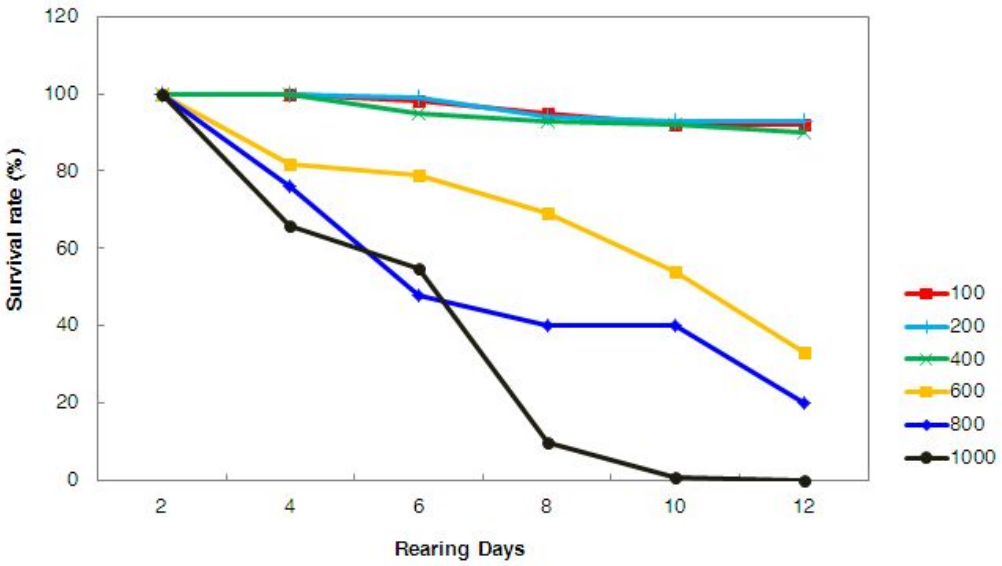

Fig. 21. Survival rate (%) of *Marphysa sanguinea* larvae by density.

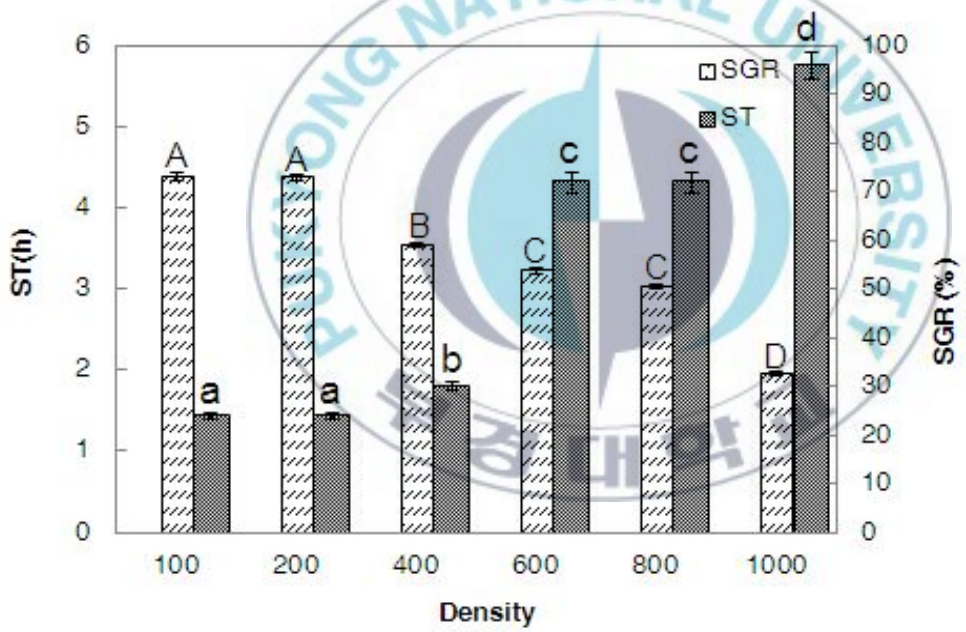

Fig. 22. Settle down time and survival rate by density for 12 days. Different letters on the bars indicate significant difference between treatments (P< 0.05). ST: Settle down time.

Table 7. Growth, survival rate and settle down time of *M. sanguinea* by density for 12 days

Treatment	Total length (mm)	SR[1](%)	ST[2](h)	SGR[3](h)
100	0.953±0.03	92	12	4.4
200	0.948±0.04	93	24	4.4
400	0.851±0.03	90	30	3.5
600	0.815±0.02	33	72	3.2
800	0.798±0.05	20	72	3.0
1000	-	-	96	2.0

[1]SR: Survival rate.

[2]ST (Settle down time): It means when there is no floating larvae.

[3]SGR (Specific growth rate): [(final length - initial length)/days] × 100.

3.3.5 먹이

먹이원에 따른 유생의 길이 변화를 Fig. 23에 나타내었다. 실험 결과 G실험구와 H실험구가 가장 우수했다. 6일차 까지는 D, E, F실험구들 보다 A, B, C실험구가 성장이 더 빨랐다. 특히 B실험구는 4일차까지 유생의 길이가 0.657 ㎜로 가장 크게 나타났으나 8일차에 다시 타 실험구와 유사한 길이로 관찰되었다. 유생의 악치가 완성되는 8일차부터 성장의 차이가 나기 시작했으며 18일차에서 G실험구와 H를 먹이로 준 실험구의 유생 길이가 확연하게 증가하였다. 생존율 및 일간성장률을 Fig. 24에 나타내었다. G를 먹이로 준 실험구의 생존율이 61%로 가장 높았으며, H 실험구가 52%로 유의하게 높은 값을 나타냈다. 가장 낮은 생존율을 보여준 실험구는 F 였다(28%). 나머지 실험구들은 30%이상의 생존율을 보여주었다. 일간 성장률은 H 실험구가 7.46%로 가장 높았으며 다음으로 G 실험구가 6.49%로 나타났다. 가장 저조한 성장률을 나타낸 구간은 D 실험구였다. 초기 빠른 성장을 보여 주었던 B 실험구는 최종 2.16%로 낮은 성장률을 보여 주었다(Table 8).

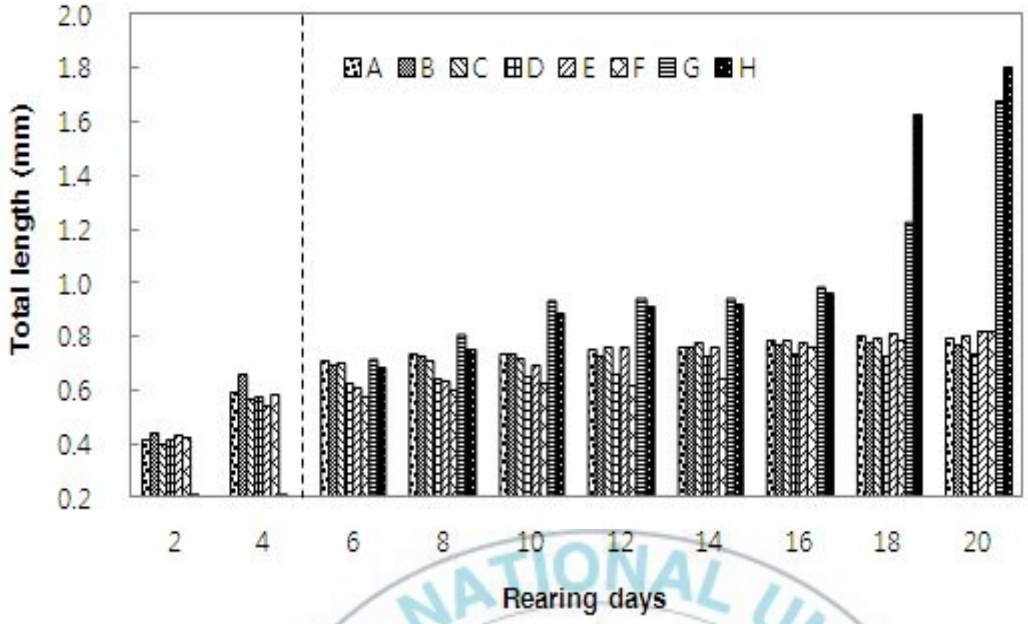

Fig. 23. Total length of *Marphysa sanguinea* larvae according to the feeds.

Table. 8. SR and SGR of *Marphysa sanguinea* larvae by feeds

Group	Contents	SR[1] (%)	SGR[2] (%)
A	Without food	35	2.350
B	*Chaetoceros* sp.	37	2.165
C	*Benthic diatom* sp.	38	2.435
D	*Chlorella* powder	36	2.015
E	*Tetraselmis suecica*	32	2.405
F	Sea mustard	28	2.465
G	Decapsulated *Artemia*	61	6.493
H	Shrimp feed	52	7.460

[1]SGR (Specific growth rate): [(final length - initial length)/days] × 100.

[2]SR: Survival rate.

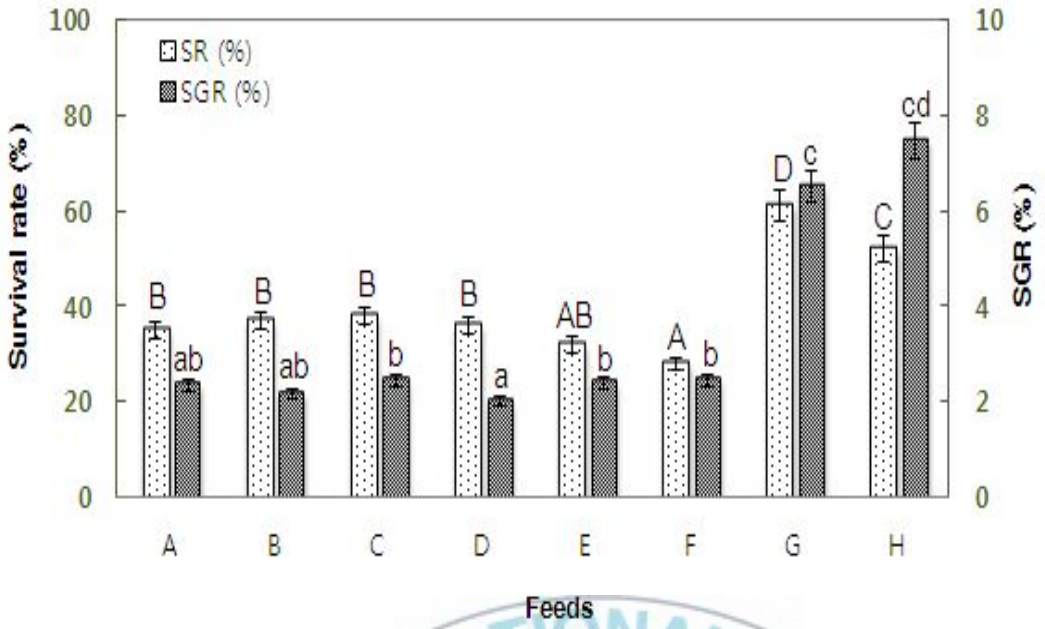

Fig. 24. Survival rate and specific growth rate of *Marphysa sanguinea* larvae according to the feeds. Different letters on the bars indicate significant difference between treatments ($P < 0.05$).

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

4. 고 찰

4.1 인공종묘생산을 위한 유생 발생 환경

Imai(1982)는 *Marphysa sanguniea*의 산란시기가 대체로 수온이 상승하는 시기인 5월부터 9월까지로 주 산란기는 6월에서 8월까지이나 연중 또는 지역별 차이가 있다고 보고하였다. 한국해양연구소에서도 1989년 연구당시 산란은 대개 수온상승과 관계되어 17℃에서 생식 현상이 나타나기 시작하여 20℃에서 산란이 이루어진다고 보고하였다. 부경대학교 수산과학기술센터에서 2009년부터 2011년까지의 유생 출현과 3가지의 환경조사를 통해 유생의 출현이 18℃를 전후해서 시작되고 높은 일조량과 사리일 때 유생 출현이 증가한다는 것을 알 수 있었다. 또한 18℃ ~ 23℃의 수온이 오래 유지 될수록 종묘생산기간 동안 더 많은 유생을 얻을 수 있었다. 이러한 결과는 남해안 평균 수온상승과 더불어 유생생산 적정 수온 유지 기간이 길어짐으로써 최근 유생생산량이 지속적으로 증가된 이유를 뒷받침하고 있다. 따라서 인공 종묘생산을 위한 수온 설정을 20℃ 내외로 결정할 수 있었다. 하지만 일조량이 충분하지 않았을 때는 유생의 출현이 급감하는 양상을 보였다. 초기유생이 주광성을 나타내는 성질을 말미암아 이는 유생의 생존 확률에 있어서 빠른 확산에 따른 높은 생존 확률 제공에 있는 것 같다. 조석의 경우 사리일 때 유생출현양이 급격히 늘어나는 것으로 보아 조간대에 많은 물이 유입될 때 모충이 이를 감지하고 유생을 방출함으로써 유생의 생존 확률을 높여 주는 성질인 것으로 판단된다. 하지만 모충장이 인위적인 육상수조에 형성되어 있어 조석의 영향을 직접적으로 받지 않는 점을 감안해봤을 때 조석에 대한 유생 출현의 상관관계는 좀 더 세심한 연구가 요구된다.

부경대학교 수산과학기술센터에서는 최근 4년간 유생 생산량이 급격히 증가하였다. 기술개발 초기단계는 단지 육안으로만 확인되는 유생 덩어리를 수확하였지만 현재는 유생의 발생 환경과 특성을 파악해 자연 출현하는 유생의

90%를 수확하고 있다. 뿐만 아니라 남해안의 평균 수온상승과 더불어 유생발생 적정수온이 오랫동안 유지되면서 최근 2년간 수확량이 급격하게 증가하였다고 할 수 있다(Fig. 25).

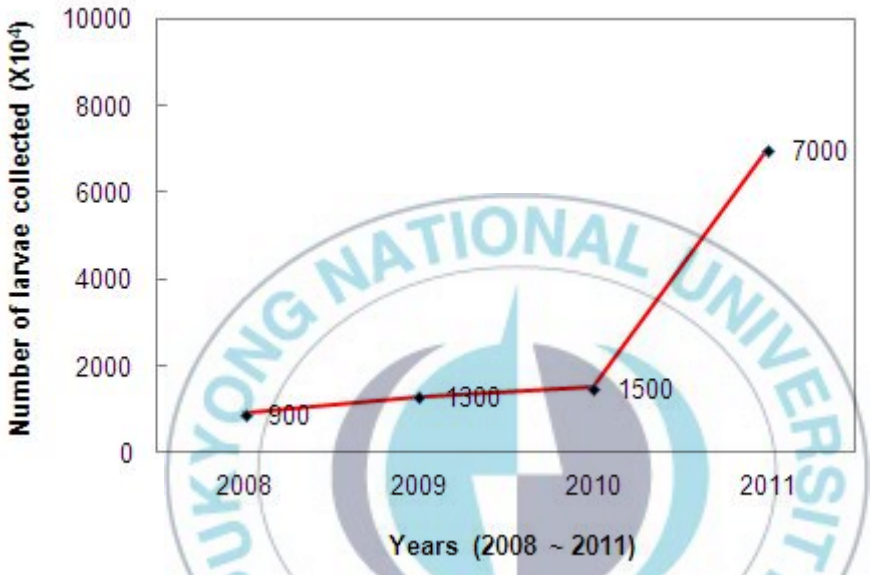

Fig. 25. Larvae production in Fisheries Science & Technology Center, PKNU since 2008.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

4.2 인공종묘생산

해산 갯지렁이 성체의 산란이나 난 성숙도는 일반적으로 20℃ 이상의 고온에서 이루어지기 때문에 자연 상태에서의 산란시기 또는 재생산 시기는 보통 초여름에 시작된다(한국해양연구소, 1989). 吉田 (1976)은 석충의 경우 동절기에도 20℃이상의 고온을 유지해 주면 난 성숙이나 산란시기를 앞당길 수도 있다고 발표하였으며 이외에도 Clark (1979), Smith (1976)와 Olive (1984) 등 수온이 산란과 관계가 매우 깊다는 것을 언급하였으며 특히 실험실내에서 수온을 상승시켜 보다 빠른 산란시기를 가져왔음을 보고하였다. 하지만 기존의 수많은 보고에 불구하고 이를 산업적으로 적용한 사례는 찾아 볼 수 없었다. 물론 청충(*Perinereis. aibuhitensis*) 의 성성숙 및 산란에 대한 국내연구(과학기술처, 1990)가 있었고, 일본 Shikoku내 석충(*Perinereis nuntia*)양식장에서는 수정란을 임의의 수온 15℃ ~ 20℃에서 부화시켜 양식을 하고 있다. 하지만 그 종이 *Perinereis* 및 *Nereis* 등으로 국한되어 있으며 *M. sanguinea*에 대한 연구는 현재까지 없었다. 따라서 2011년 10월부터 2012년 1월까지의 100일간의 수온조절을 통해 부경대학교 수산과학기술센터에서 인공종묘생산을 시도한 결과 성공적으로 유생을 생산하였다. 수온이 20℃에 이른 후 18일후에 방정이 시작되었으며 그로부터 5일 뒤에 유생이 출현하였다. Prevedelli (2002)는 바위털갯지렁이가 서식공 내에서 난을 산란하고 부화 후에 담륜자 시기의 유생을 방출시킨다고 보고하였다. 따라서 최초 방정이 있은 후 5일만에 유생이 출현하였으므로 바이털갯지렁이 유생은 방정 후 5일안에 수정이 되어 담륜자의 형태를 갖추고 적절한 외부환경이 조성되었을 때 모충에 의해서 서식공 밖으로 방출되는 것으로 판단된다. 인공종묘생산 기간동안 생산한 유생의 총 수는 1270만미였다. 하지만 2011년 자연수온에 의해 발생한 유생과의 크기비교를 통해 2012년 유생이 좀 더 작은 것을 알 수 있었다. 이러한 이유는 수온조절에 의해 유생의 미성숙이나, 과성숙 때문인 것으로 생각된다. 또한 생산 후기로 갈 수 록 유생의 생존율은 더욱 하락하였다. 따라서 수온조

절에 따른 유생의 조기 생산 및 생산 증대는 가능 한 것으로 판단되나 이가 모충과 유생에 미치는 생리학적 영향에 대해서는 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 인공종묘생산 기간에 사육수조내의 수질은 안정적이었다. 일조량과 유생 출현 양상은 그 패턴이 유사하게 나타났으나 조석은 불규칙하였다. 하지만 COD값과는 어느 정도 그 패턴이 일치(Fig. 26)하였으므로 사육수내의 유기물 함량과 유생 출현양상에 대해서 차후에 검토가 필요할 것으로 사료된다.

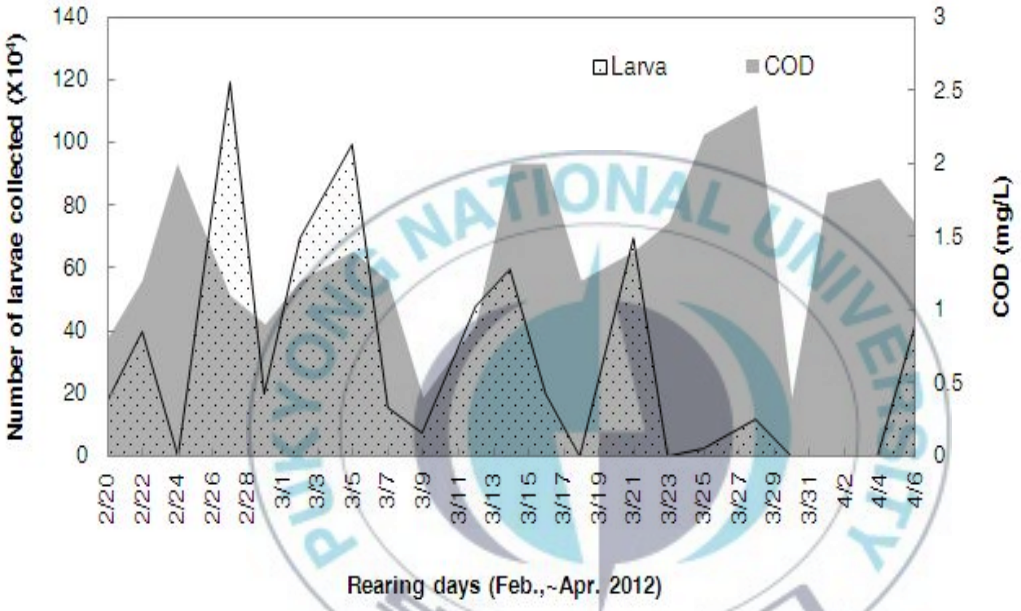

Fig. 26. Number of larvae collected (spot) and variation of COD (dark) during artificial seed production in 2012.

4.3 초기 사육 환경 조건

바위털갯지렁이에 대한 사육연구는 kanagawa현 수산시험장에서 Imai가 처음 시도하여 여러 가지 사육에 대한 문제점 등을 밝혀냈으나 이러한 내용은 모충에 국한 된 것이었다. 또한 국내에서는 치충 사육 시 성장에 미치는 환경요인에 대해 김(2008)이 보고하였으나 유생에 대한 자료는 전무하다. 바위털갯지렁이의 담륜자시기(Trochopore)는 전체 생산량에 큰 영향을 미친다. 수정이후 유영하게 되는 담륜자시기는 최대 7 일간 계속되며 이 시기로 인한 사망률이 극히 높아 바위털갯지렁이 대량생산의 주 실패 원인으로 파악되고 있다. 따라서 본 연구에서 실시한 기초 실험은 유생의 착저시간을 줄이고 빠른 성장을 유도할 수 있는 환경을 제공함으로써 전체 생산량 증대를 목표로 하였다.

수온은 수산 생물의 환경 조건 중에서 가장 기본적이며 중요한 요인 중의 하나이다. 동일종에서도 각 성장 단계별에 대응하는 호적수온은 다르다. 또 수온의 높고 낮음이 생리적으로 섭이와 호흡 및 성장에도 영향을 끼치고 있다. 본 실험에서 2011년 수온 실험 결과 생존율이 가장 우수한 구간은 20℃였다. 따라서 모든 실험구의 수온을 최적온도인 20℃로 설정하고 다음 실험들을 진행하였다. 2011년 종묘생산 시기에 해적생물로 인해 전체 생산량이 현저하게 낮게 나타났다. 이러한 해적 생물은 종묘생산 시기에 큰 문제점으로 대두되고 있다. 따라서 해적생물의 유입과 번식을 제어하기 위해 멸균 처리한 해수와 멤브레인 필터로 여과한 해수를 비교하였다. 두 실험구 모두 유사한 생존율과 성장률을 보여 주었다. 따라서 많은 시간과 비용이 드는 Autoclave 처리보다 간단하게 여과할 수 있는 필터 방법이 더 효과적이다. 최적 수온과 적정 해수를 이용해 계속해서 실험을 진행하였다. 해산 갯지렁이는 대부분 퇴적물속에 서식굴을 파고 사는 생물이므로 사육시 퇴적물이 필요하며 대개의 경우 관리의 용이성을 고려하여 현장의 퇴적물 조성과는 달리 주로 가는 모래나 굵은 모래 또는 자갈을 혼합하여 갯지렁이 서식지 기질로 제공하고 있다(한국해양

연구소, 1989). 국내에서 바위털갯지렁이 치충사육에 적합한 기질에 대해서 김(2008)은 ∅0.5 mm 모래 기질의 실험구의 잠입률이 가장 높았고, ∅0.5~1 mm인 실험구에서 가장 낮았다고 보고하였다. 하지만 이 역시 유생사육에 적합한 내용이 아니라 치충에 관한 보고였기 때문에 유생을 위한 적정 기질조사는 꼭 필요한 부분이었다. 따라서 본 실험 결과 기질 A가 가장 적합한 기질로 선정되었다. 최적 기질은 담륜자유생의 착저시간을 단축시키고 절약된 에너지를 성장에 이용할 수 있도록 하여 빠른 성장 및 높은 생존율을 유도한다. 이 같은 결과는 밀도 실험에서 다시 증명되었다. 밀도가 높은 실험구의 유생들은 낮은 실험구의 유생들보다 착저하는데 필요한 시간이 증가하였고 이는 곧 성장 및 생존율의 저하를 야기했다. 특히 1,000 마리/9.65 ㎠ 구간은 죽은 개체가 발생하자 수질 환경이 급격히 나빠져 짧은 시간 안에 폐사를 불러왔다. 고밀도로 수용하는 경우 치충 단계에서 서식굴이나 먹이에 대해서 서로 심한 경쟁으로 싸움이 일어나 상처를 입거나 공식현상이 발생 하게 되므로 생존율이 하락하는 원인이 되기도 한다. 치충에 대한 적정 밀도에 대해서도 아직 보고가 없음으로 앞으로 이에 대한 실험도 필요할 것으로 생각된다. 종묘생산을 위해서는 부화 유생기의 적정 먹이원 선정이 매우 중요하다. 대부분의 참갯지렁이과(Fam. *Nereidae*)에 속하는 *Nereis pelagica*, *N. grubei* 등은 잡식성을 보이고, *Perinereis cultifera*는 해조류를 먹는 초식성을, 석충 (*Perinereis nuntia*)은 육식성에 편중한 잡식성으로 보고되었다(Yoshida, 1984). 일본의 석충 양식장에서 뱀장어용 배합 사료를 분말상태로 투여해 섭식 효율이 80% 이상이라고 보고 된 것 외 에는 해산 갯지렁이의 유생에 대한 적정 먹이원 보고는 아직까지 없다. 현재 양식 대상 동물이 요구하는 먹이를 대별해 보아 식물성 플랑크톤과 동물플랑크톤 그리고 사료를 이용하여 실험을 진행하였다. 유생 발생 6일차 까지는 먹이를 주지 않은 실험구와 먹이를 준 타 실험구와의 유의한 차이를 찾아볼 수가 없었다($P>0.05$). 따라서 악치가 완벽히 형성되기까지는 별다른 먹이의 공급 없이 유생을 관리하는 것이 나을 것으로 사료된다. 불필요한 먹이 공

급은 수질유지에 해가 될 수 있으며, 인력과 시간을 낭비하게 된다. 따라서 악치와 장이 완성 되는 7일차를 기인하여 5~15일까지는 탈각 알테미아를 공급해 수질의 악화를 방지하고 보름이후 사료를 적정량 주는 것이 가장 적절할 것으로 판단된다. 또한 18일령에서의 높은 성장과 생존율을 보인 사료 실험구의 결과로 볼 때 바위털갯지렁이 유생의 사육은 각종 해산어류용 배합사료에 의해서도 가능 할 것이라 판단된다. 위 결과를 바탕으로 유생을 사육한 결과 Metatrochophore 단계는 이틀 빠르게 진행되었고 Juvenile 단계는 일주일이나 빠르게 발달되어 기존의 보고(Prevedelli et al., 2007)보다 좀 더 빠른 형태적 발달을 유도하게 되었다. 또한 이들의 행동학에서 Metatrochophore 단계까지 유생은 서식관을 가지지 않는다하였으나 본 실험에서 유생은 기질A를 이용하여 1일차 이후부터 점액질 서식관을 형성하는 것으로 관찰되었다(Fig. 27). 실험결과를 바탕으로 Fig. 28와 같은 초기 유생 사육 방법을 모식화 하였다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

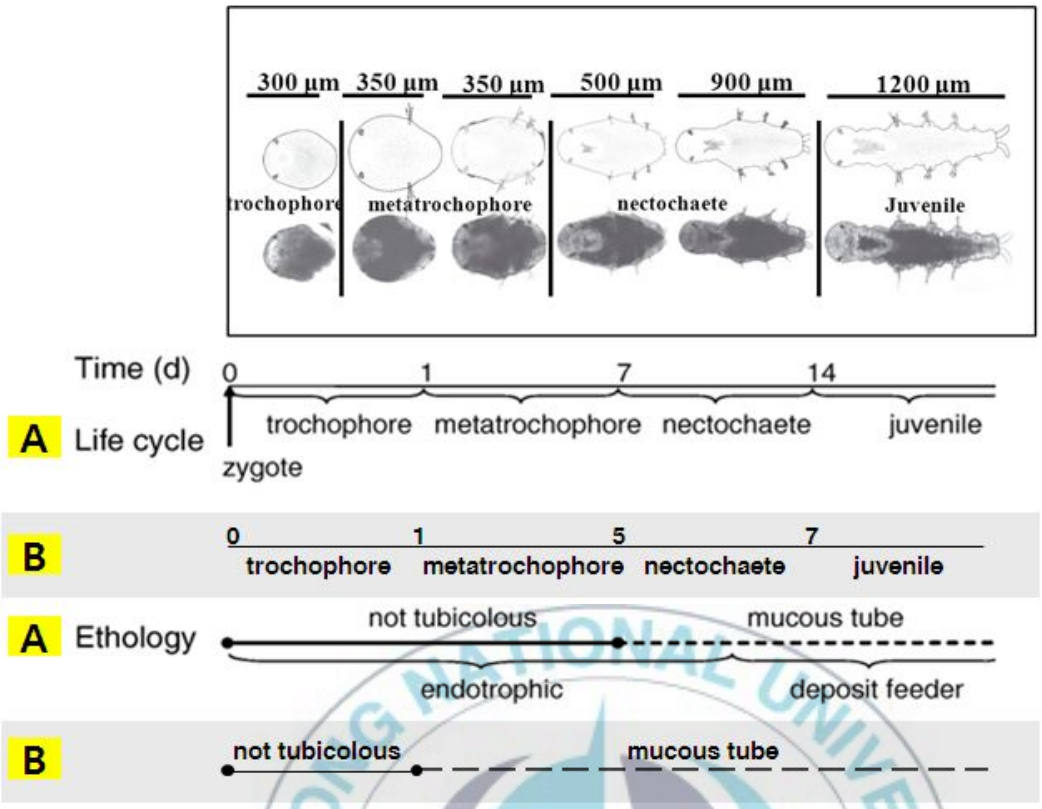

Fig. 27. Comparisons of life cycle and ethology between A (Prevedelli et al., Marine Ecology 28, 2007) and B (Early growth stages reared in Fisheries Science & Technology Center, PKNU).

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

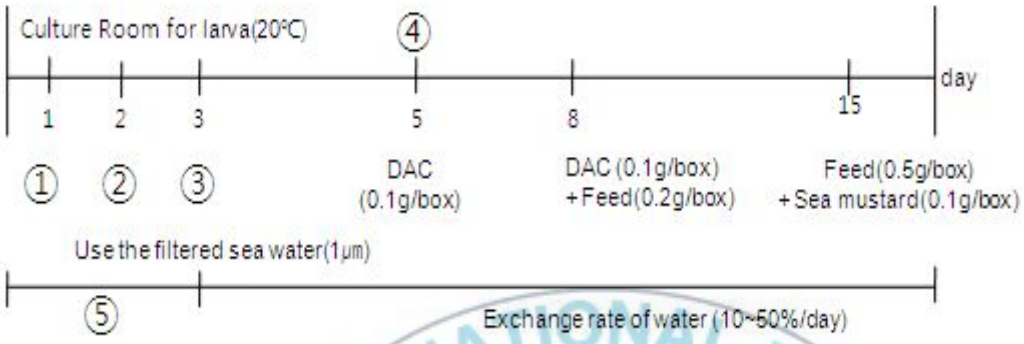

Fig. 28. Rearing system for early larvae to juveniles of *M.sanguinea.* ①: Collected the larvae, ②: Removed the pirate organism, ③: Be finished Infiltration of larvae, ④: Transfer the larvae in rearing box, ⑤: Exchange rate of water (50%/day), DAC: Decapsulated *Artemia* Cysts

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

5. 요 약

바위털갯지렁이의 대량생산에서 가장 큰 문제점은 초기 유생단계의 높은 폐사율이다. 따라서 본 연구는 바위털갯지렁이 대량생산을 위하여 인공종묘생산을 통한 초기 사육기법 개발을 목표로 수행되었다.

자연수온에서 유생의 출현 수온은 18~23℃범위였으며, 일조량이 8시간 이상 되었을 때와 사리일 때 그 양이 증가하였다. 인공종묘생산 결과 모충 사육장 수온이 20℃에 이른 후 18일령에 방정이 시작되었으며 그로부터 5일후 유생이 최초 출현하였다. 50일간 출현한 유생의 수는 총 1270만미였다. 이 종묘를 이용하여 바위털갯지렁이 유생의 생존율 향상을 위한 사육환경 실험을 실시하였다. 유생 사육 호적온도는 20℃로 나타났다. 적정 사육수는 Autoclave 로 멸균 한 것과 여과한 해수의 유의한 차이가 없었다. 사육기질은 기질A(특허출원중)가 가장 효과 적이었다. 기질에 따른 빠른 잠입시간은 곧 빠른 성장을 보여주었다. 최종 생존율 또한 92%로 높게 나타났다. 가장 적합한 사육밀도는 10~40 마리/㎠ 였다. 먹이실험에서 탈각알테미아가 가장 높은 성장과 생존율을 나타냈다. 탈각알테미아를 먹이로 준 실험구의 생존율은 61%였으며 사료실험구는 52%였다. 일간 성장률은 사료를 먹이로 준 실험구가 7.46%로 가장 높았으며 다음으로 탈각 알테미아가 6.49% 였다.

위 실험결과를 바탕으로 사육한 결과 이전 보고된 바위털갯지렁이 유생의 형태적 특성(Prevedelli et al., 2007) 보다 좀 더 빠른 발달양상과 높은 생존율을 보여주었다.

참고 문헌

Alexander, B. and V. Anna. 2005. Muscular system in polychaetes (Annelida). Hydrobiologia, 535/536, 113-126.

Morales-Caselles, C., C. Lewis., I. Riba., T.A. Delvalls and T. Galloway. 2009. A multibiomarker approach using the polychaete *Arenicola marina* to assess oil-contamianted sediments. Environ. Sci. pollut. Res., 16, 618-629.

Cassai, C. and D. Prevedelli. 1998a. Reproductive effort, fecundity and energy allocation in two species of the genus *Perinereis* (Polychaeta: Nereididae). Invert. Reprod. Dev., 34 (2-3), 125-131.

Cassai, C. and D. Prevedelli. 1998b. Reproductive effort, fecundity and energy allocation in two species of the genus *Perinereis* (Polychaeta: Nereididae). Invert. Reprod. Dev., 34 (2-3), 133-138.

Cohen, R.A. and J.A. Pechenik. 1999. Relationship between sediment organic content, metamorphosis, and postlarval performance in the deposit-feeding polychaete *Capitella* sp I. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 240, 1–18.

Imai, T. 1975. On the development and the spawning behaviour of polychaete worm, *Marphysa sanguinea*. Aquiculture, 23 (1), 14-20.

Imai, T. 1976. On the growth of polychaete worm, *Marphysa sanguinea*. Aquiculture, 24 (2), 61-67.

Imai, T. 1981. Feeding and excreting of *Marphysa sanguinea* (Montagu) Annelida Polychaeta. Bull. Kanagawa Pref. Fish. Exp., St. 3, 9-14.

Imai, T. 1982. The early development and breeding of *Marphysa sanguinea* (Montagu). Benthos Res., 23, 36-41.

Grassle, J.F. and J.P. Grassle. 1974. Opportunistic life histories and genetic systems marine benthic polychaetes. J. Mar. Res., 32, 253−284.

Grassle, J.P., Grassle, J.F. 1976. Sibling species in the marine pollution indicator *Capitella* (polychaeta). Sience, 192, 567−569.

Lewis, Ceri. and P. Karageorogopoulos. 2008. A new species of *Marphysa* (Eunicidae) from the Western Cape of South Africa. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 88 (2), 277-287.

Liu, Y., W. Xian and S.C. Sun. 2009. Metabolism of polychaete *Neanthes japonica* Izuka: relations to temperature, salinity and body weight. China. J. Oceanol. Limnol., 27 (2), 356-364.

Miura, A. 1977. Eunicid Polychaetous Annelids from Japan-II. La mer. Tome., 15(2), 74−76.

Ushakova, O.O. and O.L. Saranchova. 2003. Changes in resistance to salinity and temperature in some species of polychaetes from the White Sea in early ontogenesis. Russian. J. Mar. Biolo., 29(4), 236-241.

Paik, E.I. 1972. The polychaetous annelids in Korea (I). Bull. Korean Fish. Soc., 5 (4), 128−136.

Paik, E.I. 1973a. The polychaetous annelids in Korea (II). Description of *Nectoneanthes latipoda*. Bull. Korean Fish. Soc., 6 (1,2), 81−84.

Paik, E.I. 1973b. Some benthic polychaetous annelids from the Yellow Sea. Bull. Korean Fish. Soc. 6 (3,4), 123−131.

Paik, E.I. 1975. Taxanomic evaluation of two varieties of *Perinereis nuntia*, *P. nuntiavar*. vallate (Grube,1875) and P. nuntiavar. brevicirris (Grube,1875). Bull. Korean Fish. Soc. 8 (4), 242−244.

Paik, E.I. 1980. Polychaetous annelids growing in oyster farms. Bull. Korean Fish. Soc., 13 (1), 33−44.

Pajand, Z., H. Parandavar., R. Rufchai., K. Hadadi Moghadam and F. Chubian. 2008. Study of possibility of reproduction and mass culture of Nereis diversicolor International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Research Organization. 1-73.

Prevedelli, D. 2007. Life cycle of *Marphysa sanguinea* (Polychaeta:Eunicidae) in the Venice Lagoon (Italy) Mar. Ecol., 28 (3), 384-393.

Prevedelli, D. and R. Simonini. 2003. Life cycles in brackish habitats: adaptive

strategies of some polychaetaes from Venice lagoon. Oceanol. Acta., 26 (1), 77-84.

Zhou, J., X. Chen., Z. Lin and H. Yu. 1996. Artificial rearing of *Marphysa sanguinea*. J. Zhejijiang Coll. Fish, 15 (3), 197-200.

강경호, 김재민, 이윤형. 2000. 바위털갯지렁이, *Marphysa sanguinea*의 육상수조식 양식을 위한 서식 생태학적 연구. 여수대 수산과학연구소 논문집 9, 114−121.

강경호, 이재학, 유성규, 장영진. 1997a. 실험실 사육에 의한 두토막눈썹참갯지렁이, *Perinereis aibuhitensis* (Grube)의 저질 선택성과 굴의 형태. 한수지 30, 634−639.

강경호, 이재학, 장영진, 유성규. 1997b. 수조사육에 의한 청충, *Perinereis aibuhitensis* (Grube)의 산란과 난 발생. 한국 양식학회지 10, 17−24.

강경호. 1992. 두토막눈섭참갯지렁이, *Perinereis aibuhitensis* (Grube)의 養殖을 위한 基礎硏究. 부산 수산대 대학원 박사 학위논문. 91 pp.

今井利爲. 1975. イワムシ *Marphysa sanguinea* (Montagu) の産卵と初期形態について. 水産增殖 23, 14−20.

今井利爲. 1981. イワムシ *Marphysa sanguinea* (Montagu) の攝餌と排泄ついて. 神水試硏報 3, 9−14.

김창훈, 장성욱. 2008. 바위털갯지렁이 *Marphysa sanguinea*의 인공종묘생산에 미치는 사육환경의 영향. 한국 양식학회지 21 (1), 34-40.

농림수산식품부. 2011. 수산물수출입통계연보. 5-282.

백의인. 1989. 한국동식물도감 동물편 (갯지렁이류). 한국동식물도감. 문교부. 서울시 동작구. pp. 424−425.

田中邦三. 1972. イワムシ養殖の話. 漁村, 38(7), 49−52.

韓國海洋硏究所. 1990. 해산 갯지렁이 자원조사 및 사육기법 개발, 136 pp.

해양수산부. 2000. 서해 특산 다모류로 부터 유용신물질의 특성 및 응용성 연구. pp. 311-479.

허철회. 2010. 바위털갯지렁이, *Marphysa sanguinea*의 유생발달과 기질에 따른 치충의 성장. 부산 부경대학교 대학원 석사 학위논문. 42 pp.