

# 해삼 양식 기술개발

Development of culture technique of  
Sea cucumber, *Stichopus japonicus*

2006. 8

주관연구기관 : 국립수산과학원 서해수산연구소

협동연구기관 : 인천지방해양수산청 수산관리과

해 양 수 산 부

## 제 출 문

해양수산부 장관 귀하

본 보고서를 “해삼 양식 기술개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2006년 8월 일

주관연구기관명 : 국립수산과학원 서해수산연구소

총괄연구책임자 : 박 영 제

세부연구책임자 : 박 광 재

연구원 : 전 제 천, 조 기 채

임 현 정, 이 종 윤

강 희 용, 강 덕 영

이 진 호, 손 상 규

이 두 석, 심 길 보

송 홍 인, 송 기 철

이영돈(제주대학교)

최상덕(전남대학교)

김용덕(연안수산)

협동연구기관명 : 인천지방해양수산청

협동연구책임자 : 노 한 철

연구원 : 박 승, 김 아 영

이 동 일, 양 광 희

이 상 철, 이 희 천

김 운 학, 이 의 진

이 동 호

연구보조원 : 김 수 경, 김 애 향

한 성 기, 김 은 진

# 요 약 문

## I. 제 목

해삼 양식 기술개발

## II. 양식 기술개발의 목적 및 중요성

극피동물인 해삼(*Stichopus japonicus*)은 순수목(Aspidochirotida), 돌기해삼과(Stichopodidae), 돌기해삼속(*Stichopus*)에 속한다. 해삼류는 전 세계적으로 1,500여종 정도가 있으며, 국내에서는 약 14종이 서식하는 것으로 알려지고 있다.

해삼은 우리나라의 전 연안에 분포하며, 분포수역은 주로 외해수의 영향을 받는 곳이다. 국외에서는 북동태평양 전역에 분포하며, 연해주, 사할린, 알래스카 연안부터 홋카이도, 일본열도, 황해, 발해만, 동지나해 등의 연안 수심 0~40 m에서 광범위하게 분포하고 있다.

최근 전 세계적으로 건강 및 웰빙(well-being)에 대한 관심이 높아지고 있는 가운데 우리나라를 비롯한 중국과 일본 등 동양권에서는 해삼이 바다의 인삼과 같은 최고의 스테미나 식품으로 그 인기가 날로 높아가고 있으며, 건강 및 약용식품으로도 수요가 날로 증가하고 있다.

이 때문에 해양수산부에서는 해삼을 우리나라의 8대 국민기호 수산물 중의 하나로 지정하였으며 전복, 가리비 등과 함께 동물사료 의존도가 낮은 차세대 환경친화적 청정 양식 수산물로 중요시하고 있다.

이를 가능케 하는 요인은 첫 번째, 바다의 인삼으로 불리는 웰빙(well-being) 보양성. 두 번째, 외해수의 영향을 받는 깨끗한 곳에 서식하는 청정성. 세 번째, 자연의 순수 해조류 등을 먹이로 양식하는 친환경성. 네 번째, 대량 생산시 다양한 형태의 제품으로 가공할 수 저장성, 다섯 번째, 기존 양식시설의 재활용이 가능한 경제성 등이다.

해삼 양식은 전 세계적으로 극동지역인 한국과 중국, 일본에서 주로 이루어지고 있다. 한국의 경우는 2003년까지는 연간 20만 마리 내외로 소량의 해삼 인공종묘를 생산하여 자원조성용으로 어촌계 공동어장에 방류하여 왔지만 매년 자연 자원량이 감소하고 있다. 일본의 경우도 해삼 자원량이 1970년대 이후 크게 감소하고 있어 자율관리에 의한 자원회복 계획을 추진하고 있으며, 자원조성을 위한 인공 종묘의 대량방류에 중점을 두고 있다. 중국의 경우는 해삼을 지극히 좋아하는 국민 식성으로 경제발전과 함께 소비량이 급격히 증가함에 따라 인공종묘생산과 양식기술이 비약적으로 발전하고

있으며, 2005년에는 연간 인공종묘 생산량이 218억 마리, 양식 생산량이 10만톤 내외에 이르는 거대산업으로 발전하고 있다.

중국의 해삼양식 발전에 자극을 받아 국내에서는 어류 등의 대체 양식품종으로 해삼 양식 기술개발 요구가 급증하고 있다.

해삼 양식을 조기에 산업화로 정착시키기 위해서는 대량 인공 종묘생산 기술개발과 동시에 어업인에 대한 신속한 기술이전이 필요하며, 양식 산업화 개발기간 단축을 위해서는 육상수조 양식 및 축제식 양식, 씨뿌림 양식 등의 기술개발이 동시에 추진되어야만 한다.

따라서 본 연구에서는 해삼양식 산업화 정착을 위해 한국형 인공종묘 대량생산 기술개발을 통한 양식용 종묘의 완전자급화와 육상수조 양식 및 축제식 양식, 씨뿌림 양식 등의 산업화 기초기술을 개발하고자 하였다.

### III. 해삼 양식 기술개발 내용 및 범위

#### 1. 인공종묘 대량생산 기술개발

해삼 인공종묘 대량생산 기술개발은 전남 완도의 개인 양식장(Y수산)에서 중국식 방법에 비해 종묘생산 비용 절감이 가능한 한국형 대량 종묘생산 기술을 적용하였다. 본 방법은 채란용 어미의 암컷과 수컷을 분리시켜 다중 수정을 방지하면서 수정률과 부화율을 향상시키고 적정량을 채란하여 어미 사용량을 중국방식에 비해 20% 수준으로 낮춰 어미 구입 및 관리비용을 절감하였다.

유생사육을 위한 먹이생물 배양은 유생의 성장과 생존율 향상이 가능한 최적의 식물플랑크톤(*Chaetoceros simplex*, *Pavlova lutheri*, *Isochrysis galbana*) 먹이를 유생 사육량에 따라 직접 배양하여 공급하였으며, 부착기에 도달한 유생을 전복 파판(PE 30×30 cm)을 이용하여 채묘하였다. 이후 지충이(*Sargassum thunbergii*) 등의 해조류 즙을 발효시킨 먹이를 공급하는 대량 생산기술을 개발하는 한편, 본 기술을 적용하여 국내 최초로 홍해삼의 인공종묘 생산에도 성공하였다.

#### 2. 육상수조식 양식 기술개발

육상수조식 양식 기술개발에서 해삼 단독양식 시험은 서해수산연구소(인천시 을왕동) 생물사육동에서 은신처 등의 시설물을 조성한 후 적정 수용밀도와 먹이별 사육시험을 실

시하였고, 전북과 해삼의 복합양식 시험은 전남 완도의 Y수산에서 단독양식 시험과 같은 방법으로 실시하였다. 또한 수온조절에 의한 월하방안 및 양식의 경제성 분석을 실시하였다.

### 3. 축제식 양식 기술개발

축제식 양식 기술개발은 인천광역시 영흥도 소재 축제식 양식장에서 은신처 등의 시설물을 조성하고 적정 수용밀도별 성장도와 송어·해삼의 복합양식, 생물 간의 경쟁관계, 축제식 수질 및 저질 정화효과와 경제성을 분석하였다.

### 4. 씨뿌림 양식 기술개발

씨뿌림 양식 기술개발은 충남 태안군 안면도 연안에 종묘를 씨뿌림하여 성장도와 생존율 및 경제성 분석을 실시하였다. 또한 서해안 해삼의 배우자 형성과정과 생식주기를 조사하여 산란기를 구명하였다.

### 5. 양식 기술개발의 산업화 유도

해삼양식을 조기에 산업화로 유도하기 위하여 종묘생산 기술개발과 동시에 어업인에 대한 기술이전을 실시하였으며, 종묘생산 업체와의 사랑방 좌담회를 비롯하여, 해삼양식 연구회를 창립하고, 해삼양식 기술개발에 관한 발표회 및 세미나 개최, 중국 및 국내 행정기관의 해삼양식 기술개발 소개, 종묘생산 및 양식 어업인의 의견수렴, 현장 방문 기술지도와 실습, 인터넷, 전화, 방송 및 수산관련 기술지 등의 홍보매체를 통한 기술이전을 실시하였다.

## IV. 해삼 양식 기술개발 결과

### 1. 인공종묘 대량생산 기술개발

본 과제 수행 이전인 2003년의 국내 해삼 인공종묘 생산량은 20만 마리에 불과하였으나 한국형 인공종묘 대량생산 기술개발로 2006년에는 전장 3cm 내외기준으로 약 3,000만 마리 내외의 해삼종묘가 양식어가를 통해 생산되어 국내 양식용 종묘 수요의 완전 자급화를 이루는 한편 중국산 종묘 수입이 현저히 감소되었다. 2004년에는 본 기술을 적용하여 국내 최초로 홍해삼의 대량 인공종묘 생산에 성공하였으며, 이를 통해 2005년에는 150만

마리의 홍해삼 인공종묘가 민간에서 생산되었다.

기존의 종묘생산 기술은 암·수 혼합채란으로 다량의 어미가 사용되어 우량 유생확보가 곤란하고 채묘비용이 과다하게 소요되었으며, 다중 수정으로 인해 채묘의 성공률이 저하되었다. 또한 자연광에 의해 파관에 부착된 규조류만을 먹이로 공급하여 먹이부족에 의한 대량생산이 어려웠다.

새로 개발된 한국형 인공 종묘생산 기술은 성숙된 채란용 어미의 암컷과 수컷을 분리시킨 선별채란으로 다중 수정을 방지하면서 수정률과 부화율을 향상시키고 적정량만을 채란하도록 하여 어미 사용량을 중국 방식에 비해 20% 수준으로 낮추어 경제성을 실현하였다. 암컷 1마리의 평균 산란량은 약 402만 개였으며, 유생사육을 위한 먹이생물 배양은 3종의 식물플랑크톤(*Chaetoceros simplex*, *Pavlova lutheri*, *Isochrysis galbana*)을 유생 사육량에 따라 직접 배양하여 공급하였다. 유생사육 이후 부착기 유생은 전북 파판(PE 30×30 cm)에 자연 부착된 규조류를 먹이로 하여 채묘한 다음, 채묘 후 6일째까지는 인공 사육된 규조류(*Chaetoceros calcitrans*, *Pavlova lutheri*, *Isochrysis galbana*)를 함께 공급하면서 최적의 건강종묘로 육성시켰다. 이후부터는 실내를 1,500~2,000룩스 내외로 유지하여 자연부착 규조류를 파판에서 적당히 육성시키면서 고밀도 사육에 따른 먹이부족을 해소하기 위해 지층이 등 해조류의 분쇄 발효액을 해수에 녹여 먹이로 공급하여 고밀도 사육이 가능하도록 하였다. 파판에서 전장 0.5 cm 이상 크기의 새끼 해삼 부착밀도는 기존 방법의 경우 평균 20마리 내외 수준이었으나 본 연구에서는 100마리 내외로 5배 이상 증가시켰다.

## 2. 육상수조식 양식 기술개발

### 가. 해삼 단독양식

육상수조식 양식 기술개발에서 해삼 단독양식은 전북 셀터로 은신처를 조성하여 100L 수조에 6종류의 먹이별 실험을 실시하였다.

먹이별 실험에서는 미역, 다시마와 *Bacillus*균을 혼합하여 발효시킨 후 즙을 공급함으로써 해삼의 성장도를 증진시킬 수 있었으며, 개체 간의 변이가 적어 해삼 실내 사육에 있어 효율적인 먹이로 여겨진다. 해삼 단독양식에서 당년산(채묘 후 5개월)의 성장은 2005년 6월에 채묘된 새끼해삼 중 고성장 그룹(채묘된 새끼해삼 총량의 30% 이내)을 선발하여 10월부터 2006년 6월까지 성장시킨 결과 입식(100마리/m<sup>3</sup>)시 전장 5.6 cm, 전중량 8.6 g에서 2006년 6월에는 전장 8.6 cm, 전중량 40.2 g으로 성장하였다. 이 기간 중 전장과 전중량

은 12월 이후 2월까지는 소폭으로 감소하였다가 3월 이후 급격히 증가하였다. 해삼은 저수온기가 끝나가는 2월 하순부터 3월까지 폐사율이 가장 높게 나타났으며, 6월까지의 최종 생존율은 56.0%로 겨울철 저수온기의 가온사육이 필요한 것으로 나타났다.

#### 나. 해삼과 전복의 복합양식

해삼과 1년생 전복의 복합양식에서 해삼의 성장은 2005년 10월에 전장 5.8 cm, 전중량 9.1 g이던 것이 2006년 6월에 10.1 cm, 52.9 g으로 성장하였다. 해삼과 당년생 전복의 복합양식에서 해삼의 성장은 2006년 6월에 9.4 cm, 47.4 g으로 성장하여 크기가 작은 당년생 전복보다는 개체가 큰 1년생 전복과의 복합양식에서 성장이 빠른 것으로 나타났다.

#### 다. 해삼의 월하방안 연구

해삼의 월하를 위해 냉각기를 이용한 수온조절로 고수온기인 여름철에 20℃ 이하를 유지할 경우 체중 감소를 최소화시키면서 월하가 가능한 것으로 나타났다. 해삼과 전복의 복합양식에서 전복 먹이인 다시마를 공급하고 해삼의 먹이는 따로 공급하지 않았어도 해삼의 성장과 생존율이 양호하게 나타났다.

### 3. 축제식 양식 기술개발

축제식 양식장의 연중 수온은 1월에 0.42℃, 8월에 29.03℃로 각각 최저와 최고치를 나타내었다. 축제식 양식에서 가두리 양식시험의 부착기질로 페그물과 전복 셀터 2가지를 사용하였다. 기질별 부착밀도는 페그물에서 부착밀도가 높고 전복 셀터는 펄과 부니에 묻혀 부착량이 극히 적었다.

축제식 가두리 양식의 월간 성장도는 4~6월에 월평균 12g의 성장을 보이다가 7~8월의 고수온기에는 21.7%의 체중 감량을 보인 후, 9~11월에 월평균 20g 이상의 높은 성장도를 나타내었다. 가두리 양식에서 밀도별 시험 결과, 생존율은 50마리 시험구가 28.0%로 가장 높게 나타났고, 밀도가 높을수록 생존율이 낮았다. 한편, 밀도가 높은 80마리 시험구에서는 시험 초기 1개월 이내에 50% 이상이 폐사되었고, 폐사에 의해 밀도가 낮아지면서 성장도는 50마리 시험구보다 오히려 높게 나타났다.

해삼과 송어의 복합양식에서 6월 30일 송어 종묘(평균 전장 5.76 cm, 체중 2.9 g)를 입식한 후 시험 종료일인 12월까지 성장은 평균 전장 17.45 cm, 평균 체중 77.3 g으로 정상적인 성장을 보였고, 해삼의 성장은 108.7 g으로 대조구에 비해 10.3 g의 높은 성장

도를 보였으나, 생존율은 8.3%로 대조구의 13.7%에 비해 크게 낮았다.

축제식 해삼양식에서 송어와의 복합양식 먹이 경쟁관계는 송어가 섭취하지 못하고 남은 사료찌꺼기, 배설물 등을 해삼이 섭취한 결과 성장은 약간 높게 나타났다. 그러나 저질 환경은 강열감량 및 황화물, COD 값이 대조구에 비해 2~3배 높았고, 해수 교환이 불량한 상태에서 시간이 경과할수록 저질오염이 진행되었으며, 해삼에 의한 저질정화능력을 초과하면서 해삼의 생존율은 8.3%로 극히 낮았다. 따라서 축제식 양식장에서 해수교환이 불량할 경우 발생된 오염원에 의해 해삼의 생존율이 크게 낮아지는 것으로 보아 적지선정에 세심한 주의가 필요하다.

바닥 축제식 양식에서 4개월간의 부착기질별 성장은 돌무덤은 33.45 g, 생존율 31.8%로 가장 높았고, 다음으로 폐그물, 쌀포대, 파이프 순이었다. 먹이 투여구와 비투여구의 성장도는 사료 투여구에서 체중은 34.08 g, 비투여구는 32.95 g으로 투여구에서 높았으나 생존율에서는 별 차이가 없는 점으로 보아 해수 교환능력과 저질조건 등이 축제식 양식장의 적지선정에 중요한 요소로 여겨졌다.

축제식 해삼양식의 성장은 2004년 1월 16일 전장 1.3~3.5 cm(0.27 g)의 종묘를 입식하여 시험종료 기간인 2006년 7월까지 2년 6개월간 양식한 결과, 평균 전장 19.9 cm, 평균 중량 245 g으로 성장하였고 생존율은 4.7%로 매우 낮았다.

축제식 해삼 양식장의 먹이공급은 해수 교환능력, 바닥 저질의 먹이생물 발생조건, 수질 및 저질의 오염여부, 질병과 경제성 등 양식장의 환경여건을 감안하여 공급량과 시기를 조절할 필요가 있으며, 자연적인 먹이발생이 빈약할 경우 대체로 수온이 안정된 봄과 가을의 주 성장기에 저질변화 상태를 점검하여 적정량의 먹이를 공급해 주는 것이 성장촉진에 도움이 될 것으로 판단된다. 또한 축제식에서 종묘크기는 대형종묘(전장 5 cm 이상)를 입식하는 것이 생존율 향상에 바람직한 것으로 여겨진다.

본 축제식 양식시험에서 해삼의 생존율이 낮았던 원인은 ①바다와 격리되어 해수 교환율이 낮은 기존의 소규모 새우 양식장을 활용한 적지조건의 부적정 ②바닥 양식장 조성의 부적정 ③기온과 수온이 연중 최저시기인 1월 중에 입식 ④축제식 양식에 적합하지 않은 어린 해삼종묘의 입식(전장 1.3~3.5 cm) ⑤고농도의 부유물질에 의한 광선 침투의 부족으로 축제식 저층의 먹이 해조류 및 규조류 발생 빈약 ⑥해수 교환능력 저하에 의한 저질오염 및 부니발생 ⑦저질부패를 우려한 사료공급 부재에 의한 먹이부족 등으로 여겨진다.

따라서 금후 축제식 양식에서 검토해야할 사항으로는 ①외해수가 직접 유출 가능하



고 바다에 면한 10,000 m<sup>2</sup> 이상(수심 2~3 m)의 수면적 확보 ②축제식 입식시기의 적정성(봄 입식 : 3~4월, 가을 입식 : 10~11월 이내) ③입식 종묘크기의 적정성(봄 입식 : 5~7 cm, 가을입식 당년생으로 4 cm 이상의 우량종묘 선택) ④부유물질 농도가 낮고 대량의 강우시 담수유입 우려가 적은 곳 ⑤저층에서 해조류 및 규조류의 자연번식이 가능한 곳 ⑥저질이 모래펄 및 자갈, 돌 등의 자연은신처가 확보된 곳 ⑦해수 교환이 용이하고 해삼의 사료 공급시 저질오염의 영향을 적게 받거나 침전물의 유출이 가능한 곳 등이다.

#### 4. 씨뿌림 양식 기술개발

씨뿌림 양식에서 해삼의 성장은 2004년 4월에 전장 2.9 cm, 전중량 2.0 g이던 것이 6월에 평균 38.9 g으로 성장하였다가 수온이 상승한 8월에는 22.5 g으로 크게 감소하였다. 이후 10월부터 점차 증가하다가 2005년 4월에는 48.5 g을 나타내었고 6월에는 95.1 g(70~130 g)으로 급격한 성장을 보였으며, 최종 생존율은 66.7%로 추정되었다. 따라서 성장이 부진하고 유전적으로 열악한 개체가 방류될 경우 생존율이 낮아지고 자연산과의 교배에 의해 생태환경을 열성화시킬 가능성이 있으므로 전장 4 cm 이상의 대형종묘의 씨뿌림이 바람직할 것으로 여겨진다. 밀도별 시험에서 1 m<sup>2</sup>당 1, 5, 10, 15, 20마리를 씨뿌림하여 시험한 결과 1 m<sup>2</sup>당 1마리의 저밀도 시험구에서는 전장 13.8 cm, 103.2 g으로 성장이 가장 빨랐고, 밀도가 높을수록 성장이 느리게 나타났으며, 적정 씨뿌림 밀도는 평균 전장 4 cm를 기준으로 8~10마리/m<sup>2</sup>로 여겨진다. 마을어장의 씨뿌림 양식은 자원조성 및 회복을 위해 중요할 뿐만 아니라 시설비 등의 비용이 적어 해삼 양식에서 가장 경제적이고 환경친화적인 양식방법인 것으로 평가된다.

한편, 서해안산 해삼의 배우자 형성과정과 생식주기를 조사한 결과 한국 서해안산 해삼의 주 산란기는 6월인 것으로 나타났다.

#### V. 양식 기술개발 결과의 활용계획

해삼 양식 기술개발 결과의 활용계획은 다음과 같다.

1. 본 연구에 의해 개발이 완료된 한국형 대량 인공종묘 생산기술의 신속한 이전에 의한 우량종묘의 완전 자급화와 저급한 중국산 종묘의 불법수입 및 중국인 종묘생산 기술자의 유입을 억제한다.

2. 국내 최초로 홍해삼 인공종묘생산 기술 이전에 의한 대량생산으로 멸종 위기종인 홍해삼의 양식과 자원조성 및 회복을 유도한다.
3. 해삼종묘의 중간육성 기술개발 연구를 추진하여 적정크기의 대형 우량종묘의 대량생산을 유도하고 중간육성 어업인의 활성화를 유도한다.
4. 육상수조를 이용한 해삼양식 기술개선 연구를 추진하여 유휴 육상 넙치 및 전복 양식장의 재활용을 통한 경제성을 확보한다.
5. 바다 씨뿌림 양식 기술개선 연구의 지속적 추진 및 적지선정 기준제시로 양식 생산성 증대와 자원회복을 추진한다.
6. 축제식 양식 기술개선 및 생산성 향상을 위한 연구를 지속적으로 추진하며 적지선정 기준 제시를 통한 부적지에서의 양식손실을 차단하고 양식의 경제성을 확보한다.
7. 해삼과 전복의 복합양식 및 지하해수 활용에 의한 고수온기의 하면억제와 저수온기의 성장 및 생존율 향상연구를 지속적으로 추진하여 양식의 경제성을 확보한다.
8. 해삼의 양식단계별 적정사료 기술개발 및 가공, 유통 등의 기술지원 자료로 활용한다.
9. 양식어업인에 대한 양식기술 컨설팅 및 업체와의 기술개발 연구협정 체결, 수산행정에 필요한 양식 방법별 종묘의 크기, 방류시기, 양식기술 등의 자료제공과 정책 제언을 실시한다.
10. 짧은 연구기간(2003~2006년)으로 인해 기초 기술개발 수준에 머무르고 있는 종묘의 중간육성기술, 육상수조 양식과 축제식 양식, 씨뿌림 양식 등의 생산성 향상 연구를 본 연구사업의 종료 이후에도 지속적으로 추진 보급하여 안정적인 양식 산업화 정착을 유도한다.

## SUMMARY

I . Title : Development of culture technique of Sea cucumber,  
*Stichopus japonicus*

### II . Objective

Sea cucumber (*Stichopus japonicus*), an echinoderm belongs to *Stichopus* genus, *Stichopodidae* family, and *Aspidochirotrida* order. It is known that sea cucumber has about 1,500 species throughout the world, and about 14 species are inhabiting in Korea.

Culturing of sea cucumber is practiced mostly in Korea, China, and Japan, the Far East in the world. In Korea, mean production of sea cucumber seedlings were about 200,000 inds./year until year 2003, and the seedling has been discharged in a coast fishing grounds of fishing community to recovery the natural resource, however the natural resource has been decreasing each year. Also in Japan, as the production of sea cucumber has been decreasing since the 1970s, they has been carrying out the plan of resource restoring under autonomous managements, and are focusing on large scale discharging of artificial seedlings for organizing resources. In China, as the consumption amount is dramatically increasing boosted by the economical development along with the unquenchable appetite of the Chinese people for sea cucumber, artificial seedling productions and culturing techniques are drastically developing.

Stimulated by the development of sea cucumber culturing in China, the demands for sea cucumber culturing techniques development are rapidly growing as an alternative cultured foods for fishes, etc in Korea.

Therefore, this research intended to develop a basic industrializing technique for culturing such as complete self-supplying of culturing seedlings, culturing of aquatic plants in land, pond culturing, and seed planting style farming, etc by developing large scale production technology of artificial seedlings that fit the environment in

Korea for industrialization of sea cucumber farming in Korea.

### III. Contents and scopes of the study

#### 1. Development of technology for artificial mass seed production of sea cucumber

As for the mass production technology for sea cucumber artificial seedlings, we adopted Korea style technology which can reduce seedling production cost compared to that of the China style.

We directly cultured optimal vegetable plankton for larvae farming, collected the seedlings by using abalone settling substrate during the period the larvae attached to them, and supplied the preys fermented with the juice of marine algae like *sargassum thunbergii*, etc.

#### 2. Development of indoor sea cucumber culture technology

For the development of culturing technology of aquatic plants in indoor land tank, we performed tests of culturing of sea cucumber alone and integrated culturing of abalone and sea cucumber, and executed economic analysis on culturing and methods of passing the summer by water temperature adjustment.

#### 3. Development of Pond culture technology

Regarding pond culturing technology development, we organized facilities such as habitats, etc in the culturing field, tested growth rates by the density, and analyzed the integrated culturing of striped mullet (*Mugil cephalus*) and sea cucumber, the water purification effects, and the economy.

#### 4. Development of sowing culture technology

For sowing culturing technology development, we analyzed the growth rate, survival ratio, and economy by sowing seedlings in the coast near Anmyeon island of Tae-an-gun, Chungnam province. Also we clarified the spawning season of sea cucumber by examining the mating process and the reproduction cycle in the West Sea of Korea.

#### IV. Results and Discussion

Though the sea cucumber artificial seedling production in Korea amounted only to 200,000 inds./year until year 2003, we accomplished a complete self-supplying by producing about 30,000,000 sea cucumber seedlings in year 2006 by the development of culture technology for a mass of artificial seedlings through this project, and prevented the importation of seedlings produced in China.

The Korea style of artificial mass seedling production technology, newly developed, improved fertilization rate and hatching rate while preventing multi fecundation through selective egg collection that separates females and males grown up for egg collection, and reduced the number of parent sea cucumber down to 20% compared to that of China style by collecting only appropriate quantity of eggs to pursue the economy. The average number of eggs spawned from one female was about 4,020,000 inds. or so, and as for the prey creatures for the larvae rearing, we directly cultured and supplied three species of vegetable planktons, *Chaetoceros simplex*, *Pavlova lutheri*, *Isochrysis galbana*, according to the larvae rearing amounts, and collected the seedlings by using abalone settling substrate (PE 30x30 cm) during the period larvae attached to them. And later on, by artificially supplying in dark condition preys fermented with marine algae like *sargassum thunbergii*, etc, we raised high density baby sea cucumber.

The number of juvenile sea cucumbers whose overall length are over 0.5cm attached to the settling substrate was average 20 or so in the existing method, but that number in this research was increased over 5 times to more or less 100.

Throughout the facilitation period between October, 2005 and June, 2006, the uni-culturing of sea cucumber has shown a growth from the overall length 5.6 cm and the overall weight 8.6 g at the start of facilitation (100 inds./m<sup>3</sup>) to the overall 8.6 cm and the overall weight 40.2 g at the end driven by the developed culturing technology. Among this period, the overall length and the overall weight slightly decreased between December and February, and after March, they drastically increased. The sea cucumber exhibited the highest death rate between the late February and the March when the low water temperature period ends, and the final survival rate until June

was shown to be 56.0%. In the integrated culture of sea cucumber and one year-old abalone, the sea cucumber has shown growth from the overall length 5.8 cm and the overall weight 9.1 g in October 2005, to the values of 10.1 cm and 52.9 g in June 2006. In the integrated culture of sea cucumber and abalones less than one year old, the sea cucumbers grew to 9.4 cm 47.4 g in June 2006, so that it was shown that they grew faster in the integrated culture with one year old abalones than in the integrated culture with less than one year old abalones. It appeared that if sea cucumber are maintained below 20°C in summer, the high water temperature season, through the water temperature adjustment using cooler for the survival of sea cucumber through the summer, the sea cucumber can survive the summer minimizing the body weight. In the integrated culture of sea cucumber and abalone, sea cucumber exhibited good growth rate and survival rate even though the sea cucumbers were not separately supplied with preys while the abalones were supplied with kelp, the food.

The water temperature in culturing pond throughout the year was ranged from 0.42 °C (Jan.) to 29.03 °C (Aug.). In the culture of sea cucumber from Jan. 16th, 2004 to Jul. 2006 starting, it was shown that the length came up to 19.9 cm and the weight also came up to 245 g, and the survival rate was 4.7%. Regarding the monthly growth in the pond culture, monthly mean 12 g from April to June was reduced to 21.7% in July and August and then grew over 20 g a month in September and November. In the case of the integrated culture of sea cucumber and mullet, sea cucumber demonstrated the weight increased over 10.3 g which was a high degree compared to the control group, however the survival rate was 8.3%, which is much lower than 13.7%, that of the control group. On the other hand, it is judged that the survival rate of sea cucumber significantly was dropped by pollutant sources caused from inappropriate sea water exchange in the pond culture, selection of culture field requires detailed cautions. Having observed the growth for four months on the attached materials, the results have suggested that stone grave type was 33.45 g with the survival rate 31.8% as the highest, and as for the seedling size in the pond type, facilitating large scale seedlings with the overall length over 5 cm is desirable for the improvement of

the survival rate.

Concerning the growth in sowing culturing, the sea cucumbers grew from the overall length 2.9 cm and the overall weight 2.0 g in April 2004 to the average 38.9 g in June, and significantly decreased in weight to 22.5 g in August when the water temperature rose. And later on they gradually grew from October reaching 48.5 g in April, 2005, exhibiting rapid growth to 95.1 g (70~130 g) in June, and their final survival rate was inferred 66.7%. Therefore, it appears to improve a survival rate and reduce commodity a production period, sowing of large seedling over at least the overall length of 4cm is desirable. From the results of growth test by the density by sowing 1, 5, 10, 15, and 20 sea cucumbers per m<sup>2</sup>, low density test group of 1 sea cucumber per m<sup>2</sup> exhibited the fastest growth to the overall length 13.8 cm and the overall weight 103.2 g, with the growth rising in inverse proportion to the density, and the appropriate sowing density is presumed to be 8~10 sea cucumbers/m<sup>2</sup> based on the average overall length. It is evaluated that in the fishing neighborhood, not only is the sowing culturing in the field implemental in organizing and restoring resources, but also is the most economic and environment friendly method of sea cucumber culturing with low cost for facility, etc.

In the meantime, the results of mating processes and reproduction cycle of sea cucumber, produced in the West Sea of Korea, have shown that the main egg spawning period of the sea cucumber produced in the region is June.

In order to completely stabilize the sea cucumber aquaculture raising as an industry, researches on improvements of productivity like seedling intermediate culture technology, pond culture technology, and sowing culture technology, etc. have to be constantly conducted.

## CONTENTS

|  |     |
|--|-----|
| Chapter 1. Summary of development of sea cucumber aquaculture technique .....                    | 18  |
| Chapter 2. Trend of sea cucumber culture technology in domestic and overseas<br>countries .....  | 23  |
| Chapter 3. Result .....  | 26  |
| Section 1. Development of technique for artificial mass seed production of sea<br>cucumber ..... | 26  |
| Section 2. Development of technique for sea cucumber culture in indoor land tank .....           | 61  |
| Section 3. Development of technique for sea cucumber culture in pond .....                       | 82  |
| Section 4. Development of technique for sea cucumber culture by sowing in coast .....            | 103 |
| Section 5. Development of technique for industry of sea cucumber aquaculture .....               | 112 |
| Chapter 4. Goal attainment of the present project and contribution to related fields<br>.....    | 120 |
| Chapter 5. Plans for the practical use of results of the present project .....                   | 124 |
| Chapter 6. Trend of sea cucumber culture technology in overseas countries .....                  | 126 |
| Chapter 7. References .....  | 150 |



## 목 차

|       |                              |    |
|-------|------------------------------|----|
| 제 1 장 | 해삼 양식 기술개발의 개요 .....         | 18 |
| 제 2 장 | 해삼 양식의 국내외 기술개발 현황 .....     | 23 |
| 제 3 장 | 해삼 양식 기술개발 내용 및 결과 .....     | 26 |
| 제1절   | 인공 종묘 대량생산 기술개발 .....        | 26 |
| 1.    | 어미 해삼의 확보 .....              | 27 |
| 2.    | 산란유발 및 채란 .....              | 27 |
| 3.    | 먹이생물 배양 .....                | 30 |
| 4.    | 유생 사육방법 및 사육시설 .....         | 35 |
| 5.    | 난 발생과 부유유생 사육 관리 .....       | 39 |
| 6.    | 채란 및 유생사육 결과 .....           | 40 |
| 7.    | 채란, 수정 및 유생의 성장 .....        | 46 |
| 8.    | 채묘 .....                     | 51 |
| 9.    | 홍해삼의 인공 종묘생산 .....           | 55 |
| 10.   | 인공종묘 대량생산 기술 산업화 유도 .....    | 59 |
| 제2절   | 해삼 육상 양식 기술개발 .....          | 61 |
| 1.    | 육상수조식 양식 기술개발 .....          | 61 |
| 2.    | 해삼과 전복의 육상수조 복합양식 기술개발 ..... | 73 |
| 3.    | 해삼 월하방안 연구 .....             | 79 |
| 제3절   | 축제식 양식 기술개발 .....            | 82 |
| 1.    | 축제식 양식장 환경 조사 .....          | 82 |
| 2.    | 축제식 수질 및 저질 정화효과 조사 .....    | 83 |
| 3.    | 축제식 양식의 성장 .....             | 85 |
| 4.    | 축제식 산지별 성장도 시험 .....         | 91 |
| 5.    | 축제식 해삼과 송어의 복합양식 시험 .....    | 93 |
| 6.    | 축제식 복합양식 생물간 경쟁관계 조사 .....   | 97 |
| 7.    | 부착기질별 성장도 조사 .....           | 99 |

|   |     |
|---|-----|
| 8. 축제식 양식 경제성 분석 .....                  | 101 |
| 제4절 씨뿌림 양식 기술개발 .....                   | 103 |
| 1. 씨뿌림 양식 시험 .....                      | 103 |
| 2. 배우자 형성과정과 생식주기 조사 .....              | 106 |
| 제5절 해삼 양식 산업화 .....                     | 112 |
| 1. 인공종묘 대량생산 기술 보급 및 산업화 유도 .....       | 112 |
| 2. 마을어장 씨뿌림 자원조성 기술 산업화 유도 .....        | 112 |
| 3. 개발된 양식 방법의 시범사업 실시 .....             | 114 |
| 4. 양식의 효율성 제고방안 및 제언 .....              | 114 |
| <br>                                    |     |
| 제 4 장 양식 기술개발의 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 ..... | 120 |
| <br>                                    |     |
| 제 5 장 양식 기술개발 결과의 활용계획 .....            | 124 |
| <br>                                    |     |
| 제 6 장 국외 해삼양식 기술 동향 .....               | 126 |
| 제1절 중국 해삼양식 기술 .....                    | 126 |
| 1. 중국의 해삼양식 현황 .....                    | 126 |
| 2. 종묘생산 기술 .....                        | 126 |
| 3. 축제식 해삼 양식 .....                      | 130 |
| 4. 수조식 해삼 양식 .....                      | 134 |
| 5. 중국 해삼 양식장 현장 방문 동향 .....             | 135 |
| 제2절 러시아 해삼 양식 기술 .....                  | 145 |
| <br>                                    |     |
| 제 7 장 참고문헌 .....                        | 150 |

## 제 1 장 해삼 양식 기술개발의 개요

극피동물(棘皮動物)에 속하는 해삼류는 국내에서는 약 14종이 서식하는 것으로 알려지고 있는데 그 중 산업 경제적으로 중요한 종은 해삼(*Stichopus japonicus*)이다. 해삼은 영어권에서는 바다의 오이라 하여 sea cucumber라 부르며, 중국에서는 해삼(海參)으로 일본에서는 껍질표면이 미끌거린다 하여 나마코(ナマコ)로, 아주 오랜 옛날에는 바다쥐(海鼠)라 부른 적도 있다.

해삼의 채취는 대부분 마을어장에서 잠수기 또는 해녀에 의해 자연산의 채취에만 의존해 오고 있다. 그러나 연안 어장의 환경오염과 지구 온난화, 해안 매립 등으로 인해 산란장과 서식장이 축소되고 무절제한 남획으로 인해 자원량이 전 세계적으로 감소하고 있는 국제적인 개체군 보존관리 위협 종으로 지정될 상황에 놓여있어 인공종묘의 대량생산 방류에 의한 자원회복이 시급하다.

우리나라의 자연산 해삼생산량은 1990년 2,491톤을 최고로 2002년에는 833톤으로 줄어들고 있는 자원관리 대상품종인데, 최근에는 인공종묘에 의한 소규모의 씨뿌림 양식이 시도되면서 약간씩 회복되어 2005년에는 1,136톤 수준을 유지하고 있다. 그러나 지속적인 자원회복을 위해서는 인공종묘의 대량생산 및 씨뿌림 방류에 의한 자원조성과 함께 수요증가에 대응하기 위한 대량 양식생산이 필수적이다.

표 1-1. 연별 해삼 어획량(자연산)

| 연 별      | 1990  | 1995  | 2000  | 2001 | 2002 | 2003  | 2004  | 2005  |
|----------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| 생산량(톤)   | 2,491 | 1,892 | 1,419 | 900  | 833  | 1,281 | 1,154 | 1,136 |
| 생산금액(억원) | 65    | 140   | 102   | 83   | 80   | 111   | 114   | 115   |

※2006. 해양수산부 수산물생산 통계자료

극피동물은 몸의 표면에 가시가 있는 동물이지만 해삼은 몸이 가늘고 길어서 꿈틀거리는 벌레와 같은 모양을 하기 때문에 성게나 불가사리류와 구별해서 극피동물 중 별도의 해삼강류(海參綱類)에 포함시키고 있다. 해삼은 모래와 펄을 먹고 그 속에 함유된 유기물을 섭취하는 환경 친화적인 바다의 청소자로서 중요한 역할을 하며, 체중50g의 해삼이 연간 빨아들이는 펄의 양은 3.5kg에 이른다.

해삼류는 미세한 특징적 차이에 의해 몇 개의 그룹으로 나누어진다. 그 중 해삼은 같은 종이라도 해삼(청해삼), 홍해삼 흑해삼의 3가지 종으로 구별하고 있는데, 이들은 체색뿐만 아니라 분포 서식장소, 몸의 신축성 또는 난의 형태, 변태이후 어린 해삼 시

기의 체색변화 패턴, 내부 및 외부기관의 구조 등에 많은 차이점이 나타나기 때문이다.

최근에는 외형 및 생태적으로 차이를 보이고 있는 해삼(청해삼), 홍해삼, 흑해삼을 같은 종류로 볼 것인가에 대한 Isozyme 연구 결과, 이들은 유전자 그룹은 하나이지만 유전적으로 여러 형태가 존재하는 것으로 추정하고 있다. 따라서 학자들 중에는 이것을 다른 종류로 다루는 것이 자연스럽다는 설과 분포·서식장의 차이에서 나타나는 단순한 생태형이라는 설이 있지만 아직까지 정설은 없다.

그러나 국립수산과학원 서해수산연구소에서는 전남 완도(연안수산)에서 해삼의 대량 인공종묘 생산시험결과 약 100만 마리의 새끼해삼 중에서도 홍해삼과 흑해삼은 출현하지 않았으며, 홍해삼의 인공종묘 생산시험에서도 해삼과 흑해삼이 전혀 나타나지 않는 것으로 보아 해삼과 홍해삼, 흑해삼을 다른 종류로 다루는 것이 타당하다고 판단하였다. 따라서 본 연구에서는 해삼(청해삼)과 홍해삼, 흑해삼을 구별해 부르기로 한다.



그림 1-1. 해삼(청해삼).



그림 1-2. 홍해삼.



그림 1-3. 흑해삼.

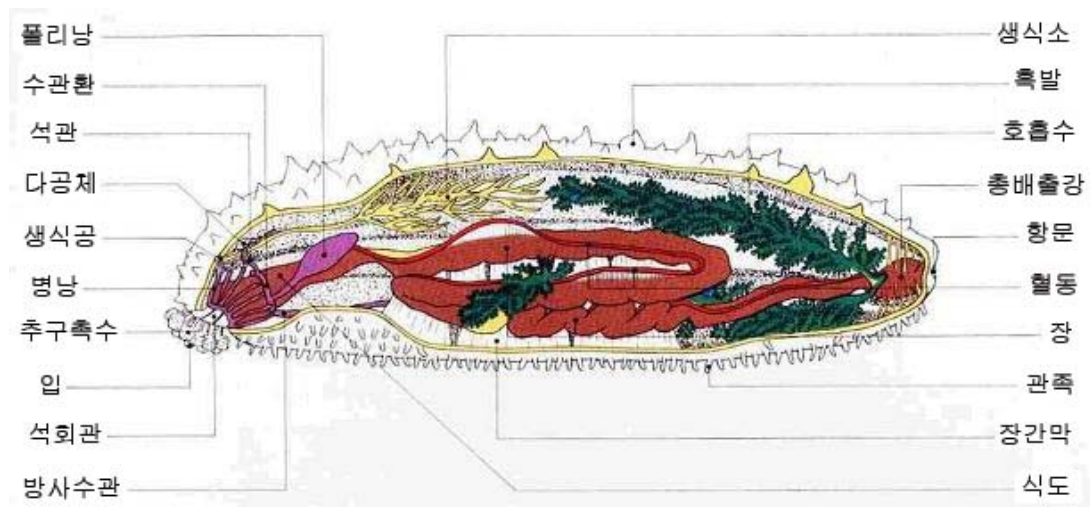


그림 1-4. 해삼의 내부.

해삼은 버릴 것이 거의 없는 건강 웰빙(well-being) 수산물로 생식을 비롯하여 말린 건해삼, 소화관과 호흡수를 소금에 절여 냉동하는 고노와다(Konowata), 난소를 생체로 말리는 고노코(Konoko), 진공, 자숙냉동 등 여러 종류의 제품으로 이용한다. 또한 다량의 미네랄과 사포닌 등의 영양을 함유하여 최고의 스테미나 건강식품으로도 그 인기가 날로 높아가고 있어 우리나라를 비롯한 중국과 일본 등 동양권에서는 수요가 크게 증가하고 있으며, 소비자들은 기존의 생해삼 형태의 원재료 소비에서 품질이 차별화되고

가공 처리된 간편 수산물을 선호하거나 식품의 안전성에 대한 요구 성향이 증대되고 있다.

해삼양식은 전 세계적으로 극동지역인 한국과 중국, 일본에서 주로 이루어지고 있다. 한국의 경우는 2003년까지는 국가 및 지방자치단체에서 연간 20만 마리 내외로 소량의 해삼종묘를 생산하여 자원조성용으로 어촌계 공동어장에 방류하여 왔지만 매년 자연 자원량이 감소하고 있었으며, 민간에 의한 종묘생산량은 전혀 없었다. 그러나 종묘의 대량생산이 가능해질 경우 육상수조 및 바다의 자연특성을 활용한 축제식 양식과 종묘 방류에 의한 집약적 씨뿌림 양식에 의한 대량 생산 가능성이 대두되어 많은 관심이 모아지고 있다. 일본의 경우도 해삼 자원량이 1970년대 이후 크게 감소하고 있어 자율관리에 의한 자원회복계획을 추진하고 있으며, 자원조성을 위한 인공종묘의 대량방류에 중점을 두고 있다. 중국의 경우는 해삼을 지극히 좋아하는 국민 식성으로 경제발전과 함께 소비량이 급격히 증가함에 따라 인공종묘생산과 양식기술이 비약적으로 발전하고 있으며, 2005년에는 연간 인공종묘생산량 218억 마리, 양식생산량이 10만톤 내외에 이르는 거대산업으로 발전하고 있다.

중국의 해삼양식 발전에 자극을 받아 국내에서도 어려움을 겪고 있는 어류 및 전복 양식 산업 등의 대체품종으로 해삼양식 기술개발 요구가 급증하고 있다.

우리나라에서 해삼 인공종묘생산 기술개발은 1990년 국립수산과학원 산하 포항수산종묘시험장에서 최초로 성공한 이후 포항과 강릉수산종묘시험장에서 1993년부터 2002년까지 어촌계 및 어업인의 수요에 따라 매년 10만~20만 마리의 종묘를 생산 공급해 왔다. 1997년 이후부터는 도립수산종묘시험장이 차례로 설립됨에 따라 해삼 인공종묘 생산기술을 대량생산 설비가 갖추어진 도립수산종묘시험장에 이전하고 국립수산과학원에서는 2002년 이후부터 해삼 인공종묘생산을 전면 중단한 바 있다. 그러나 국내 각 도립수산종묘시험장의 연간 해삼 인공종묘생산량은 2003년에 20만 마리로 모두 합쳐도 양식장 1개소의 공급량에도 부족한 실정이었다. 이에 따라 생존율이 낮은 중국산 저급 해삼 종묘수입이 급증하였으나 소득과 연결되지 못하고 양식어업인의 손실이 증대되어 우리나라 실정에 적합한 인공종묘의 대량생산 기술 및 양식기술 개발이 시급히 요청되고 있다.

특히 중국산 해삼종묘는 생존율이 낮은 작은 크기의 개체가 수입되고 있으며, 불법 반입 종묘의 특성상 장거리 운송에 따른 부적합한 관리와 수송방법 등의 문제로 양식 도중 폐사하거나 소득과 연결되지 못해 어업인의 손실이 증가하고 있다.

해삼에 관한 연구로는 일본의 경우 1940년대부터 해삼의 일반적인 생리생태에 관한 연구가 이루어졌고, 이후 1970년대에는 해삼의 채란법에 대한 연구(石田, 1979)와 인공종묘 대량생산을 위한 유생의 초기사육시험(山本·渡邊, 1978) 등이 보고되고 있다. 최근 중국에서는 해삼 인공종묘 대량생산 기술 및 중간육성, 축제식 양식, 바다 씨뿌림 양식과 함께 복합양식, 해삼의 가공에 관한 연구(張群采, 1998; 王如才 等, 2001; 王春生·張建東·等, 2005; 謝忠明, 2000; 謝忠明 等, 2005) 등 여러가지 산업화 양식기술이 소개되고 있다. 국내에서 해삼에 관한 연구는 崔(1963)에 의한 해삼의 형태와 생태 및 양식 등에 관한 종합적인 연구가 있으며, 종묘생산기술은 포항 및 주문진, 제주종묘시험장 시험연구 사업 보고, 이와 박(1999) 등에 의한 해삼 유생의 성장과 생존에 미치는 먹이 및 수용밀도의 영향에 관한 연구 등이 있을 뿐 해삼양식에 관한 본격적인 연구는 미미한 실정이며, 특히 해삼양식 산업화에 필수적인 대량 인공종묘생산과 육상수조 양식 및 축제식 양식, 바다 씨뿌림 양식 등에 관한 연구는 전혀 이루어진 바 없다.

해삼의 자원조성 회복과 산업화 양식을 위해서는 인공종묘의 대량생산에 의한 새끼해삼 확보가 선행되어야 한다. 이와 같은 목표를 실현하기 위하여 국립수산물연구원 서해수산연구소에서는 수산특정연구과제로 인천지방해양수산청과 공동으로 2003~2006년까지 해삼양식기술개발을 추진하여 인공종묘 대량생산 기술개발을 통한 국내 양식용 종묘의 완전자급화를 이루고 육상수조식 양식 및 축제식 양식, 씨뿌림 양식 등의 산업화 기초 기술을 개발하고자 하였다. 본 연구의 성과로 2004년에 한국형 해삼종묘의 대량생산 기술 개발에 성공, 국내수요 종묘의 완전 자급화를 이룩하였으며, 신속한 기술이전을 통해 그동안 중국산 수입에 의존해 온 해삼 인공종묘의 전량을 국내 생산으로 대체하여 완전 자급화가 가능하게 되었다.

또한 육상수조식 양식과 축제식 양식, 씨뿌림 양식 등의 산업화 기초 기술개발 연구를 수행하였으며, 금후에도 우량종묘 생산을 위한 종묘의 중간육성기술과 적정 사료개발, 육상수조식 및 축제식 양식 등의 생산성 향상을 위한 연구를 지속적으로 추진하여 차세대 환경친화형 양식소득원으로 육성해나갈 계획이다.

우리나라의 해삼양식은 WTO/DDA 협상 및 국가간 자유무역협정(FTA) 체결 등 수산물의 국제적 거래가 활발해질 경우 수출전망이 매우 밝은 품종일 뿐만 아니라, 특히 중국과의 FTA 체결시에도 국내 수산물 중 거의 유일하게 고가로 수출이 가능한 경제성을 지니고 있어 수출증대는 물론 양식 어업인의 소득을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 기대되고 있다.

## 제 2 장 해삼 양식의 국내외 기술개발 현황

한국과 중국, 일본의 해삼양식 기술을 비교하면 아래와 같다. 기존의 우리나라 해삼 인공종묘 생산방식은 대부분 수십만 마리의 종묘생산을 목표로 소규모의 생산에 적합한 형태로 운영되어 왔다. 즉 부착기 유생의 채묘시 먹이공급은 자연광에 의해 파관에 부착된 규조류에만 의존하는 방식으로 부착규조류의 탈락 등 먹이공급 조절관리가 불안정하고 종묘의 고밀도 육성이 어려워 대량생산에 한계가 있어 왔다. 이와 반대로 중국의 종묘생산 방식은 대량의 어미(100~300 kg)를 암·수 구분 없이 대형수조에 수용한 후 물리적 자극에 의해 산란을 유도하는 방식으로 일시에 많은 양을 채란할 수 있으나 다중 수정 등 양질의 수정란 생산비율이 낮아지고 어미 구입비 등 경제적 비용이 증가하는 단점이 있다.

표 2-1. 한국과 중국, 일본의 해삼 양식기술 수준

| 구분<br>국별 | 인공종묘 생산기술   | 양 식 방 법              |                      |                    |
|----------|---|----------------------|----------------------|--------------------|
|          |   | 육상수조                 | 축제식                  | 씨뿌림(방류)            |
| 한 국      | 한국형 인공종묘 대량생산 기술 산업화정착 단계 (2006년, 종묘생산 3,000만 마리) | 산업화 기술개발 초기단계(2006년) | 산업화 기술개발 초기단계(2006년) | 산업화 기술개발 단계(2006년) |
| 중 국      | 인공종묘 대량생산 기술 산업화 정착(2005년 종묘 생산 약 218억마리)         | 산업화 기술개발 정착 단계       | 산업화 기술 정착            | 산업화 기술 정착 단계       |
| 일 본      | 인공종묘 생산기술 정착 (2004년 종묘 생산 약 336만마리)               | 산업화 기술개발 단계          | -                    | 자원회복 기술의 정착단계      |

본 연구에서 개발된 한국형 인공종묘 대량생산 기술은 어미가 산란 또는 방정할 때 암컷과 수컷을 신속히 선별하여 각각 별도로 수용한 다음 적정량의 알과 정자를 혼합시켜 다중 수정을 최소화시키는 방식으로 양질의 수정란 확보가 가능하도록 하였다. 따라서 동일한 양의 종묘생산을 위한 산란용 어미는 중국방식 기준 대비 20% 내외 수준으로 낮춰 어미구입에 따른 경제적 비용을 절감시킬 수 있었다.



유생사육 이후 부착기 유생은 전복 파판(PE 30×30 cm)에 자연 부착된 규조류를 먹이로 하여 채묘한 다음, 채묘 후 6일째까지는 인공 사육된 규조류(*Chaetoceros calcitrans*, *Pavlova lutheri*, *Isochrysis galbana*)를 함께 공급하면서 최적의 건강종묘로 육성시켰다. 이후부터는 실내를 1,500~2,000룩스 이내의 어두운 상태로 유지하여 파판에 자연부착 규조류를 적당히 육성시키면서 다른 종류의 생물번식을 억제시키고 빛에 의한 스트레스를 줄였다. 자연부착 규조류와 함께 지충이 등 해조류의 분쇄 발효액을 해수에 녹여 먹이로 공급하여 성장시킨 결과 기존의 순수 자연 규조류에만 의존하는 방식에 비해 먹이량 증가에 의한 성장 촉진으로 고밀도 사육이 가능하였다.

해삼의 육상수조 양식기술은 우리나라의 경우 아직까지 기술개발 초기단계로 경제성 양식개발이 미흡한 수준이다. 육상수조 해삼양식은 기존의 전복 및 어류양식시설을 활용하여 다시마, 미역 등 자연해조류의 먹이공급과 일부 해조류를 주 성분으로 하는 인공배합사료 및 지충이 등의 분쇄여과액을 공급하여 육성시키고 있으며, 해삼의 단독 양식 또는 전복과 함께 복합양식으로 육성하고 있다.

육상수조 양식은 반드시 중간육성을 거친 종묘에 의해 양식되어야 하나 채묘 후 출하 때까지 채묘기 상태에서 그대로 육성시키고 있어 양식적기에 적정크기의 종묘생산이 이루어지지 않고 있다. 따라서 육상수조 양식의 효율성을 확보하기 위해서는 중간육성 기술개발 연구가 이루어져야 하며, 양식종묘의 적정크기 및 종묘의 투입시기, 경제단위의 수용밀도, 적정배합사료 개발, 온도조절에 의한 양식기간의 연장, 적정 은신장치 개발 등의 연구가 지속되어야 한다.

한편, 중국의 육상수조 양식기술은 4~5월경 초기채묘를 거쳐 7월경부터 중간육성을 시작하여 10월 경 3~8 cm 크기로 성장한 종묘를 수조식으로 양식하며, 이듬해 10월까지 80% 이상을 20 cm 내외의 상품크기로 성장시키는 경우도 있다. 이때 육상수조식의 경우 연중 성장 가능한 온도유지 관리가 필요하다. 또 하나는 일반적으로 10월경 1~3 cm 크기의 종묘를 중간육성하면 이듬해 4~5월까지 5~8 cm로 성장하는데 이것을 4월 경 축제식에 넣어 11월까지 100 g 이상의 상품으로 양성하여 출하하는 방식이다. 이때 상품크기에 도달하지 못한 개체들은 이듬해 봄까지 양성한다.

우리나라의 축제식 해삼양식은 주로 서해안에 면한 2,000~3,000평 단위의 폐염전 또는 새우 축제식 양식장을 이용하고 있으며, 수심 1~2 m 내외, 연중 수온범위 0.5~30℃ 내외(축제식 적정수온 5~28℃)로 조석차에 의한 자연해수의 공급이 원활하지 못한 불리한 환경을 지니고 있는 곳이 많다. 이러한 환경조건에서는 바닥저질이 쉽게 부

패할 수 있을 뿐만 아니라 인공먹이공급이 어려워지기 때문에 축제식 양식장의 선정은 반드시 정밀한 조사에 의한 입지선정이 요구된다. 특히 외해성인 해삼의 생태 특성상 수온, 염분, 투명도, 먹이번식, 해수공급 여건, 수심 등의 양식조건을 갖춘 경제단위의 축제식 양식장 조성을 위해서는 수질이 안정된 도서지역의 내만이나 여름철 수온이 낮은 외해수의 유입이 가능한 지역을 축제식으로 활용하기 위한 정책적 방안과 시설비 지원 등이 검토되어야 한다.

중국의 해삼 축제식 양식은 1개 단위 면적이 5,000평에서 100,000평 이상의 규모로 대부분 외해수가 직접 유입되는 곳에 위치하며, 수심이 3m 내외로 깊고 투명도가 높아 축제식 양식장 자체에서 해조류 등의 자연 먹이생물 증식이 가능하여 별도로 먹이 공급을 하지 않아도 양식이 가능한 곳이 많아 산업화 양식이 정착되어 있다.

## 제 3 장 해삼 양식 기술개발 내용 및 결과

### 제1절 인공종묘 대량생산 기술개발

해삼양식 산업화의 가장 중요한 요소는 경제적인 방법으로 적정크기의 양질의 인공종묘를 대량 생산하는 것이다. 국내에서 해삼의 인공종묘생산 시도는 1990년대 초반부터 이루어져 왔으나 산업화로 진전되지는 못했다. 이와 같은 원인은 대량 종묘생산 기술이 미흡하여 소량의 종묘생산에 그쳤고 양식에 대한 관심도가 낮아 일부 씨뿌림 방류에만 치중했기 때문이다. 그러나 최근 들어서는 자연어획량의 급격한 감소와 함께 어류 등 양식 산업의 어려움으로 환경친화적인 대체품종 개발요구가 대두되면서 특히 중국 해삼양식 기술의 급성장 발전에 자극받아 양식기술개발 요구가 급증하고 있기 때문이다.

이로 인해 본 과제 수행 이전인 2003년의 국내 해삼 인공종묘 생산량은 20만 마리에 불과하였으나 한국형 인공종묘의 대량생산 기술개발로 2006년에는 전장 3cm 내외기준으로 약 3,000만 마리의 해삼종묘가 생산되어 국내 양식용 종묘수요의 완전 자급화를 실현하게 되었다.

해삼 종묘의 대량생산 기술개발이 가능했던 요인은 기존의 종묘생산 기술이 암·수 혼합채란에 의한 다중 수정으로 채묘의 성공률이 저하되고 파란에 부착된 규조류에만 의존하여 먹이부족을 일으킨데 반해 한국형 인공종묘 생산기술은 암컷과 수컷을 분리시킨 선별채란으로 수정율과 부화율을 향상시키고 적정량만을 채란하여 어미 사용량을 중국 방식에 비해 20% 이하 수준으로 낮추어 경제성을 향상시켰다. 또한 유생사육을 위한 먹이생물 배양은 해삼유생의 성장과 생존을 향상이 가능한 최적의 식물플랑크톤 (*Chaetoceros simplex*, *Pavlova lutheri*, *Isochrysis galbana*) 먹이를 유생 사육량에 따라 직접배양 공급하였고, 채묘 이후 일정기간 동안 인공 배양된 규조류와 지충이 (*sargassum thunbergii*) 등의 해조류 즙을 발효시킨 먹이를 공급하여 고밀도의 육성이 가능하였다. 또한 본 기술을 적용하여 국내 최초로 홍해삼의 인공종묘 생산에도 성공하였다.

본 장에서는 한국형 인공종묘 대량생산 기술개발을 위하여 2005년과 2006년에 전남 완도(연안수산)에서 시험한 채란 및 유생사육, 먹이생물 배양, 채묘 및 유생관리와 새끼 해삼의 사육 결과이다.

## 1. 어미 해삼의 확보

종묘생산의 효율성과 안정성을 위해서는 건강하고 성숙한 어미 해삼으로부터 대량의 난자와 정자를 얻는 것이 중요하다. 성숙한 어미 해삼의 확보는 해삼의 산란기에 임박하여 자연산 어미를 구입하는 방법과 산란기 이전부터 인위적으로 관리하는 방법이 있다.

자연산 어미는 전남 완도연안에서 잠수부에 의해 채취된 어미를 구입하였으며, 구입 시기는 2005년 3월 9일(18kg), 4월 20일(60kg), 5월 14일(200kg)이었다. 현장에서 구입한 해삼은 10 kg씩 분산하여 그물망에 담아 수온조절을 하지 않은 1톤 폴리에틸렌 수조 2개에 나누어 넣고 액화산소를 소량 공급하여 운반하였다. 수송시간은 약 6시간이 소요되었으며, 수조 안의 수온은 16.9℃까지 상승하였다. 수온상승과 운반도중 스트레스에 의해 내장이 배출된 개체는 23마리였으며, 생식소까지 배출한 개체는 3마리로 나타났다.

산란기 이전부터 사육하는 방법은 산란기의 2~3개월 전에 자연산 어미 해삼을 채취하여 육상수조에서 관리하는 방법으로 조기채란을 위하여 가온사육이 효과적이었다.



그림 3-1-1. 어미구입 후 육상수조 관리(구입시기 4~6월, 크기 150g 이상, 활어차에 의한 어미운송).

## 2. 산란유발 및 채란

산란유발에 사용된 어미 해삼은 산란유발 자극을 실시하기 전 3~4일 동안 먹이가 없는 깨끗한 수조에 수용하여 장 속의 노폐물을 모두 배설시킨 다음 산란을 유도 하였다. 산란기가 임박하여 어미를 구입, 수송한 경우에는 당일 밤에 산란유발을 실시하기

도 하였다. 해삼은 외관상 암 수의 구분이 어려우므로 20L 플라스틱 채란 수조에 무작위로 각각 6~7마리씩 어미 해삼을 따로 수용하여 산란자극을 실시하였다. 산란자극은 폴리카보네이트 수조(0.5톤 용량)에 수온조절기가 부착된 히터로 어미 해삼 사육수온보다 5~6℃ 높게 가온한 해수를 채란 수조에 채우는 수온자극법을 3시간 정도 실시하였다. 이때 수온이 너무 내려가면 반복하여 가온한 해수를 다시 공급하였다. 산란유발 자극을 받은 해삼의 행동은 몸의 아래쪽을 수조 벽면에 고정시키고, 상반부를 좌우로 천천히 흔들면서 머리 뒤쪽의 생식공을 통해 방란과 방정이 이루어졌다. 온도 자극에 따라 방정이 이루어지는 수컷을 골라내어 별도로 수용하고, 방란이 끝난 즉시 난을 망목 50 $\mu$ m 물러가제로 수거하여 세란을 실시하였다. 세란 후 정액을 첨가하여 수정시킨 후 다시 세란하였다. 세란할 때에는 심한 충격이 가하지 않도록 온도가 비슷한 깨끗한 해수를 유수하면서 가볍게 좌우로 흔들어 주었으며, 세란이 끝난 수정난은 20L 용량의 원형 부화통에 20개/ml 내외 밀도로 수용하여 통기를 하지 않고 부화 때까지 정제하여 두었다.

2005년의 산란유발은 5월 2일부터 6월 5일까지 12회에 걸쳐 1억 4천만 개의 산란된 알을 얻었으며, 수정율은 92.8%, 부화율은 80.4%로 1억 4백만 마리의 유생을 생산하였다. 어미해삼 1마리(평균체중 277g)당 평균 산란량은 402만 개였고, 부화량은 325만 개체였다.

2006년의 먹이생물 배양, 산란유발 및 채란, 난 발생 및 유생사육, 채묘는 2005년과 동일한 방법을 사용하였다. 산란유발은 5월 9일부터 6월 27일까지 11회에 걸쳐 실시하였으며, 2005년에 비해 수온이 낮아 산란유발 및 채란기간이 길어졌다. 산란량은 2억 개였으며, 수정율은 90.0%, 부화율은 75.0%로 13,500만 마리의 유생을 생산하였다. 13,500만 마리의 부화유생 중 6,500만 마리가 생존하여 생존율은 48.1%였으며, 2005년에 비하여 생존율이 낮게 나타났다.

표 3-1-1. 산란유발 및 채란시험 결과

| 일자                    | 산란 회수 | 자극 방법 | 자극조건 (℃)                                 | 산란량 (만개) | 수 정      |         | 부 화       |         |
|-----------------------|-------|-------|--|----------|----------|---------|-----------|---------|
|                       |       |       |  |          | 개체수 (만개) | 수정율 (%) | 개체수 (만마리) | 부화율 (%) |
| 2005. 5. 2<br>~ 6. 5  | 12회   | 수온 자극 | 15.0→20.0<br>(5.0)<br>16.0→21.0<br>(5.0) | 14,000   | 13,000   | 92.8    | 10,400    | 80      |
| 2006. 5. 9<br>~ 6. 27 | 11회   | 수온 자극 | 15.0→20.0<br>(5.0)<br>16.0→21.0<br>(5.0) | 20,000   | 18,000   | 90.0    | 13,500    | 75      |

표 3-1-2. 산란에 참여한 암컷 어미 해삼(2005.5)

| 산 란 일                           |        | '05. 5. 2 | 5. 10 | 5. 15 | 5. 21 | 5. 24 | 5. 28 |
|---------------------------------|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 산란어미 수(마리)                      |        | 4         | 7     | 4     | 2     | 4     | 7     |
| 어미의 평균 중량(g)                    |        | 252       | 273   | 260   | 286   | 290   | 296   |
| 1마리당 평균 산란량 (x10 <sup>4</sup> ) |        | 300       | 238   | 400   | 500   | 475   | 557   |
| 1마리당 평균 부화량 (x10 <sup>4</sup> ) |        | 210       | 196   | 310   | 400   | 410   | 460   |
| 부화율 (%)                         |        | 70        | 82    | 77    | 80    | 86    | 84    |
| 수온(℃)                           | 자연수온   | 15        | 14.5  | 15.5  | 15.5  | 16    | 16    |
|                                 | 자극수온   | 20        | 20    | 20    | 20    | 21    | 21    |
|                                 | 가온상승 폭 | 5         | 5.5   | 4.5   | 4.5   | 5     | 5     |

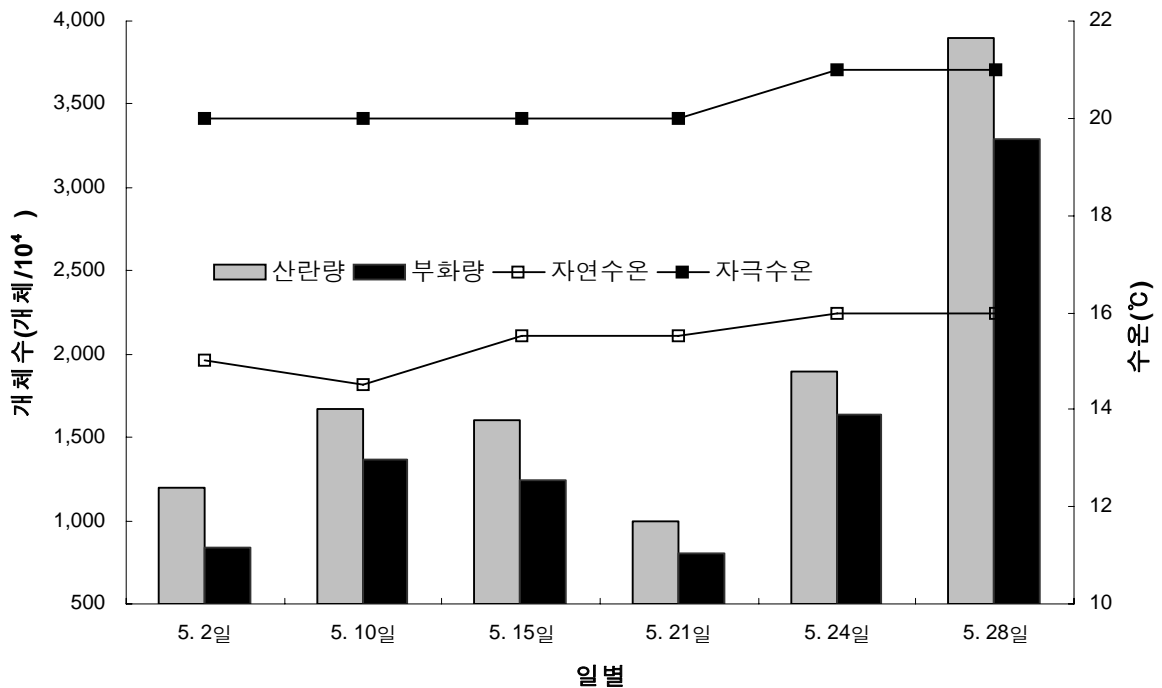


그림 3-1-2. 어미 해삼의 온도 자극에 의한 일별 산란량과 부화량의 변화.

### 3. 먹이생물 배양

해삼은 수정 후 새끼 해삼이 되기까지 약 14~17일 정도의 부유생활을 거쳤으며, 이 부유기간 동안에는 계속해서 먹이를 공급해 주었다. 해삼의 효율적인 종묘생산을 위해서는 적절한 먹이생물의 선택과 대량 배양이 가능해야 하는데, 사육량에 따라 먹이생물의 필요량을 확보하기 위해 원종배양 또는 예비배양을 포함하여 유생사육 개시 약 1개월 전부터 배양하였다. 해삼의 적정 먹이생물을 규명하기 위하여 식물플랑크톤 규조류인 *Chaetoceros simplex*, *Pavlova lutheri*, *Isochrysis galbana*의 3종류를 사용하였고 이 종들의 대량 배양하는 방법은 다음과 같이 하였다.

#### 가. 배양시설 및 기자재

먹이생물을 대량 배양하기 위해 온도조절이 가능한 배양실을 준비하였다. 배양실은 조명시설(3,000~5,000 lux) 및 통기시설을 갖추었으며, 기자재는 현미경(50~300배), 전자저울(측정단위 0.01 mg), 증류수 제조기, 고압 멸균기, 혈구 계산판, 각종 초자기구(시험관, 살레, 삼각 플라스크, 원형 플라스크, 피펫, 유리관, 유리봉, 비이커, 메스실린더,

15~20 L 광구병, 시약병 등) 및 비닐관(내경 5~6 mm), 호일 등 먹이생물의 영양공급에 필요한 각종 시약을 준비하였다.

#### 나. 배양해수 처리 및 배지 조제

먹이생물 배양에 사용되는 해수는 배양원충에 대한 오염 및 다른 미생물의 혼입을 방지하기 위해 여과 및 멸균 처리하였다. 또한 먹이생물이 배양된 배양수는 유생 사육 수조에 직접 공급되므로 다른 세균 등의 번식을 억제하기 위해 해수에 포함된 미세 불순물들을 제거하였고, 모래여과를 거친 해수를 다시 1~3  $\mu\text{m}$  필터로 여과시켜 배양수로 사용하였다. 또한 2차에 걸친 여과에도 불구하고 잔존 가능한 미생물을 제거하기 위해 본 연구에서는 가열 멸균 및 고압 멸균, 약품 멸균 등의 방법을 실시하였다.

소형 용기(300~3,000 ml 플라스크)는 고압 멸균기에 넣어 120°C, 1.5기압에서 15분간 멸균 처리하였고, 대형 용기(15 L 이상)에서 배양할 때에는 차아염소산나트륨(Sodium Hypochloride, NaClO)을 100 ppm 농도로 살균처리하였다. 식물플랑크톤 배양에 사용하는 영양배지로는 Provasoli ES배지, Conwy배지 등 여러 가지가 있으나 여기서는 F/2 배지를 사용하였다.

표 3-1-3. 먹이생물 배양용 배지 조성표 (F/2 media)

| 성분(Composition)                  | 수용액(Stock solution) | 사용량(Usage)            |
|----------------------------------|---------------------|-----------------------|
| NaNO <sub>3</sub>                | 150 g/L(증류수, D.W.)  | 1 ml/L(해수, sea water) |
| Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> | 8.69 g/L(D.W.)      | 1 ml/L(sea water)     |
| EDTA                             | 10 g/L(D.W.)        | 1 ml/L(sea water)     |
| MnCl <sub>2</sub>                | 220 mg/L(D.W.)      | 1 ml/L(sea water)     |
| CoCl <sub>2</sub>                | 110 mg/L(D.W.)      | 1 ml/L(sea water)     |
| CuSO <sub>4</sub>                | 19.6 mg/L(D.W.)     | 1 ml/L(sea water)     |
| ZnSO <sub>4</sub>                | 44 mg/L(D.W.)       | 1 ml/L(sea water)     |
| Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> | 50 mg/L(D.W.)       | 1 ml/L(sea water)     |
| Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> | 12 mg/L(D.W.)       | 1 ml/L(sea water)     |
| 비타민제 혼합(vitamin Mixture)         |                     |                       |
| B <sub>12</sub>                  | 1 mg/L(D.W.)        | 1 ml/L(sea water)     |
| Biotin                           | 1 mg/L(D.W.)        |                       |
| Thiamine-HCl                     | 200 mg/L(D.W.)      |                       |



표 3-1-4. 먹이생물 배양용 배지 조성표(Provasoli ES배지)

|                   |   |                   |
|-------------------|---|-------------------|
| A액                | NaNO <sub>3</sub>   | 100g              |
|                   | Na <sub>2</sub> glycerophosphate  | 17g               |
|                   | Fe(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O | 7g                |
|                   | Na <sub>2</sub> EDTA  | 3g                |
|                   | thiamine  | 100g              |
|                   | Vitamine B <sub>12</sub>  | 1g                |
|                   | biotin  | 2mg               |
|                   | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>  | 2g                |
|                   | 증류수   | 1L                |
|                   | B액  | 10g               |
|                   | B액  | MnCl <sub>2</sub> |
| CoCl <sub>2</sub> |   | 1g                |
| ZnCl <sub>3</sub> |   | 4g                |
| FeCl <sub>3</sub> |   | 10g               |
| 증류수               |   | 1L                |
| C액                | Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>  | 45g               |
|                   | 증류수   | 1L                |

다. 배양방법

1) 원종보존

분리배양 및 원종 배양된 것을 300~500 mL 삼각플라스크에  $1 \times 10^4$  cells/mL 농도로 접종 후 알루미늄 호일로 밀봉하여 20°C 내의 항온실에서 정치한 후 세포수가  $1 \sim 10 \times 10^5$  cell/mL 농도로 증식되면 실내온도 10°C의 전기저온 항온기에 정치 보존하였다.

항온기 내의 조도는 500~1,000 lux 정도 유지되게 하고 매일 1회 인위적으로 교반시켜 주었다. 원종의 보존기간은 6개월 정도 가능하나 보존 상태에 따라 새로운 배양수에 접종하였다.

2) 대량배양

실내온도는 항상 20°C 내외로 유지되게 하고 접종 농도는  $40 \sim 80 \times 10^4$  cells/mL로 하여 통기 배양을 하였다. 조도는 연속조명으로 3,000~4,000 lux로 하였다. 배지의 첨가농도는 *Pavlova* 및 *Isochrysis* 배양은 A액만 1 ml/1비율로 첨가하였고, *Chaetoceros* 배양은 A액 및 C액을 각각 1 mL/1 비율로 첨가하였다. 접종 후 6~7일째에  $500 \sim 800 \times 10^4$

cells/mL 농도로 증식되면 이것을 해삼 유생의 먹이로 공급하였다.

| 분리배양<br>(한천배양)   | 원종보존<br>(300~500 mL)  | 중간배양<br>(3 L)   | 대량배양<br>(15 L 이상)   |
|--|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>고압멸균</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>조도: 500 ~ 1,000 lux</li> <li>정체보존</li> <li>고압멸균</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>조도: 3,000 ~ 4,000 lux</li> <li>통기</li> <li>고압멸균</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>조도: 3,000 ~ 4,000 lux</li> <li>통기</li> <li>약품멸균</li> </ul> |

그림 3-1-3. 먹이생물 배양 과정도.

먹이생물의 증식방법은 먼저 중간 배양된 2L의 먹이생물 원종을 15L 배양용기에 1 L씩 분주하여 배양하였으며, 배양액 1L당 배지의 첨가농도는 *Pavlova* 및 *Isochrysis* 배양은 A액만 1mL/1비율로 첨가하였고, *Chaetoceros* 배양은 A액 및 C액을 각각 1mL/1 비율로 첨가하였다. 접종 후 6~7일째에 500~800×10<sup>4</sup> cells/mL 농도로 증식되면 이것을 해삼 유생의 먹이로 공급하였다. 또한 500 L 원형 아크릴 수조에서 대량배양을 실시하였다.

먹이생물 배양을 위한 멸균해수는 0.5, 0.3, 0.1 마이크로 필터와 살균기, 정수기, 멸균기를 거쳐 멸균하였으며, 멸균시 70℃ 이상 온도로 끓인 다음 냉각시켜 사용하였다.



그림 3-1-4. 먹이생물 2L 배양.



그림 3-1-5. 먹이생물 15 L 배양.

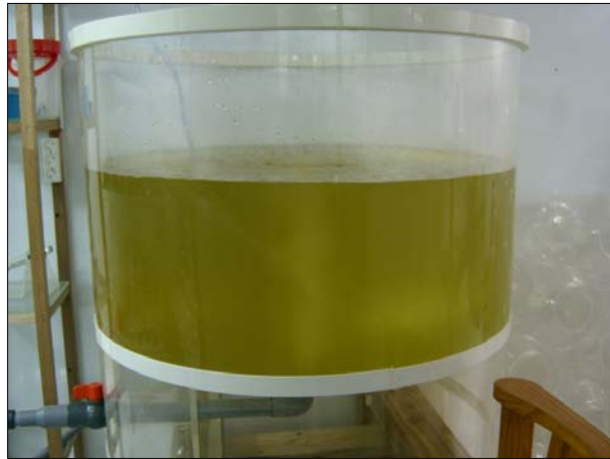


그림 3-1-6. 먹이생물 대량배양(500 L).

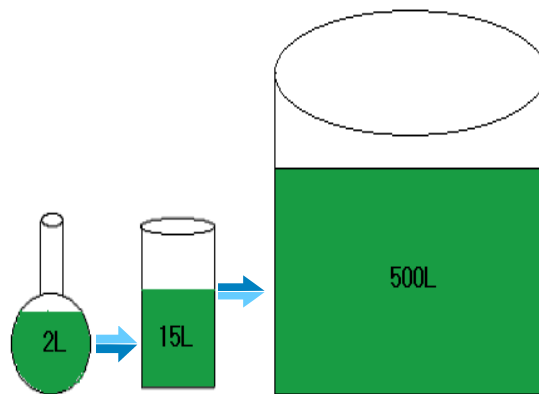


그림 3-1-7. 먹이생물의 증식.

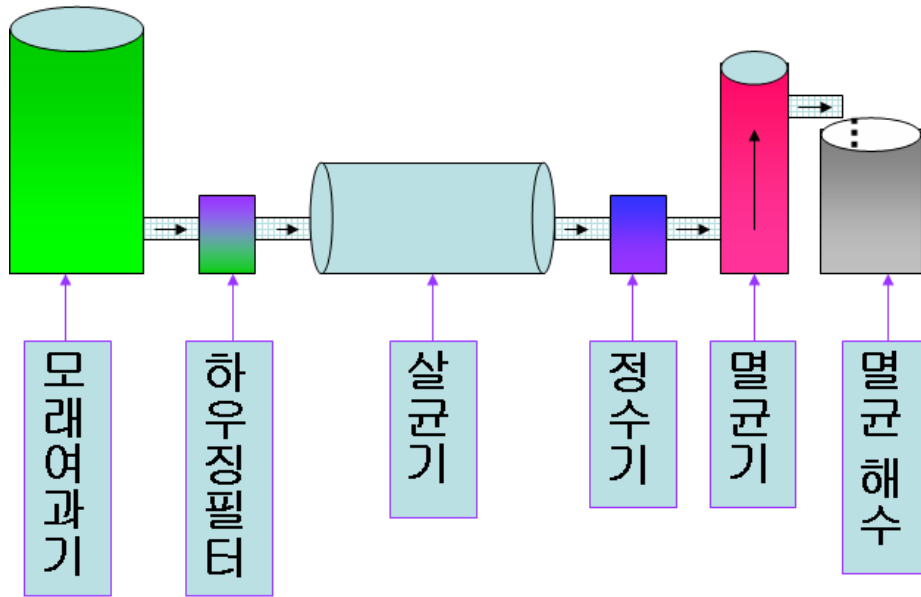


그림 3-1-8. 멀균해수 만드는 과정.

#### 4. 유생 사육방법 및 사육시설

유생수조의 해수 환수는 1일 1회 실시하였으며, 주수하면서 배수하는 방법을 사용하였다. 환수는 주수하는 해수의 양에 따라 시간을 정하여 환수하였으며, 환수시 유생 수조의 1/3정도씩 환수하였다. 환수시 5, 3, 1 $\mu$ m하우징 필터를 사용하였고 살균기를 통해 유생 수조에 주수하였다. 환수시 유생 수조의 해수와 주수 해수의 온도차를 0.5 $^{\circ}$ C 이하로 유지시켰다.



그림 3-1-9. 유생수조.

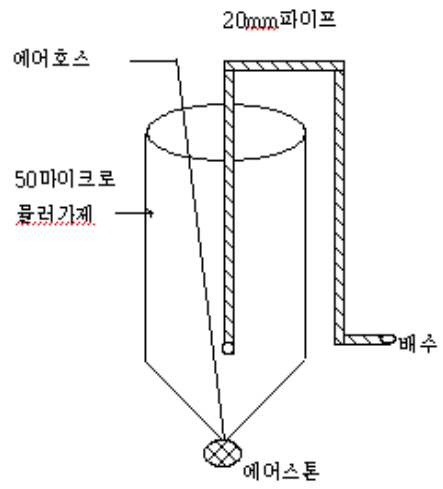


그림 3-1-10. 환수용 물러가제.

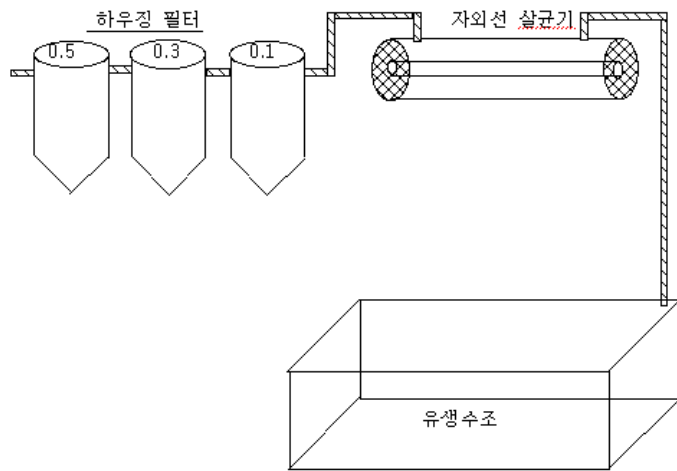


그림 3-1-11. 유생 사육수조의 물관리.

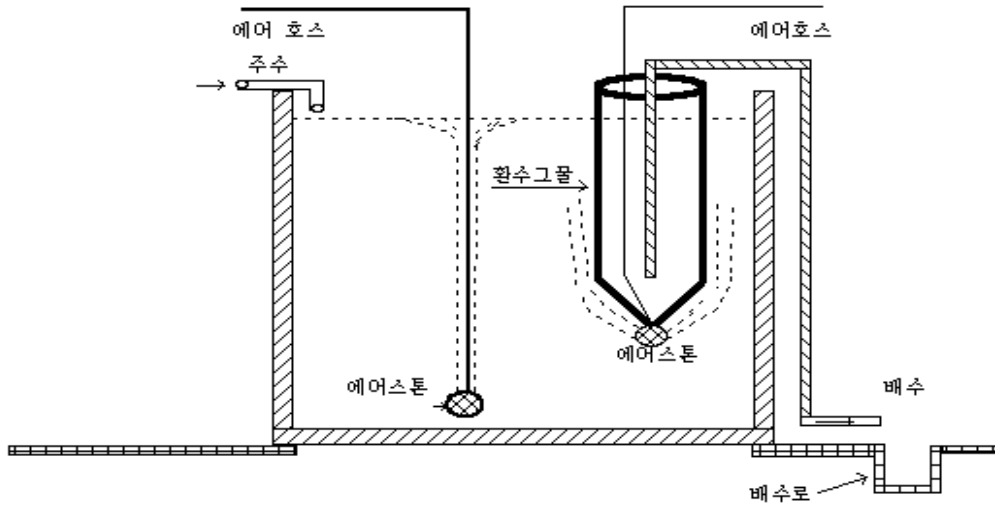


그림 3-1-12. 유생사육 수조의 해수 환수 모식도.

환수용 물러가제는 배수구 쪽에 담그고 에어호스에 에어를 공급하고 사이폰(입으로 20 mm 호스를 빨아 물이 나오게 함)하여 주수되는 물과 배수되는 물을 밸브로 조정하여 일정하게 나오게 하였다.

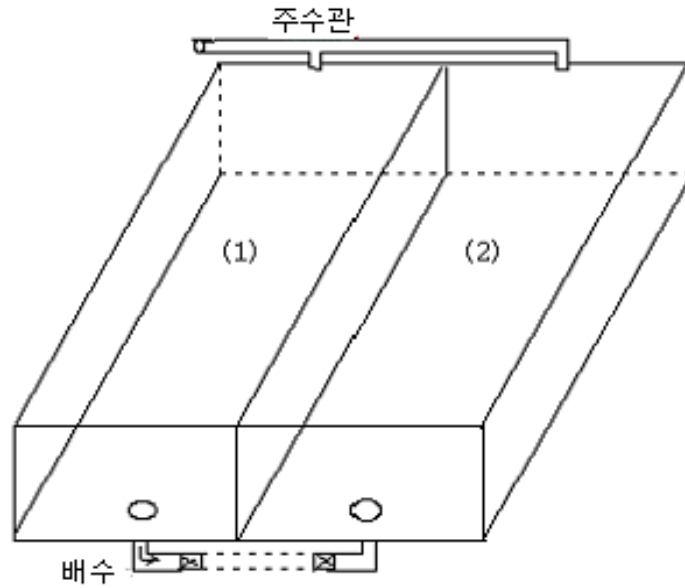


그림 3-1-13. 유생사육 수조.

(1)번 수조에서 (2)번수조로 유생을 사이폰으로 1/2을 옮기고 나머지는 물러가제로 옮겼으며, 유생을 옮기는 시기는 2일에 1회 옮김.

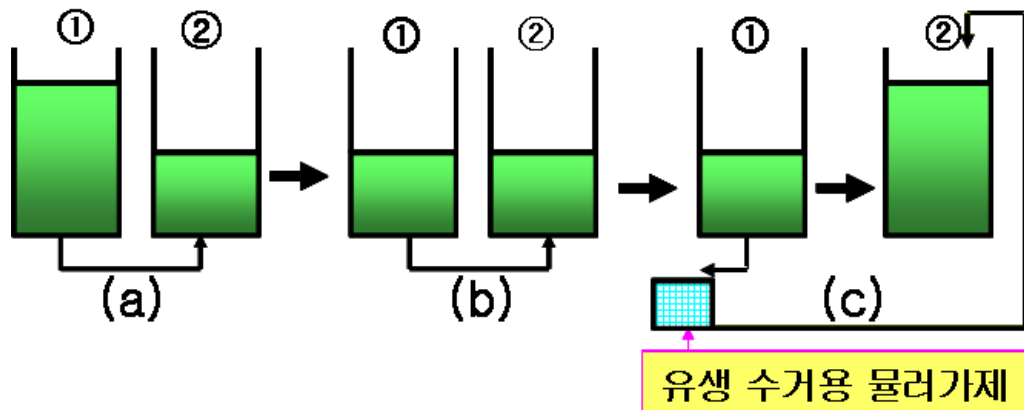


그림 3-1-14. 유생 사육수조에서 유생 옮기는 방법.

a와 같이 ①과 ②의 배수구를 연결하여 b와 같이 ①에서 ②로 절반을 옮김  
c와 같이 ①에 남은 유생을 물러가제로 수거하여 ②에 담아 해수를 주수

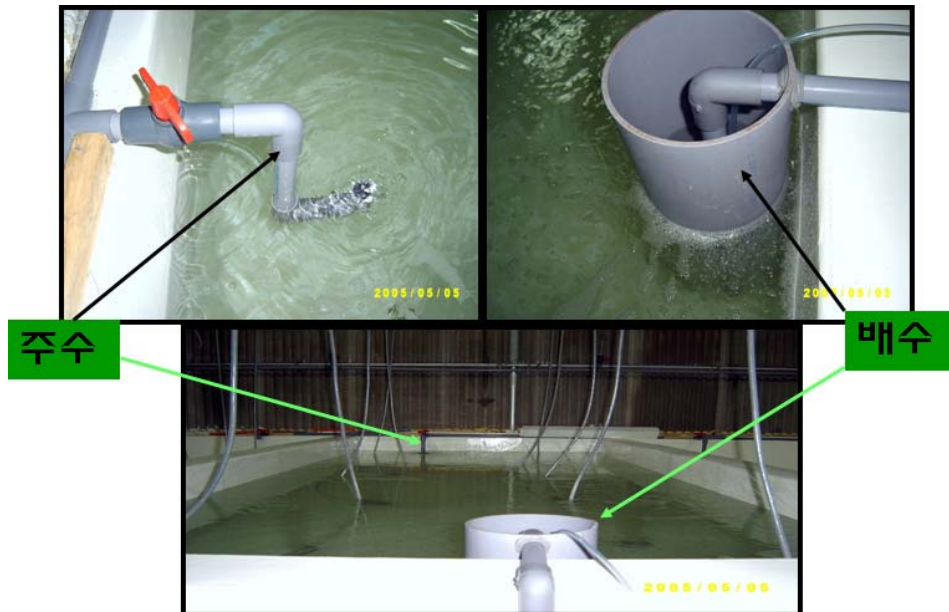


그림 3-1-15. 유생수조의 해수 환수.

## 5. 난 발생과 부유유생 사육 관리

산란유발 시험에 의해 얻어진 수정란이 20 L의 원형 부화통에서 부화되어 표층으로 떠오른 유생을 사육수조로 옮겨 배양하였다. 유생 사육수는 매일 전 수량의 1/2 정도씩 새로운 해수로 환수하였고, 바닥의 오염상태에 따라 바닥청소를 실시하였다. 유생사육은 실내에서 행하였으며, 직사광선이 쬐이지 않도록 하였고, 주간에는 형광등을 켜고, 야간에는 소등하고 지속적으로 에어를 공급하였다. 먹이는 *Pavlova lutheri*, *Isochrysis galbana*를 1:1로 공급하다가 나중에 *Chaetoceros simplex*도 1일 1회 공급하였다. 1일 먹이공급량은  $1\sim3\times10^4$  cells/mL로 하였고 이후 유생이 성장함에 따라 1일 2회(오전8시, 오후8시)씩  $2\sim4\times10^4$  cells/mL 밀도로 공급하였다.

해삼의 난은 분리 침성란으로 수정된 난은 원형 또는 타원형으로 크기는 150~160  $\mu\text{m}$ 였다. 수정란은 2세포기, 4세포기, 8세포기, 16세포기, 포배기, 낭배기를 거쳐 약 50~70시간이 경과하면 450~480  $\mu\text{m}$  크기의 *Auricularia* 유생이 되어 먹이를 섭취하기 시작하였다. 이후 12~14일 후에 *Doliolaria* 유생으로 변태되었고, 15~18일 후에 *Pentactula* 유생으로 변태되어 착저기에 이르렀다. 1억 4백만 마리의 부화유생 중 6천만 마리가 생존하여 생존율은 57.7%였다.



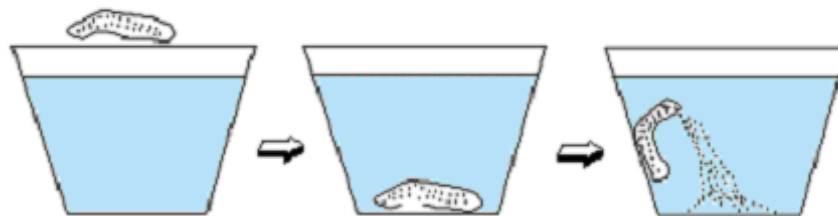
## 6. 채란 및 유생사육 결과(2005년 2차, 예시)

가. 일시 : 2005. 5. 10~5. 13

나. 장소 : 전남 완도(연안수산)

다. 산란유도(2005. 5. 10일 19:50~23:30)

- 1) 전기히터로 20.5℃로 미리 가온시킨 약 1,000 L의 해수
- 2) 채란통 준비(플라스틱, 40×45×20 cm, 약 20 L 용기)
  - 33개 설치, 각 통에 에어스톤 1개 설치
- 3) 해삼의 채란유도는 수온자극법을 사용하였으며, 자연수온 15~16℃, 자극수온 20~21℃로 5℃ 정도의 가온충격을 가했다.



사육수온 15℃

자극수온 20℃

산란

그림 3-1-16. 해삼 산란유발 모식도.

표 3-1-5. 산란 유도시의 어미 반응

| 시험수조  | 어미 수용(마리)               | 시험수조 | 어미수용(마리) | 비고  |
|-------|-------------------------|------|----------|---|
| 1     | 5                       | 18   | 5        | - 산란반응 개체<br>암컷(♀) : 7마리<br>수컷(♂) : 14마리<br>총 21마리<br><br>- 산란 반응률<br>: 11.5%<br><br>- 암컷 1마리의 평<br>균 수정란 생산량<br>: 238만 개 |
| 2     | 5(♂1)                   | 19   | 5        |   |
| 3     | 5                       | 20   | 5(♀1)    |   |
| 4     | 5(♂2)                   | 21   | 7(♂3)    |   |
| 5     | 5(♀1)                   | 22   | 5        |   |
| 6     | 5                       | 23   | 5(♀1)    |   |
| 7     | 5(♀1)<br>대형개체28cm(540g) | 24   | 5(♂1)    |   |
| 8     | 5                       | 25   | 5        |   |
| 9     | 7(♂2)                   | 26   | 5(♀1)    |   |
| 10    | 5                       | 27   | 7(♂3)    |   |
| 11    | 5                       | 28   | 5        |   |
| 12    | 5(♀1)                   | 29   | 6(♀1)    |   |
| 13    | 5                       | 30   | 8        |   |
| 14    | 5                       | 31   | 7(♂1)    |   |
| 15    | 5                       | 32   | 8        |   |
| 16    | 5                       | 33   | 8        |   |
| 17    | 5(♂1)                   |      |          |   |
| 어미사용량 |                         |      | 183마리    |   |

표 3-1-6. 채란 및 부화 유도시의 시간별 작업상황

- 채란유도

| 작업일             | 작업내용   | 비고   |
|-----------------|--|--|
| 5. 10일<br>19:50 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자연수는 15℃로 관리해온 해삼 어미를 채란통 1개(20 L)에 5마리씩 수용(작은 어미는 7~8마리 수용)</li> <li>- 어미해삼은 채란하기 3일 전에 내장잔존물 제거를 위해 단식시킴</li> <li>- 채란에 사용된 어미 : 2004년 자체 양성분과 05. 4. 20일 60 kg 구입분 (조금 때 작업)</li> <li>- 채란에 사용된 어미 : 체장 17 ~19 cm, 체중 165~540 g (평균 273 g)</li> <li>(7번 수조 대형개체 1마리는 전장28 cm, 체중 540 g)</li> </ul> |  |
| 5. 10일<br>19:52 | ○ 20.5℃로 미리 가온(전기히터로 약 1,000 L의 해수를 플라스틱 통에 담아 가온)해둔 해수를 채란통 1개당 15L씩 주입   |  |
| 5. 10일<br>20:25 | ○ 가온 약 30분 경과 후 산란동작 징후, 일부개체 채란통 벽면으로 이동, 꼬리부분을 벽에 붙이고 움직임이 심해짐   | -머리를 쳐들고 좌우로 흔들어댐                          |
| 5. 10일<br>20:40 | ○ 가온 48분 경과 후 24번 채란통에서 ♂ 1마리 최초 산란(20:40), 17번 채란통에서 1마리 산란 ♂확인 즉시 암수 구별을 위해 ♂ 2마리를 플라스틱 통에 별도 수용(수용 후 계속 방정), ♀ 1마리 산란(채란통 5번)   | -최초 수컷이 먼저 산란, 이어서 암컷 산란함<br>-암컷의 알이 가라앉음. |
| 5. 10일<br>21:30 | ○ 20:40분 최초 산란 ♂과 ♀(우은 21:20분경 산란)이 혼합된 수정란을 1차세란 후 21:35분 20 L용 플라스틱 통(제 1 수정통, 해수 10 L)에 수용  |  |
| 5. 10일<br>21:40 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 20번 수조에서 ♀ 1마리 산란 세란, 9번 채란통에서 산란된 정자로 수정시킴. 그러나 산란량 부족으로 최초 제1 수정통에 수정란을 혼합(따라서 제1수정통(450만개)은 2마리의 ♀ 산란분임)</li> <li>- 5. 10일 21:50분 현미경 검경 결과 제1 수정통은 정상수정 70%, 난막 파손 30%(정자 과다 침투로 생각됨), 현미경 100배 촬영</li> </ul>   |  |

표 3-1-6. 계속

| 작업일                       | 작업내용   | 비고  |
|---------------------------|--|---|
| 5. 10일<br>22:10~<br>22:40 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ♀ 4 마리(채란수조 12, 23, 26, 29)에서 산란,</li> <li>○ ♂ 12 마리(채란수조 4, 21, 9, 2, 31, 27)에서 산란               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 각각의 암컷 채란통에서 꺼낸 알을 세란 후 수정통에 옮긴 다음 비커로 수컷 정자액(약 500ml)을 담아 뿌려줌</li> <li>- 정자 초과로 호스에 물을 흘려 다시 세란시킴</li> <li>- 채란수조 23번은 23:20분에 제2수정통에 수용(10 L해수), 수정란 120만개(수정란 1 ml 120개)</li> <li>- 채란수조 26번, 29번은 23:40분에 제 3수정통에 수용(10 L 해수), 400만개(수정란 1 ml 400개)</li> <li>- 채란수조 12번은 23:50분에 제 4수정통에 수용(10 L해수), 300만개(수정란 1 ml 300개)</li> </ul> </li> </ul> | -암컷은 3~4회 정도 배란하였으며, 총 배란 시간은 10~25분 정도에 이름 |
| 5. 10일<br>23:30           | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ♀ 1마리(대형크기, 전장 28 cm, 체중 540 g) 채란(채란수조 7번), 21번 정자로 수정, 수정후 수정란 침전까지 약 50분 소요, 400만개(수정란 1 ml 400개)</li> </ul>   |   |

라. 참고사항

- 1) 암컷을 분리시켜 단독 산란시 방란된 알은 정자 수정 전에 바로 세란.
- 2) 난자 세란 후 정자 투입 → 수정여부 현미경 관찰.
- 3) 정자수정을 현미경으로 확인 후 정자가 많을 경우 수정란을 다시 세란.
- 4) 수정 후 수정란 침전까지는 약 50분 소요.
- 5) 수정 후 침전된 수정란의 윗물을 따라낸 후 플라스틱 부화통에 적정량으로 분산 수용.
- 6) 6월 중 채란 유도시 날씨가 흐리거나 비가 올 징후가 있을 때 수조 안에서의 자연산란에 대비하여 사전에 채란준비를 완료하였음.
- 7) 부화유생을 유생 사육수조(1.5 m×4 m×1 m)에 수용 후 2일부터 1일 2시간씩 환수함.

표 3-1-6. 계속

- 부화유도(수정란 통을 콘크리트 부화조에 띄움)

| 작업일  | 작업내용   | 비고 |
|--|--|----|
| 5. 10일<br>23:05  | ○ 제1수정통의 란(산란우 2마리, 수정통 해수 15 L, 450만개)을 부화 콘크리트 수조에 10개의 플라스틱 통(20 L)에 45만개씩 분산하여 유생사육 수조에 띄움               |    |
| 5. 10일<br>23:20  | ○ 제2수정통의 란(산란우 1마리, 수정통 해수 10 L, 120만개)을 부화 콘크리트 수조에 2개의 플라스틱 통(20 L)에 60만개씩 분산하여 유생사육 수조에 띄움                |    |
| 5. 10일<br>23:40  | ○ 제3수정통의 란(산란우 2마리, 수정통 해수 10 L, 400만개)을 부화 콘크리트 수조에 10개의 플라스틱 통(20 L)에 40만개씩 분산하여 유생사육 수조에 띄움               |    |
| 5. 10일<br>23:40  | ○ 제4수정통의 란(산란우 1마리, 수정통 해수 10L, 300만개)을 부화 콘크리트 수조에 10개의 플라스틱 통(20 L)에 30만개씩 분산하여 유생사육 수조에 띄움                |    |
| 5. 11일<br>00:20  | ○ 제5수정통의 란(산란우 2마리, 수정통 해수 10 L, 400만개)을 부화 콘크리트 수조에 9개의 플라스틱 통(20 L)에 40만개씩 8개, 80만개씩 1개)에 분산하여 유생사육 수조에 띄움 |    |
| <p>※ 수정란 1,670만개를 41개 플라스틱 부화통에 분산 수용하여 유생 사육수조 (1.5m×4m×1m)에 띄움</p> |  |    |

표 3-1-6. 계속

- 유생부화 관찰

| 작업일             | 작업내용   | 비고 |
|-----------------|--|----|
| 5. 11일<br>00:15 | ○ 최초 수정분(제1수정통의 란) 2분할 진행 중, 극히 일부는 4분할 진입(최초 암수를 혼합한 것은 부화율이 30% 정도로 낮았음)   |    |
| 5. 11일<br>09:30 | ○ 분리 수정시킨 것은 95% 상실기에 도달<br>혼합 자체 수정된 것은 20% 수정란 분할  |    |
| 5. 11일<br>20:00 | ○ 부화유생 떠오르기 시작(현재수온 16.5℃)   |    |
| 5. 11일<br>21:00 | ○ 부화유생 30~50%내외 떠오름(낭배기 단계)  |    |
| 5. 11일<br>22:00 | ○ 부화유생 90% 떠오름<br>- 떠오른 유생 90%를 유생사육수조(1.5m×4m×1m)에 넣어줌<br>- 아직 떠오르지 않은 유생 10%(유생을 사육수조에 넣을 때 가라앉은 량)를 모아 부화될 때까지 청색통 3개에 수용 |    |
| 5. 11일<br>22:10 | ○ 유생사육수조 수온 17.5℃  |    |
| 5.11일<br>22:15  | ○ 유생사육수조 air분지 투입  |    |
| 5. 11일<br>23:00 | ○ 나머지 부화유생 10% 투입  |    |
| 5. 11일<br>24:00 | ○ 수정란 1670만개 중 1370만개(82%) 부화  |    |
| 5. 11일<br>24:00 | ○ 유생사육수조에 air를 약하게 공급(에어분지 8×2.5 cm, 10개)  |    |
| 5. 13일<br>12:00 | ○ 혼합규조류 투입(유생사육수조에 15L×3종=45L)공급   |    |
| 5. 15일<br>10:00 | ○ 유생수조 옮김(이후부터는 3~4일 간격으로 유생수조 옮김)<br>- 유생수조 옮길 때는 배수구를 호스로 연결 자연압력으로 수조유생의 50%를 옮기고 나머지 50%는 밀러가제(50 μm)로 받아 교체수조로 옮김       |    |

## 7. 채란, 수정 및 유생의 성장(2005년 5월 2일 채란분)

### 가. 채란, 수정, 유생사육



그림 3-1-17. 그물망에 수용한 어미 해삼.



그림 3-1-18. 채란수조 어미 수용.



그림 3-1-19. 채란수조에 가온해수 차극.

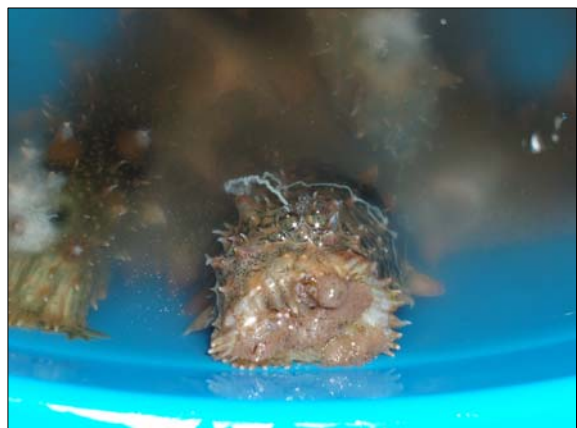


그림 3-1-20. 수컷의 방정.



그림 3-1-21. 암컷의 방란.

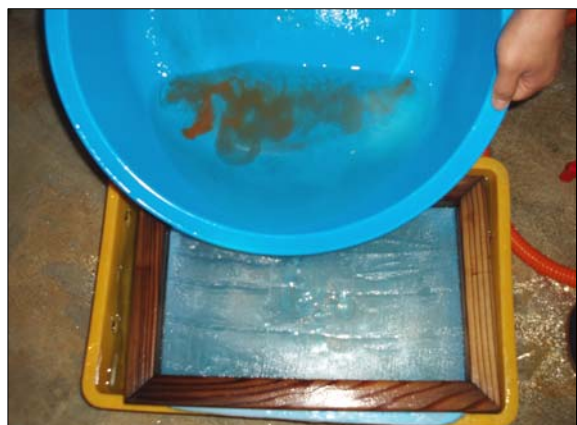


그림 3-1-22. 수정 전 세란.





그림 3-1-23. 수정.



그림 3-1-24. 수정 후 세란.



그림 3-1-25. 부화.



그림 3-1-26. 유생 수용.



그림 3-1-27. 유생 사육수조.



그림 3-1-28. 유생 먹이공급.



나. 유생의 일별 성장(2005. 5. 2일 채란분)

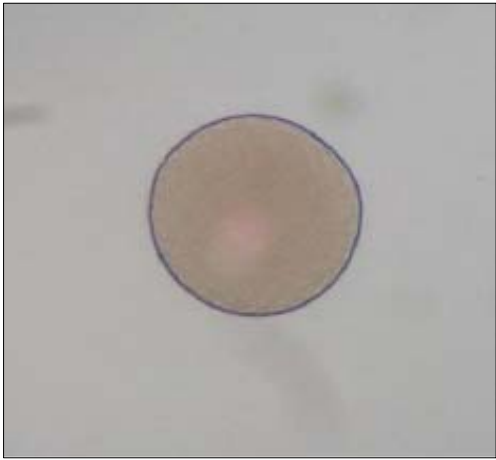


그림 3-1-29. 5월 2일 22시 수정.

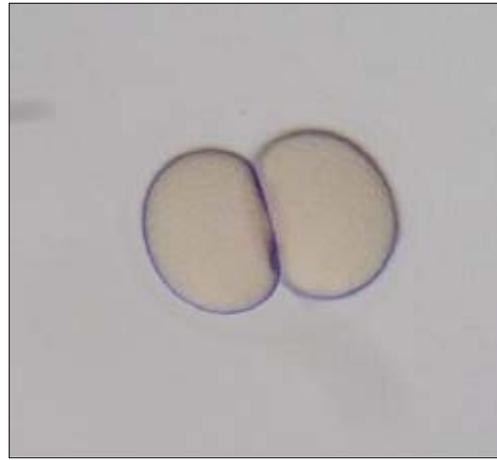


그림 3-1-30. 5월 2일 24시(2세포기)

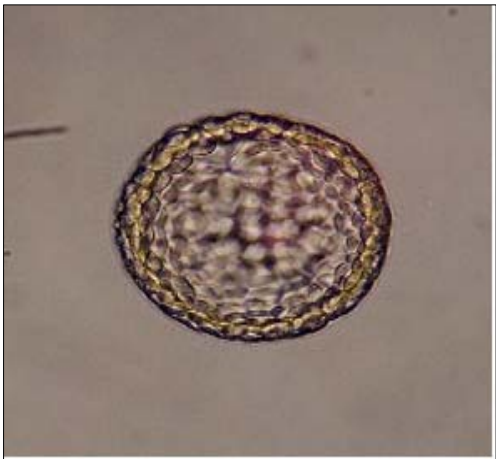


그림 3-1-31. 5월 3일 11시(상실기).

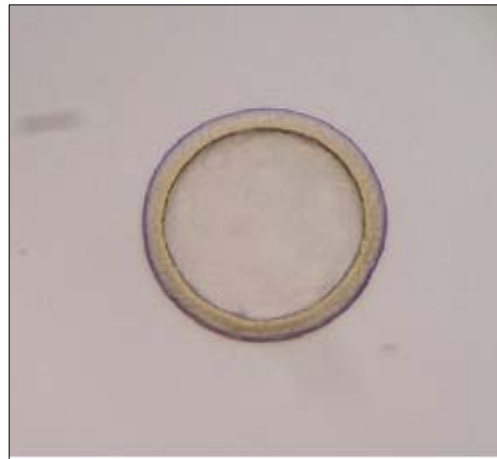


그림 3-1-32. 5월 3일 20시(포배기).

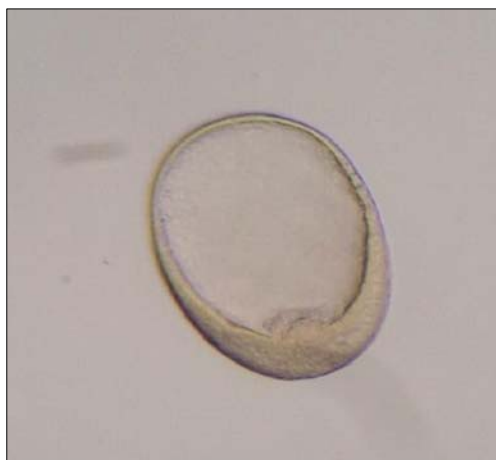


그림 3-1-33. 5월 3일 23시  
(초기 낭배기).



그림 3-1-34. 5월 4일 10시  
(후기 낭배기).



그림 3-1-35. 5월 5일 09시  
(초기 아우리쿨라리아).



그림 3-1-36. 5월 6일 10시  
(초기 아우리쿨라리아).



그림 3-1-37. 5월 7일 10:43분.



그림 3-1-38. 5월 8일 14:52분.



그림 3-1-39. 5월 9일  
(중기 아우리쿨라리아).



그림 3-1-40. 5월 10일  
(중기 아우리쿨라리아).



그림 3-1-41. 5월 12일  
(후기 아우리쿨라리아).



그림 3-1-42. 5월 13일  
(후기 아우리쿨라리아).

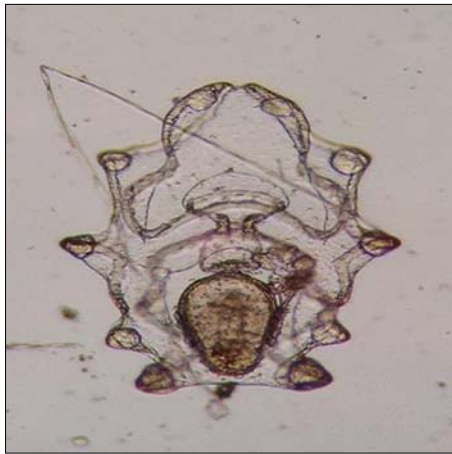


그림 3-1-43. 5월 14일  
(도리오라리아 직전).

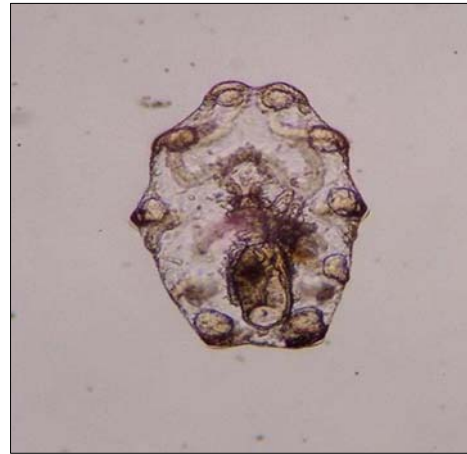


그림 3-1-44. 5월 15일  
(초기 도리오라리아).

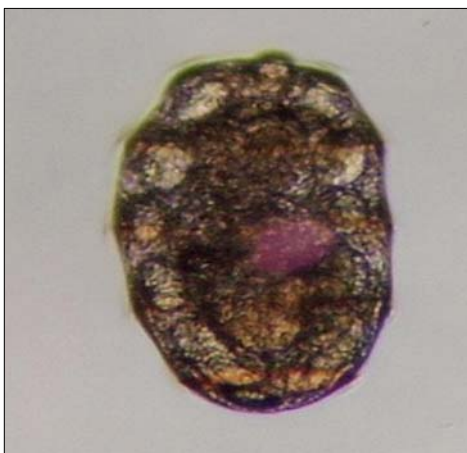


그림 3-1-45. 5월 16일  
(중기 도리오라리아).



그림 3-1-46. 5월 17일  
(후기 도리오라리아, 채묘기투입준비)

## 8. 채 묘

착저기에 도달한 해삼 유생의 채묘기는 투명 폴리에틸렌 염화비닐 파판을 15매씩 홀더에 끼우고 파판을 옆으로 눕혀 미리 규조류를 부착시킨 파판에 채묘하였다. 채묘 시기는 도리오라리아, (Doliolaria) 유생이 60~70%, 펜텍투라(Pentactula) 유생이 30~40% 이상 출현하였을 때 채묘를 실시하였다. 사육수는 지수상태로 하여 적당하게 에어를 공급하였고, 3일째부터 부유유생의 부착유무를 파악한 후 소량씩 유수를 시작하였다. 채묘 후 5일째에 파판에 부착된 새끼해삼을 계수하여 채묘율을 계산하였다. 먹이는 *Pavlova lutheri*, *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros simplex*를 4:4:2 비율로 1일 1회씩 채묘 후 6일째까지 공급하였다.

2005년의 채묘시험 결과 부착기 유생수 6,000만 마리 중 50%인 3,000만마리가 채묘되었으며, 채묘기 파판 1장당 약 1,000마리가 부착되었다. 2006년의 채묘성적은 부착기 유생수 4,000만 마리 중 40%인 1,600만 마리가 채묘되었으며, 채묘기당 약 800마리가 부착되었다.

표 3-1-7. 채묘시험 결과

| 일 자                    | 채묘회수 | 유생수<br>(만마리) | 파판사용수<br>(장) | 채묘량<br>(만마리) | 채묘율<br>(%) | 파판 1장당<br>초기부착수(마리) |
|------------------------|------|--------------|--------------|--------------|------------|---------------------|
| 2005. 5. 25<br>~ 6. 19 | 10회  | 6,000        | 30,000       | 3,000        | 50         | 1,000               |
| 2006. 6. 3<br>~ 7. 7   | 4회   | 4,000        | 20,000       | 1,600        | 40         | 800                 |

### 가. 채묘유생 관리

채묘된 유생은 파판에 자연 부착된 규조류와 함께 채묘 후 6일째까지는 *Pavlova lutheri*, *Isochrysis galbana* 등의 먹이를 공급하고 그 이후부터는 낮은 조도로 파판에서 규조류의 자연 발생을 유지하면서 지충이 등의 즙을 공급하였다. 지충이 즙은 연안에서 지충이를 채취하여 가위로 잘게 자른 후, 해수와 섞어 2번 반복하여 즙을 내었으며, 지충이 즙 100 L에 이스트 750 g을 첨가하여 48시간 발효시킨 후 물러가제로 걸러낸 지충이 즙만을 공급하였다.

해삼 종묘생산 과정에서 문제점은 2004년의 경우 유생 채묘시 해수를 부착기 이전에 공급하여 일부 부착기 유생의 유실이 발생하였고, 2005년에는 저서성 요각류의 번식으로 채묘 이후 폐사가 증가하였다. 2006년의 경우는 연안 해수의 저수온 지속으로 채묘

시기가 늦어졌으며, 저서성 요각류는 구충제인 트리클로르폰에 의해 구제되었다.

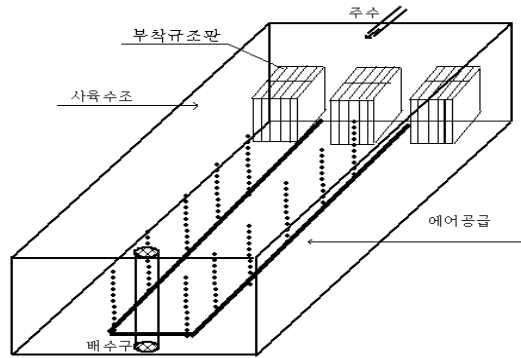


그림 3-1-47. 유생 채묘수조 모식도.

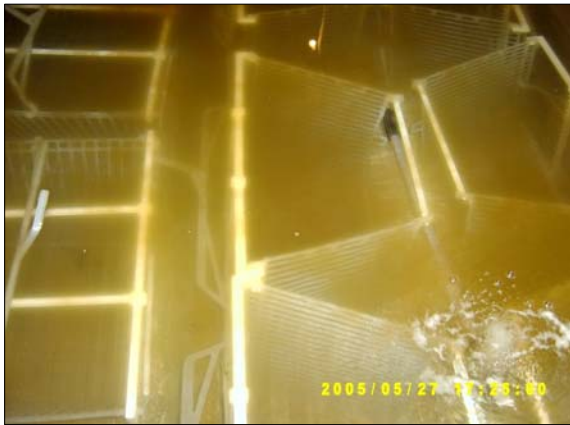


그림 3-1-48. 골판 채묘.



그림 3-1-49. 평판 채묘.



그림 3-1-50. 5월 22일  
(Pentactula 부착기 유생, 채  
묘기 투입시기).



그림 3-1-51. 5월 28일  
(Pentactula 부착기 유생).





그림 3-1-52. 6월 3일.



그림 3-1-53. 6월 18일.



그림 3-1-54. 7월 8일 새끼 해삼.



그림 3-1-55. 새끼 해삼의 대량부착.



그림 3-1-56. 한국형 종묘생산 기술개발에 의한  
우량 종묘생산.

나. 지충이 즙 제조 및 먹이공급



그림 3-1-57. 지충이 잘게 자름.



그림 3-1-58. 지충이 채집.



그림 3-1-59. 발효.



그림 3-1-60. 지충이 분쇄.



그림 3-1-61. 지충이 즙 거름.



그림 3-1-62. 지충이 즙 공급.



## 9. 홍해삼의 인공 종묘생산

홍해삼 인공종묘 대량생산 기술개발은 전남 완도(연안수산)에서 채란 및 유생사육, 먹이생물 배양, 채묘 및 유생관리, 새끼해삼 사육을 실시하였다.

극피동물 중 해삼과에 속하는 해삼(*Stichopus japonicus*)은 바다의 인삼으로 불리거나 최고의 스테미너 식품으로 그 인기가 날로 높아지고 있다. 그러나 자연에서 생산량이 매년 감소되고 있어 소비 수요에 대응하기 위해서는 인공종묘의 대량생산과 양식이 시급하다.

지금까지 동일종으로 알려져 있는 해삼은 Isozyme 연구 결과, 유전자 그룹은 하나이지만 유전적으로 여러 형태가 존재하는 것으로 추정하고 있다. 해삼은 미세한 특징적 차이에 의해 일반적으로 청해삼, 홍해삼, 흑해삼 등으로 불려지고 있다. 이들은 분포 및 서식장소, 몸의 신축성과 난의 형태, 변태 이후 어린 해삼 시기의 체색변화 패턴, 내부 및 외부기관의 구조 등에 많은 차이점이 있어 본 연구에서는 홍해삼을 따로 구분하여 인공종묘 생산시험을 실시하였으며 국내에서는 처음으로 성공하였다.

본 연구에 사용된 홍해삼 어미는 2004년 3월 14일과 4월 6일에 완도군 청산면 연안에서 채취된 것으로 전중량 범위는 496~1,490 g(평균 714 g)이었다. 어미 관리수조는 전복수조를 이용하였고, 산란유발 때까지 생미역과 다시마를 먹이로 공급하였다.



그림 3-1-63. 홍해삼 어미.



그림 3-1-64. 홍해삼 산란.

### 가. 홍해삼의 산란유발

홍해삼의 산란유발은 2004년 5월 19일부터 6월 13일까지 총 5차에 걸쳐 이루어졌으며, 1차(5월 19일) 채란과 2차(5월 23일) 채란은 수온 16℃에서 21℃, 16.4℃에서 21.5℃의 가온해수로 5℃ 정도의 온도자극을 가했으나 미성숙란에 의해 실패하였다. 3차 채란



은 6월 10일 수온 17℃에서 22℃의 가온해수로 4시간 자극한 후 자연수온에서 6시간 자극을 통한 냉온수법을 병행하여 채란에 성공하였으며, 4차 채란은 6월 11일에, 5차 채란은 6월 13일에 같은 방법으로 채란하였다. 6월 10일부터 6월 13일까지 3차례에 걸친 산란유발에서는 모두 55마리의 홍해삼 어미가 사용되었으며, 그 중 암컷은 12마리, 수컷은 19마리가 산란에 참여하여 산란 가입률이 10.9~27.3%를 나타내었다. 암컷 12마리의 총 산란량은 15,400만개로 1마리당 평균 산란량은 1,283만 개로 나타났다.

산란유발은 미리 암수를 선별하여 40 L 용기 1개에 어미 홍해삼 1마리씩 수용한 구와 200 L 통 1개에 5~10마리씩 수용구로 분리하였다. 산란유발 결과, 1마리의 산란량은 600~2,000만개로 해삼에 비해 월등히 많았으며, 산란량은 체중에 비례하는 경향을 보였다. 수정란의 부화는 20 L의 원형 용기에 15만~20만개씩 수용하여 부화시켰다.

표 3-1-8. 홍해삼의 산란유발

| 일 자            | 온도자극<br>(℃) | 산란어미(마리) |   | 산란량<br>(만개체) | 수정률<br>(%) | 부화율<br>(%) |
|----------------|-------------|----------|---|--------------|------------|------------|
|                |             | ♀        | ♂ |              |            |            |
| 2004.<br>5. 19 | 16.0→21.0   | -        | - | -            | -          | -          |
| 5. 23          | 16.4→21.5   | -        | - | -            | -          | -          |
| 6. 10          | 17.0→22.0   | 4        | 6 | 4,500        | 71.1       | 78.1       |
| 6. 11          | 17.0→22.1   | 6        | 9 | 7,000        | 82.0       | 85.4       |
| 6. 13          | 17.3→22.5   | 2        | 4 | 3,900        | 76.9       | 83.3       |

#### 나. 홍해삼의 난 발생

홍해삼의 난경은 154~160 μm이며, 난 발생은 수온 20℃에서 수정 후 2시간 30분 만에 4세포기, 4시간 20분에 16세포기, 13시간 20분에 포배기, 20시간 30분 후에 낭배기에 이르면서 부화하였다. 유생의 먹이로는 *Chaetoceros simplex*와 *Pavlova lutheri*, *Isochrysis galbana*를 공급하였으며, 이후 59시간 경과 후 *auricularia* 유생으로 되었다. 산란으로 부터 *pentactula* 유생까지 채묘에 이르는 기간은 14~18일이 소요되었다. 전체 채묘량은 810만 개였으며, 채묘율은 8.18%였고 부착률은 2.4~27.6%였다.

#### 다. 홍해삼의 성장

채묘된 새끼 홍해삼은 채묘 후 48일 만에 5~10mm(평균 7.4mm), 102일 경과 후 7.9~20.6mm(평균 12.7mm) 크기로 성장하였다. 분양시기인 11월 12일까지 137일간의 성장은 7.5~28.5mm(평균 15.8mm)였으며, 채묘로 부터 최종 생산량은 10만 마리로 생존율은 1.23%였다.

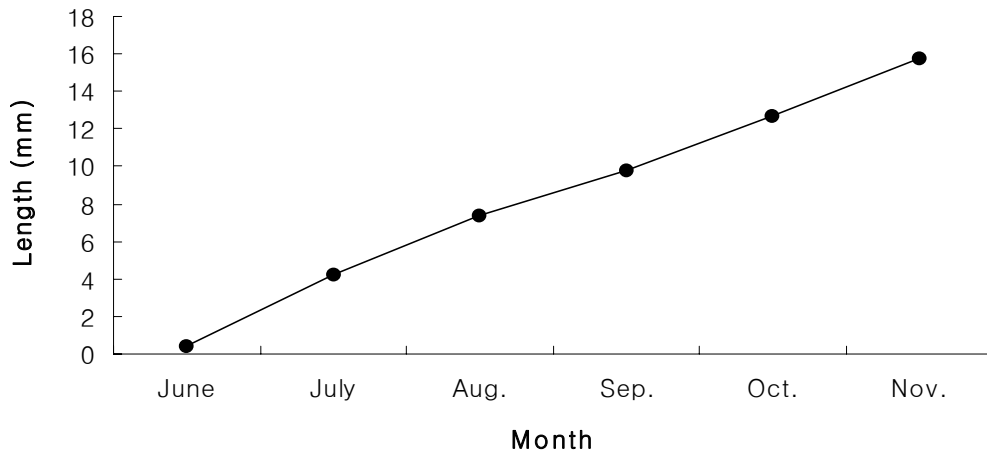


그림 3-1-65. 홍해삼의 전장 성장.

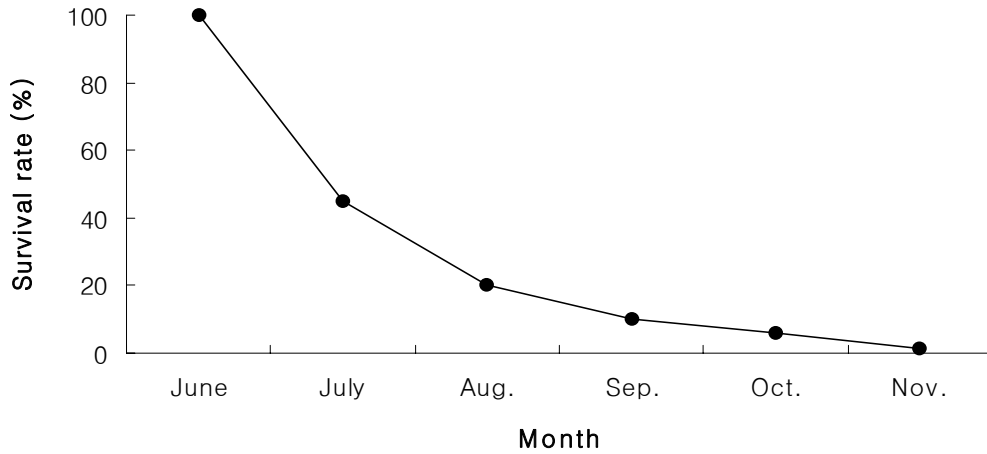


그림 3-1-66. 홍해삼의 생존율.

#### 라. 새끼 홍해삼의 특성

채묘된 새끼 홍해삼은 해삼에 비해 초기 성장이 빠르게 나타났다. 어린 시기의 홍해삼은 몸의 체색이 흰색 바탕에 군데군데 붉은 색의 작은 반점이 있었으며 붉은색 반점을 빼면 전체적으로 흰색에 가깝다. 반면, 해삼(청해삼)은 어린 시기에 오히려 몸 전체가 적색을 보이는 경우가 많아 해삼을 홍해삼으로 오해할 수 있다. 특히 종묘 생산기의 어린 해삼일 때는 해삼이 붉은색을 띠는 반면 홍해삼은 흰색을 띄는 것을 이용하여 해삼을 홍해삼으로 속여 중국에서 수입한 경우도 있다.



그림 3-1-67. 어린 홍해삼.



그림 3-1-68. 어린 해삼(청해삼).



그림 3-1-69. 홍해삼의 성장(등면).



그림 3-1-70. 홍해삼의 성장(배면).



그림 3-1-71. 국내 최초로 대량생산에 성공한 홍해삼 새끼.



그림3-1-72. 파판에서 성장 중인 홍해삼 종묘.

## 10. 인공종묘 대량생산 기술 산업화 유도

해삼 양식 기술개발이 시작된 2003년에는 해삼 종묘를 생산하는 곳이 국내에 1개소 밖에 없었으며, 점차 증가하여 2005년에는 인공종묘생산 업체수가 11개 업체로 증가하였다. 2003년까지 전국의 종묘 생산량은 연간 20만 마리 내외였으나 대량생산 기술지원에 의해 2005년에는 약 5,910만(전장 1cm 내외)의 종묘가 생산되었고 2006년에는 전장 3cm 기준으로 약 3,000만 마리의 종묘생산이 예측되고 있다.

2005년의 종묘생산량 5,910만 마리 중 당년 출하량은 1,090만 마리, 2006년 이월량은 약 1,800만 마리로 추정되었으며, 나머지 3,020만 마리는 중국산 종묘반입에 의한 출하부진 및 겨울철 저수온과 먹이공급 부진 등 중간육성관리 미흡에 의해 대량 폐사한 것으로 추정된다.

해삼 인공종묘의 대량생산 기술 정착에 따른 국내산 종묘 수급의 원활화와 중국산 불법 종묘 수입 등으로부터 국내 해삼 양식산업의 안정화를 유도하기 위해 2006년 1월 19일 전남 완도 연안수산에서 종묘생산 어업인과의 종묘생산 기술증진 및 양식 산업화를 대책마련을 위한 좌담회를 개최하여 의견을 수렴하였다.

토론 주요내용 및 어업인 요구사항은 다음과 같다.

① 전남 완도 지역에서 중국산 해삼 종묘의 불법 유통 사례가 많다는 정보가 있으며, 2005년부터 2006년 3월까지 1천만 마리 이상의 종묘 수입 이식승인이 허가되었으나 국내 반입 후 실제 양식을 하고 있는지의 여부를 확인 요청하고 있음. 특히 불법 종묘수입을 방지할 경우 국내 해삼 종묘생산 산업이 정착되기도 전에 난관에 봉착할 가능성이 높아 강력 통제를 요망하고 있음.

② 지방자치단체의 국내산 종묘 매입방류 예산 확대를 요구하고 있으며, 매입방류 입찰시 현장조사를 강화하여 국내에서 종묘 생산 실적이 없는 업체는 제외토록 요구하고 있음.

③ 중국산 해삼종묘의 불법 반입을 차단하기 위해서는 국내산 해삼의 우량종묘생산이 필수적이므로 종묘의 중간육성기술개발을 시급히 추진해 주도록 요구함.

④ 본 토론회에서 해삼 종묘 생산협회가 구성되었으며, 회장 1인(정남진수산 김중현), 총무 1인(연안수산 김용덕)을 선임하고 협회 사무소는 완도 연안수산에 두기로 하였음.

⑤ 해삼 양성용 배합사료의 시급한 개발을 요청하였으며 전북-해삼 복합양식에 대

한 기술 개발 및 보급, 수익창출이 가능한 해삼 양식모델 개발, 보급 등을 요청하였음.

⑥ 해삼 양식연구회 창립총회 및 간담회를 2006년 3월 중순 서해수산연구소에서 개최토록 하였음.

표 3-1-9. 국내 해삼 인공종묘생산 및 출하 현황(2005. 12월)

| 구분       | 지역           | 계       | 인천    | 충남 | 전남    | 경남    | 강원   | 제주  | 비고            |
|----------|--------------|---------|-------|----|-------|-------|------|-----|---------------|
| 종묘<br>생산 | 업체수          | 11      | 2     | 1  | 4     | 2     | 1    | 1   |               |
|          | 생산량<br>(만마리) | 5,910.5 | 1,680 | 90 | 2,240 | 1,480 | 20.5 | 400 | 전장 1 cm<br>내외 |
| 출하       | 출하량<br>(만마리) | 1,090   | 180   | 30 | 430   | 450   | 0.5  | -   | 전장 3 cm<br>내외 |

※ 종묘생산동향 : 2005년의 종묘생산량 약 5,910만 마리 중 출하량은 1,090만 마리, 2006년 이월량은 1,800만 마리였고, 겨울철 기간 중 저수온 및 먹이부족 등 중간 육성 관리미흡으로 3,020만 마리로 추정되는 대량폐사가 발생하였음.



그림 3-1-73. 해삼 종묘생산 및 판매, 양식기술 증진을 위한 좌담회 광경.

## 제2절 해삼 육상양식 기술개발

### 1. 육상 수조식 양식 기술개발

해삼의 단독 육상수조 양식 기술개발은 서해수산연구소(인천시 을왕동)와 전남 완도의 개인 양식장에서 시험연구가 이루어졌다. 서해수산연구소에는 실험규모의 사육 시설을 설치하였고, 완도에서는 전복 생산용 수조에 패류용 셸터를 이용하여 현장 산업화 규모로 시험을 실시하였다.

#### 가. 적정 수용밀도 조사

2004년 1월부터 6월까지 100L 수조에 1cm 내외의 어린 해삼을 200, 300, 500, 1,000마리 밀도로 수용하여 매월 생존율과 성장도를 2반복 시험구로 조사하였다. 사육수의 순환은 유수식으로 하였으며, 적절한 용존산소량을 유지하기 위하여 aeration을 하였다. 수온은 자연수온을 유지하였고, 먹이는 미역과 다시마를 분쇄기(Warning, USA)로 분쇄하여 공급하였으며, 분쇄된 입자는 1~50 mm 크기까지 다양하였다. 먹이 공급량은 사육수조 내 어린 해삼 총 중량의 10%를 4일마다 공급하였다. 수조 내에는 셸터를 설치하여 해삼의 은신처를 제공하였으며, 어린 해삼의 활발한 먹이섭식 활동과 스트레스 감소를 위하여 수조에 차광막을 설치하여 빛 투과량을 조절하였다.

생존율 조사는 실험 시작 6개월 후 어린 해삼의 개체수를 계수하여 측정하였으며, 성장도는 전장과 육중량을 측정하여 판단하였다. 전장은 digital vernier calipers (Mitutoyo, Japan)로, 육중량은 직독식 전자저울(A&D, Japan)로 소수점 2째 자리까지 측정하였다.



그림 3-2-1. 해삼 실내 사육 수조.



그림 3-2-2. 사육 수조 내 해삼 셸터.



1월부터 6월까지 육상수조의 수온은 4.2~18.0 °C 범위로 1~2월은 저수온에 의해 성장이 억제되었으며, 3~6월은 해삼 사육의 적정 온도가 유지되었다. 용존산소는 8.5~9.8 mg/L, pH는 7.6~8.4로 해삼 사육의 적정 범위로 나타났다. 이밖에 DIN은 0.11~0.15 mg/L로 모든 실험구에서 적정한 범위로 조사되었으나 사육밀도가 높을수록 DIN의 수치는 높은 경향을 나타내었다. DIP 또한 0.11~0.31 mg/L로 모든 실험구에서 적정 범위로 조사되었으며, DIN과 마찬가지로 사육밀도가 높을수록 DIP의 수치가 높은 경향을 나타내었다.

실험 시작 6개월 경과 후의 생존율은 모든 실험구에서 유의적 차이가 없었으나 ( $p < 0.05$ ), 2마리/L, 3마리/L 실험구의 생존율이 98.5%, 98.3%인데 비하여 5마리/L 와 10마리/L의 생존율은 97.4%, 95.4%로 약간 낮았다.

6개월 경과 후의 전장은 L당 2마리, 3마리, 5마리, 10마리 순으로 36.8 mm, 36.7 mm, 36.3 mm, 35.6 mm로 조사되었다. 또한 전중량에 있어서도 2마리, 3마리, 5마리, 10마리 실험구 순으로 6개월 경과시 2.45 g, 2.77 g, 2.84 g, 2.34 g으로 성장하였다. 실험 시작시 사육밀도가 높은 실험구는 생존율과 성장이 낮을 것으로 예상하였으나 현재까지의 실험결과, 모든 실험구에서 성장차이가 크게 나타나지 않아 10마리/L의 밀도로 사육하여도 성장이 불량하지 않은 것으로 조사되었다. 그러나 금후 수온 상승과 해삼의 성장에 따라 사육 환경이 악화될 경우 사육밀도의 분산 조절이 필요할 것으로 여겨진다.

성장도 조사를 위한 크기 측정시 해삼의 노출 접촉 및 온도 등 환경조건에 따라 몸의 수축정도에 큰 차이가 나타나고 있어 노출 상태에서의 크기 측정은 성장의 지표로 삼기에 어려움이 있다. 따라서 육중량의 측정이 보다 유의한 것으로 판단되며, 몸길이 측정을 위해서는 성장 및 활동수온(10~18 °C) 상태의 안정된 조건에서 수중측정을 실시하는 것이 효과적이라 여겨진다.

실내에서 사육된 해삼은 축제식에서 사육된 해삼보다 성장도가 낮은 것으로 나타났는데 이는 자연환경에 가까운 축제식에 비하여 환경여건 및 먹이의 조성이 다양하지 못하고, 고밀도에 의한 접촉 등 스트레스가 영향을 미치는 것으로 여겨진다.

용존산소에 관한 실험은 별도로 진행되지 않았으나 어린 해삼은 용존 산소가 풍부한 곳으로 모여드는 것으로 관찰되었다. 따라서 해삼의 실내 사육을 위해서는 용존산소를 9.0 mg/L 내외로 유지하는 것이 좋을 것으로 여겨지며, 실내사육 수조 제작시 aeration 장치는 바닥에서 균일하게 분출되도록 설치함으로써 특정 구역 내에서 해삼의 과도한 집중 서식을 막는 효과를 얻을 수 있을 것으로 여겨진다.

이외에 해삼 사육시 수온이 상승함에 따라 저서성 단각류(Amphipoda) 및 요각류 등의 발생이 증가하였으며, 이는 사육밀도와도 비례하는 경향을 나타내었다. 저서성 단각류의 영향에 대하여는 아직까지 면밀히 검토된 바 없으나, 어린 저서성 단각류는 해삼 체표면에서 많이 관찰되고 있으므로 해삼 성장에 저해를 일으키거나 피부손상, 먹이경쟁 등 스트레스 요인이 될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 요각류는 수조의 해수 중에서 유영하다가 날카로운 발과 가시 등으로 어린 해삼의 피부에 자극 또는 상처를 가해 폐사에 영향을 미치는 것으로 추정된다. 따라서 이들 저서 부착성 단각류 및 유영 부착성 요각류의 구제에 대한 방법 또한 검토가 필요한 것으로 나타났다.



그림 3-2-3. 해삼 실내사육 수조 및 체표면에서 관찰된 저서 부착성 단각류.

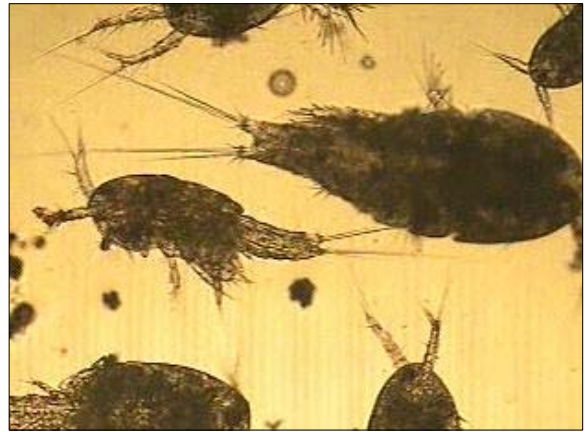


그림 3-2-4. 수조의 해수 또는 파판에서 관찰된 유영 및 부착성 요각류

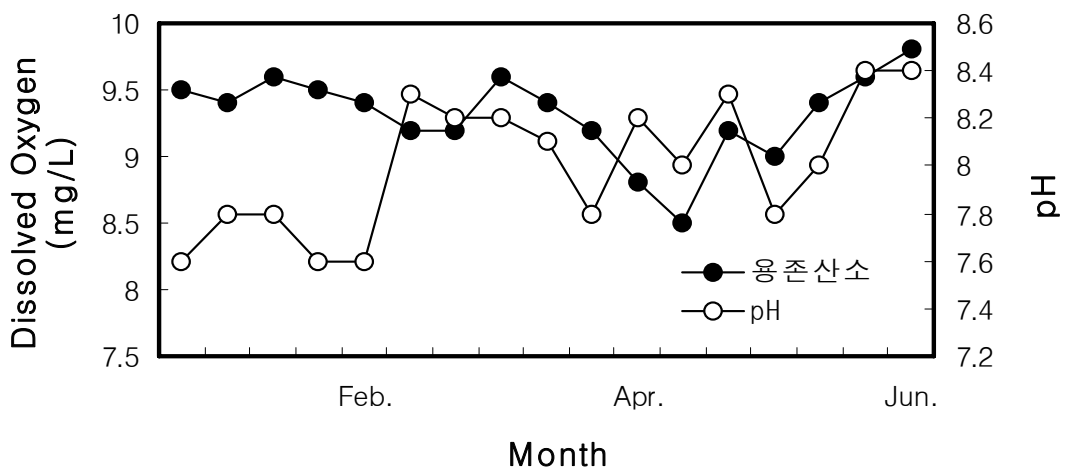


그림 3-2-5. 사육기간 동안 DO(용존산소)와 pH의 변화.



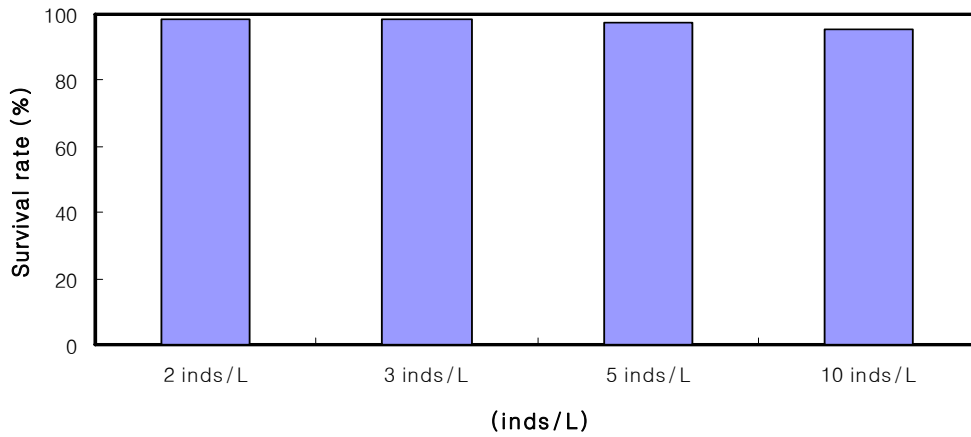


그림 3-2-6. 사육밀도별 해삼의 생존율.

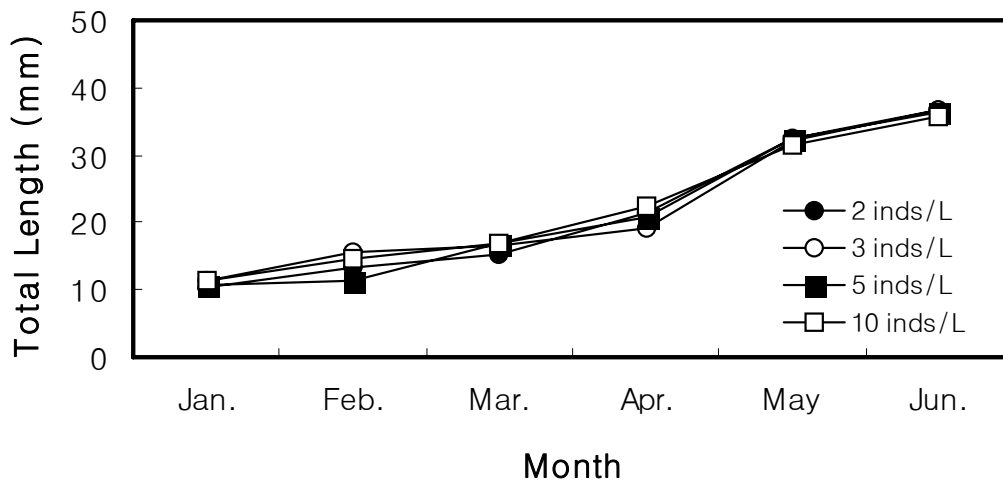


그림 3-2-7. 사육밀도별 해삼 전장의 변화.

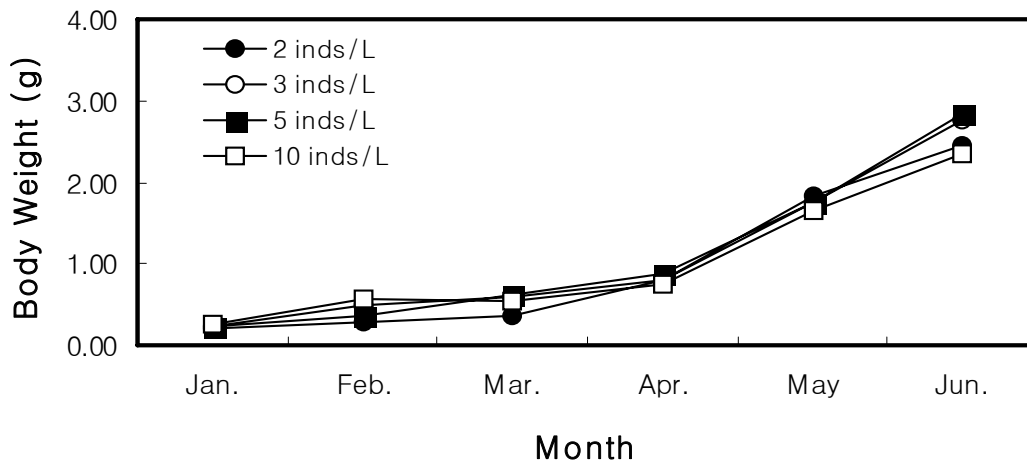


그림 3-2-8. 사육 밀도별 해삼 전중량의 변화.

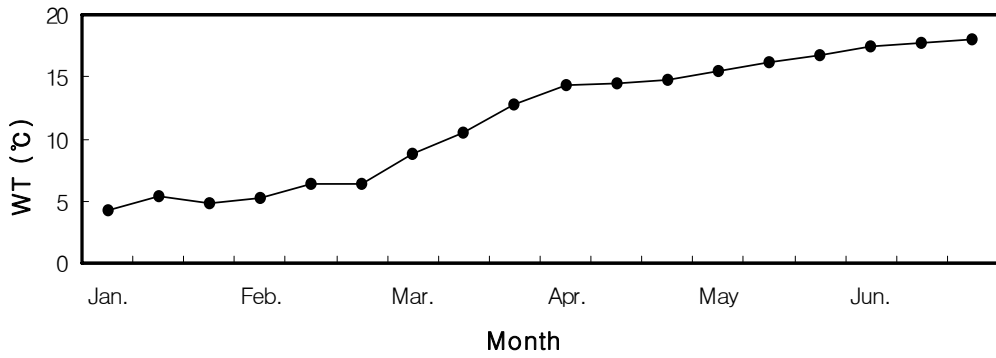


그림 3-2-9. 육상수조에서 해삼의 사육기간 동안 수온의 변화.

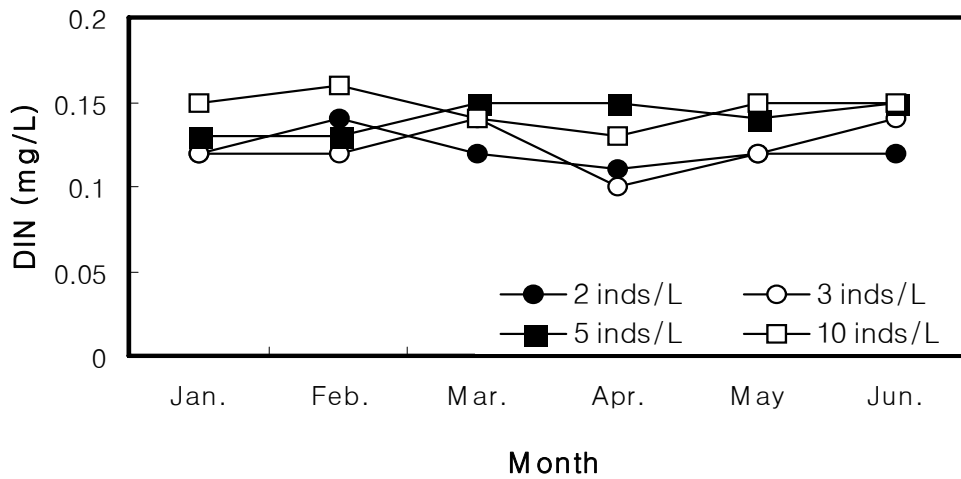


그림 3-2-10. DIN (Dissolved Inorganic Nitrogen)의 변화.

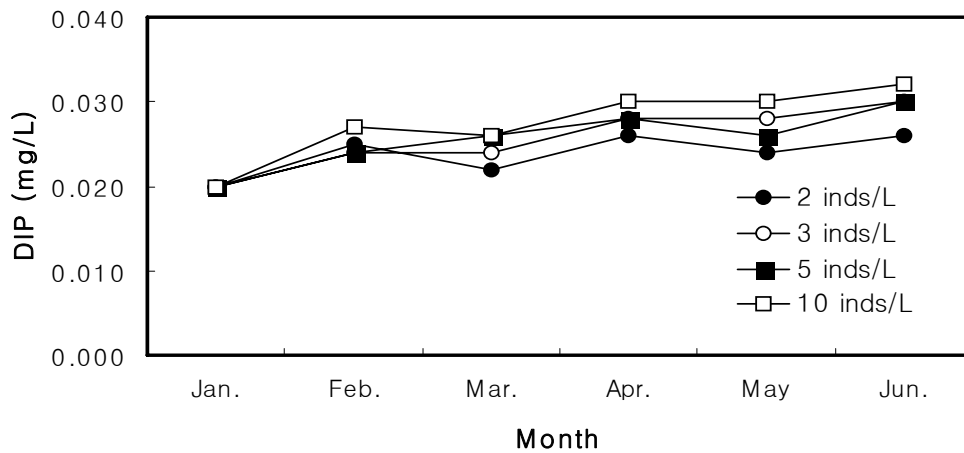


그림 3-2-11. DIP(Dissolved Inorganic Phosphorus)의 변화.

#### 나. 먹이별 사육시험

100 L 사육 수조에 1 cm 내외의 어린 해삼을 200마리씩 수용하였으며, 이외의 모든 사육조건은 적정 수용밀도 조사 실험과 동일하였다. 실험구는 분쇄한 미역과 다시마를 1:1로 혼합하여 공급한 구 (Diet 1), 미역, 다시마, 발효 *Bacillus subtilis*를 혼합하여 공급한 구 (Diet 2), 미역, 다시마, 식물플랑크톤 *Isochrysis galbana*를 혼합하여 공급한 구 (Diet 3), 미역, 다시마, 어분을 혼합하여 공급한 구 (Diet 4), 미역, 다시마, 바지락 건조 육질가루를 혼합하여 공급한 구 (Diet 5), 미역, 다시마, 불가사리 가루를 혼합하여 공급한 구 (Diet 6)의 6구로 나누어 진행되었으며, 모든 실험구는 2 반복으로 설치되었다. 본 실험은 4월 6일부터 6월 14일까지 70일간 진행하였으며, 성장 차이는 35일 간격으로 생존율은 70일째에 조사하였다. 성장도의 측정은 적정 수용밀도 조사 실험과 동일한 방법을 사용하였다.

70일간의 실내 사육 후 먹이별 해삼의 생존율은 모든 실험구에서 95% 이상으로 우수하게 나타났으며, 특히 Diet 2와 Diet 4에서 97.5%로 가장 높았고, Diet 6에서는 95.5%로 낮았다.

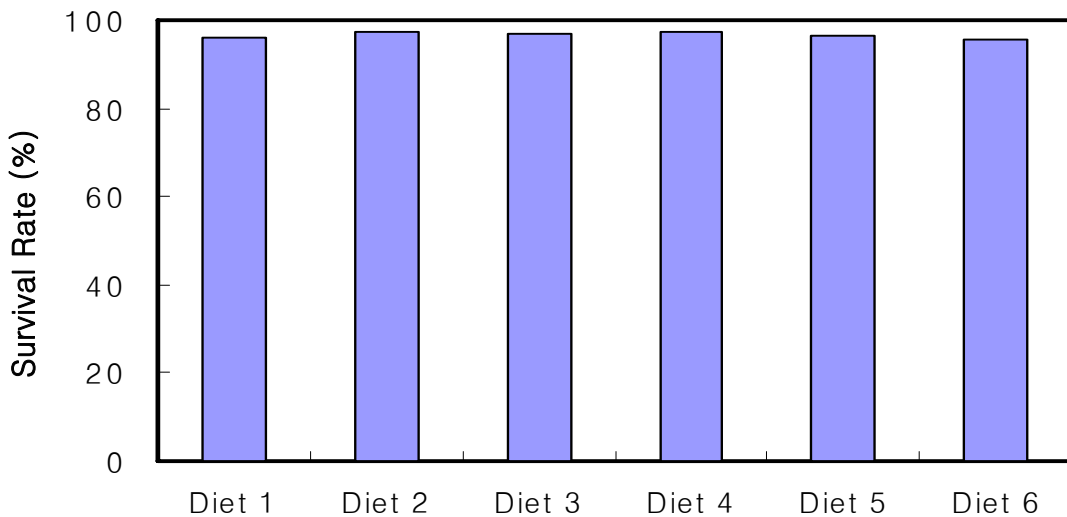


그림 3-2-12. 먹이별 해삼의 생존율.

Diet 1, 미역+다시마; Diet 2, 미역+다시마+발효 *Bacillus subtilis*; Diet 3, 미역+다시마+식물플랑크톤 *Isochrysis galbana*; Diet 4, 미역+다시마+어분; Diet 5, 미역+다시마+건조 바지락; Diet 6, 미역+다시마+건조분쇄 불가사리.

먹이별 체장의 변화는 실험 시작시 10.0 mm 내외이던 것이 35일째에는 15.2~18.3 mm로 성장하였고, 먹이별 체장의 평균값은 큰 차이를 나타내지 않았다. 70일 경과 후에는 35.6~39.4 mm로 Diet 2에서 체장의 평균값이 최대치를 보였으며, 다음으로 Diet 5, 3, 4, 6, 1의 순이었다. 본 결과에서 주목되는 것은 먹이별 체장의 크기보다는 실험구내 개체 간 편차에 관한 것이다. 그림 3-1-13과 3-1-14에서 나타낸 바와 같이 실험구별 최소 개체와 최대개체의 차이는 사육일수가 경과할수록 증가하였다. 70일 사육 후 최소, 최대 개체 간 차이는 Diet 1이 24.4 mm, Diet 2가 17.9 mm, Diet 3이 21.4 mm, Diet 4가 26.3 mm, Diet 5가 24.7 mm, Diet 6이 24.5 mm로 Diet 2를 공급한 구에서 개체 간 차이가 가장 적었고, 다음으로 Diet 3이었다.

먹이별 전중량의 변화에서 35일간 사육한 해삼의 전중량은 Diet 2 공급구가 0.84 g으로 가장 높았고, 다음으로 Diet 5, 3, 6, 4, 1의 순이었다. 70일 사육 후의 전중량 또한 Diet 2, 5, 3, 6, 4, 1의 순으로 나타났으며, 실험구내 개체 변이는 Diet 5, 4, 6, 3, 1, 2의 순이었다. 이 결과를 종합하여 보면, Diet 2, 즉 미역, 다시마와 *Bacillus*를 혼합하여 발효시킨 후 공급함으로써 해삼의 성장도를 증진시킬 수 있으며, 개체 간 성장차 변이 또한 적어 해삼 실내 사육에 있어 효율적인 먹이로 여겨진다. 또한 미역, 다시마에 식물플랑크톤을 혼합하여 공급하는 것도 미역과 다시마만을 공급하는 것보다 효율적이었다. 이외에 불가사리의 활용방안으로 시도되어진 Diet 6 즉, 미역, 다시마와 불가사리가루를 혼합하여 공급하는 것도 미역과 다시마만을 공급하는 것보다 전중량이 1.3배 높아 성장 증진에 효과가 있었으며, 바지락 육질과 어분을 첨가하는 것도 미역, 다시마만 공급한 것 보다 전중량이 1.2~1.4배 증진되었다.

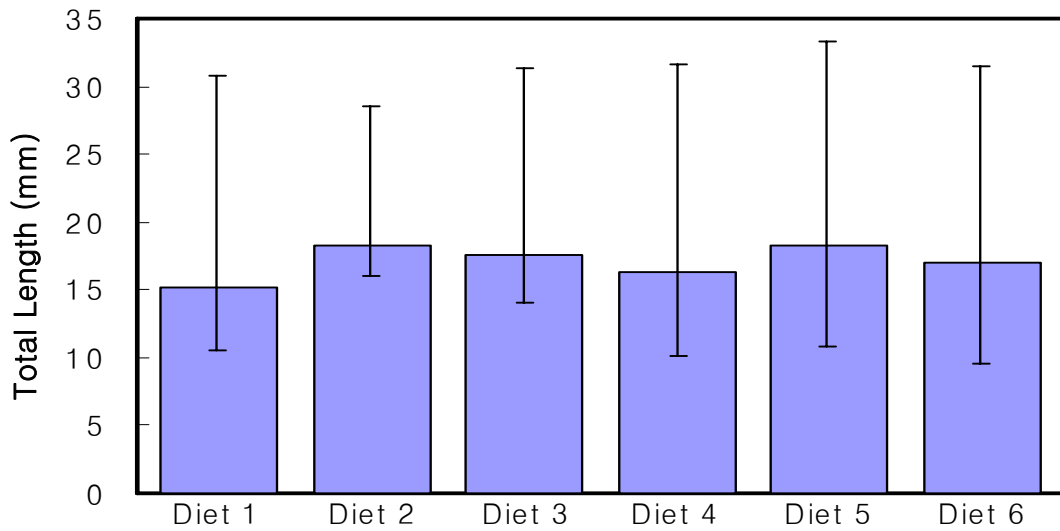


그림 3-2-13. 먹이별 35일 후 해삼의 체장 변화.

Diet 1, 미역+다시마; Diet 2, 미역+다시마+발효 *Bacillus subtilis*; Diet 3, 미역+다시마+식물플랑크톤 *Isochrysis galbana*; Diet 4, 미역+다시마+어분; Diet 5, 미역+다시마+건조 바지락; Diet 6, 미역+다시마+건조분쇄 불가사리. 오차 막대는 최소값과 최대값을 나타냄.

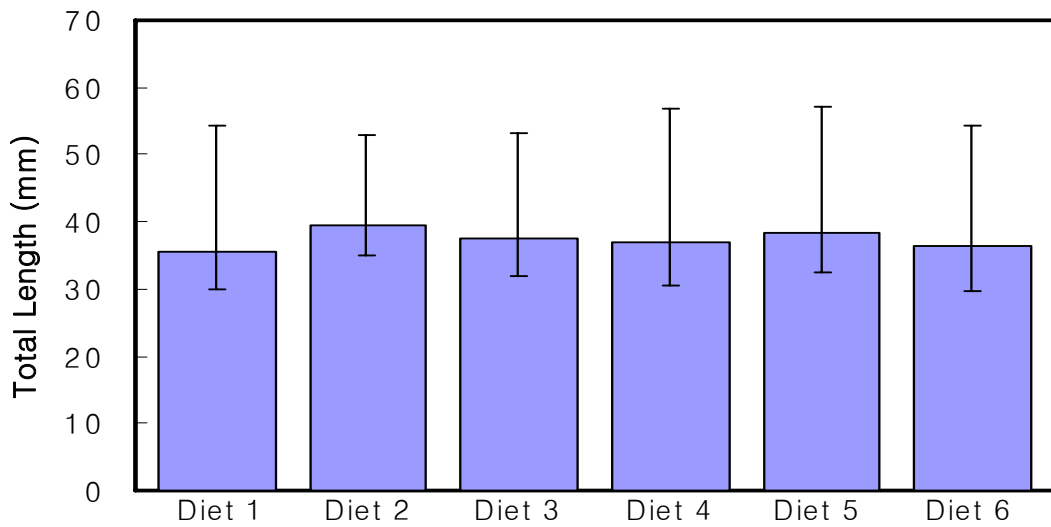


그림 3-2-14. 먹이별 70일 후 해삼의 체장 변화.

Diet 1, 미역+다시마; Diet 2, 미역+다시마+발효 *Bacillus subtilis*; Diet 3, 미역+다시마+식물플랑크톤 *Isochrysis galbana*; Diet 4, 미역+다시마+어분; Diet 5, 미역+다시마+건조 바지락; Diet 6, 미역+다시마+건조분쇄 불가사리. 오차 막대는 최소값과 최대값을 나타냄.

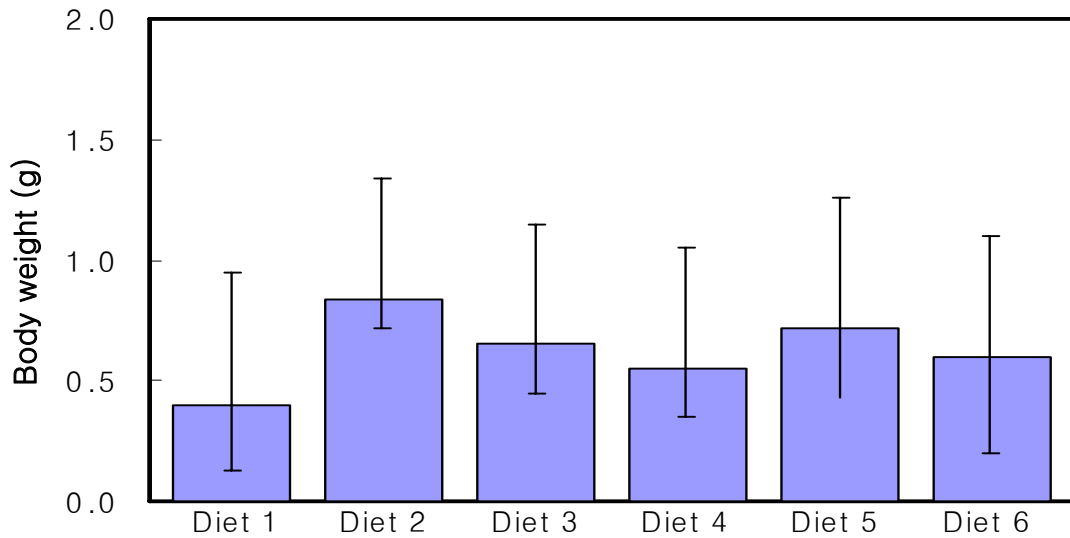


그림 3-2-15. 35일 사육 후 먹이별 해삼의 전중량.

Diet 1, 미역+다시마; Diet 2, 미역+다시마+발효 *Bacillus subtilis*; Diet 3, 미역+다시마+식물플랑크톤 *Isochrysis galbana*; Diet 4, 미역+다시마+어분; Diet 5, 미역+다시마+건조 바지락; Diet 6, 미역+다시마+건조분쇄 불가사리. 오차막대는 최소값과 최대값을 나타냄.

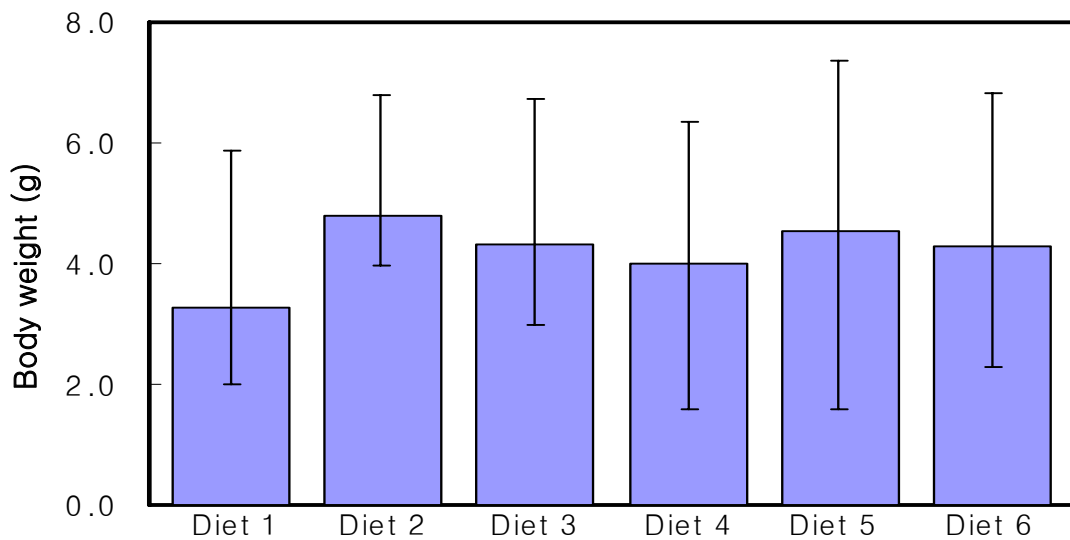


그림 3-2-16. 70일 사육 후 먹이별 해삼의 전중량.

Diet 1, 미역+다시마; Diet 2, 미역+다시마+발효 *Bacillus subtilis*; Diet 3, 미역+다시마+식물플랑크톤 *Isochrysis galbana*; Diet 4, 미역+다시마+어분; Diet 5, 미역+다시마+건조 바지락; Diet 6, 미역+다시마+건조분쇄 불가사리. 오차막대는 최소값과 최대값을 나타냄.

다. 육상수조식 양식 시험

서해수산연구소에서 해삼 육상수조식 양식 시범사업을 실시하여 관심 있는 어업인의 현장견학 및 교육 기회를 제공하였으며, 종묘생산업체의 기술상담 및 현장 순회 교육을 실시하였다.

해삼의 육상수조식 단독양식 실험에서 수온은 10월에 18.2 °C를 보인 후 점차 하강하여 12월에 6.8°C였고, 2월에는 더욱 하강하여 3.4 °C로 실험기간 중 최저수온을 보였다. 이후 4월부터 빠르게 상승하여 6월에 16.2 °C를 나타내었다.

해삼의 단독양식에서 당년산(채묘 후 5개월)의 성장은 2005년 6월에 채묘된 새끼해삼 중 고성장 그룹(채묘된 새끼해삼 총량의 30% 내외)을 선발하여 10월부터 2006년 6월까지 성장시킨 결과 입식(100마리/m<sup>3</sup>)시 평균전장 5.6 cm, 전중량 8.6 g에서 2006년 6월에는 평균전장 8.6 cm, 전중량 40.2 g으로 성장하였다. 이 기간 중 전장과 전중량은 12월 이후 2월까지의 소폭으로 감소하였다가 3월 이후 급격히 증가하였다.

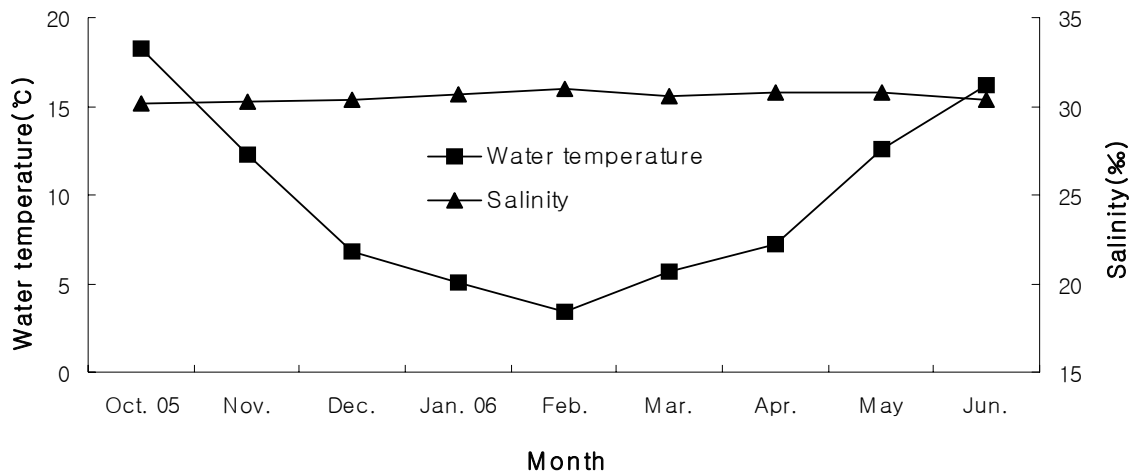


그림 3-2-95. 육상수조 해삼 양식장 환경조사 결과.

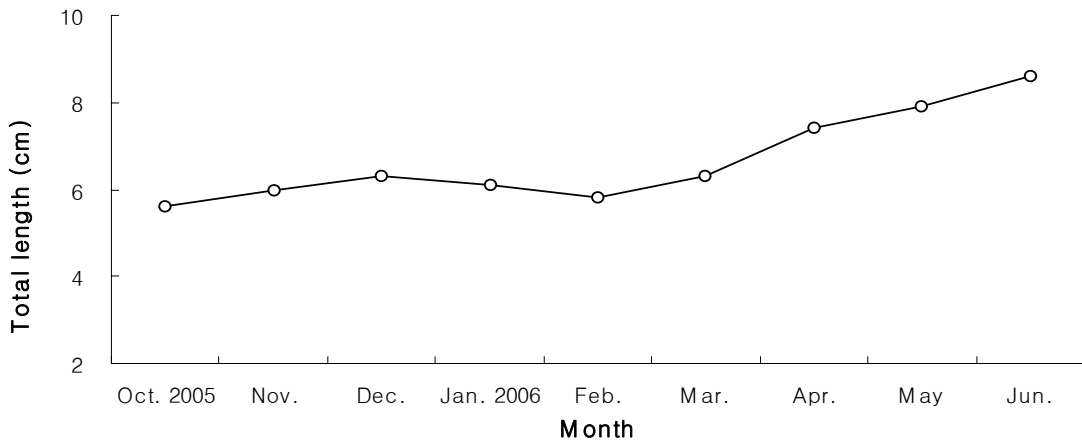


그림 3-2-96. 육상수조 해삼의 전장 변화.

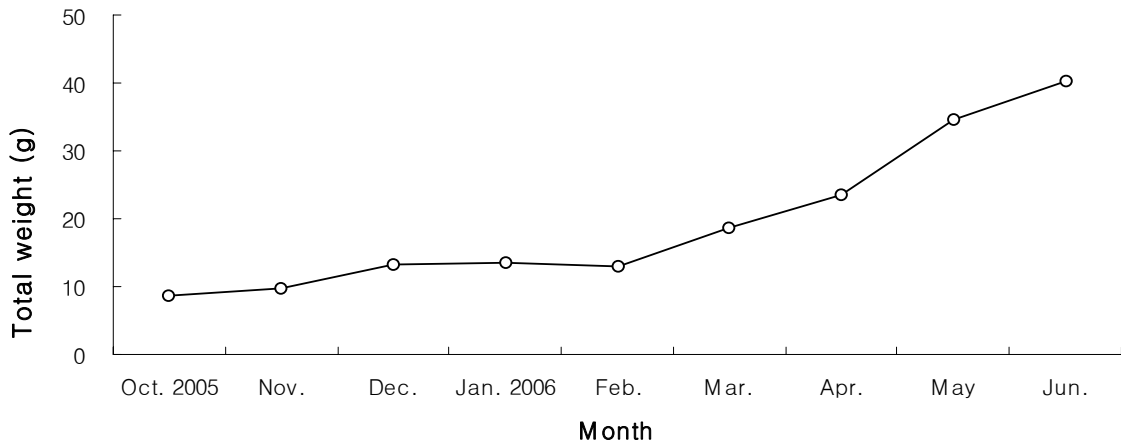


그림 3-2-97. 육상수조 해삼의 전중량 변화.

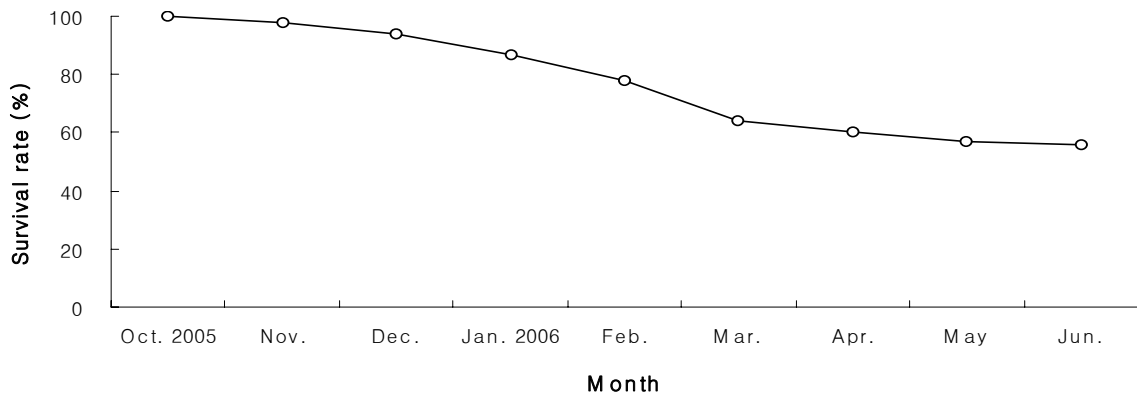


그림 3-2-98. 육상수조 해삼의 생존율 변화.



라. 육상수조식 양식 경제성 분석

50톤 육상수조 10개에 120마리/톤 밀도로 해삼 60,000마리를 1년간 양식할 경우에는 조수입이 36,000천원이었으며, 지출이 58,200천원으로 순수익은 -22,200천원으로 나타났다. 이는 양식장의 감가상각비와 자가 인건비를 공제하여도 순수익은 1,800천원에 그쳐 경제성이 낮은 것으로 나타났다. 그러나 금후 양식기술의 개선을 통한 생산성 향상 및 적정 사료개발, 온도관리, 출하시기의 조절을 통한 가격상승 등으로 수익성은 더욱 개선될 수 있는 것으로 여겨진다.

표 3-2-1. 해삼 양식 경제성 분석(단가 10,000원/kg 적용)

| 항 목                                   |        | 품 목          | 금액(천원) | 산출내역(원)  |
|---------------------------------------|--------|--------------|--------|--|
| 조수입                                   |        | 해 삼          | 36,000 | 60,000마리×60%=36,000마리×100g=3,600kg<br>×10,000원=36,000,000원 |
| 지<br>출                                | 합 계    |              | 58,200 |  |
|                                       | 시설비    | 양식장<br>감가상각비 | 12,000 | 1,000,000원×12개월=12,000,000원                                |
|                                       |        | 해삼 종묘대금      | 15,000 | 60,000마리×250원=15,000,000원                                  |
|                                       | 운영비    | 전기사용료        | 7,200  | 600,000원×12개월=7,200,000원                                   |
|                                       |        | 인건비          | 12,000 | 1,000,000원×12개월×1인=12,000,000원                             |
|                                       |        | 사료비          | 6,000  | 500,000원×12개월=6,000,000원                                   |
|                                       |        | 기타잡비         | 6,000  | 소모품 등 100,000원×15종×4회=6,000,000원                           |
| 순수익                                   | 조수입-지출 | -22,200      |        |  |
| ※ 50톤 수조 10개에 해삼 60,000마리를 1년간 양식할 경우 |        |              |        |  |

육상수조에서 수익성이 개선될 수 있는지 여부를 알아보기 위하여 지출항목에서 양식장의 감가상각비와 인건비를 제외하고, 1kg당 단가를 20,000원으로 적용하였을 때의 조수입은 72,000천원이었고, 지출은 58,200천원이었다. 이 경우 순소득은 13,800천원이며, 여기에 양식기술 개선을 통한 수용밀도의 증가 및 생존율 향상 등이 이루어질 경우 수익성은 더욱 개선될 수 있을 것으로 판단된다.

표 3-2-2. 해삼 양식 경제성 분석(단가 20,000원/kg 적용)

| 항 목                                   | 품 목    | 금액(천원)       | 산출내역(원)   |                                  |
|---------------------------------------|--------|--------------|---|----------------------------------|
| 조수입                                   | 해 삼    | 72,000       | 60,000마리×60%=36,000마리×100g=3,600 kg<br>×20,000원=72,000,000원 |                                  |
| 지 출                                   | 합 계    | 58,200       |   |                                  |
|                                       | 시설비    | 양식장<br>감가상각비 | 12,000  | 1,000,000원×12개월=12,000,000원      |
|                                       |        | 해삼 종묘대금      | 15,000  | 60,000마리×250원=15,000,000원        |
|                                       | 운영비    | 전기사용료        | 7,200   | 600,000원×12개월=7,200,000원         |
|                                       |        | 인건비          | 12,000  | 1,000,000원×12개월×1인=12,000,000원   |
|                                       |        | 사료비          | 6,000   | 500,000원×12개월=6,000,000원         |
|                                       |        | 기타잡비         | 6,000   | 소모품 등 100,000원×15종×4회=6,000,000원 |
| 순수익                                   | 조수입-지출 | 13,800       |   |                                  |
| ※ 50톤 수조 10개에 해삼 60,000마리를 1년간 양식할 경우 |        |              |   |                                  |

## 2. 해삼과 전복의 육상수조 복합양식 기술개발

해삼과 전복의 복합양식 가능성을 파악하기 위하여 2005년 10월에 전남 완도의 Y수산에서 2개의 전복 수조에 평균전장 5.8 cm, 전중량 9.1 g의 해삼 300마리와 평균각장 1.4 cm, 전중량 0.6 g의 당년생 전복 10,000마리를 각각 반복시험구로 시설하였다. 그리고 당년생 전복과 1년생 전복과의 복합양식에서 해삼의 성장도를 비교하기 위하여 2개의 전복 수조에 평균전장 5.8 cm, 전중량 9.1 g의 해삼 300마리와 평균각장 4.5 cm, 전중량 11.6 g의 1년생 전복 5,000마리를 수용한 시험구를 각각 반복구로 시설하였다. 해삼의 먹이는 따로 공급하지 않고, 전복 먹이인 다시마를 5일 간격으로 공급하였다. 청소는 매월 1회를 실시하였으며, 전장은 0.1 cm, 전중량은 0.1 g 단위로 측정하였다. 생존율은 실험이 종료되는 2006년 6월에 해삼과 전복의 전체 마리 수를 계수하여 산출하였다.

해삼과 전복 복합양식이 이루어진 조사기간 동안 완도 지역에서 수온은 2월에 8.4 ℃

로 가장 낮았으며, 10월에 20.8 °C로 가장 높게 나타났다. 염분은 5월에 33.6 ‰로 가장 높았으며, 10월에 31.6 ‰로 가장 낮게 나타났다. 그 외에 용존산소와 pH는 해삼이 성장하고 생존하는데 지장이 없는 범위였다.

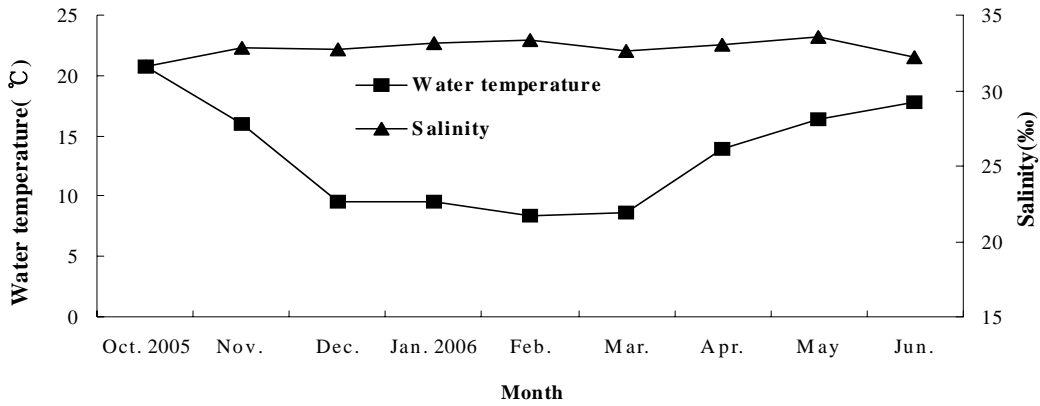


그림 3-2-99. 해삼과 전복 복합양식에서 수온 및 염분의 변화.

해삼과 1년생 전복의 복합양식에서 해삼의 성장은 2005년 10월에 평균전장 5.8 cm, 전중량 9.1 g이던 것이 2006년 6월에 10.1 cm, 52.9 g으로 성장하였다. 해삼과 당년생 전복의 복합양식에서 해삼의 성장은 2005년 10월에 평균전장 5.8 cm, 전중량 9.1 g이 2006년 6월에 9.4 cm, 47.4 g으로 성장하여 크기가 작은 당년생 보다는 개체가 큰 1년생 전복과의 복합양식에서 성장이 빠른 것으로 나타났다.



그림 3-2-100. 해삼과 전복 복합양식 광경.



그림 3-2-101. 해삼과 전복 복합양식 측정.

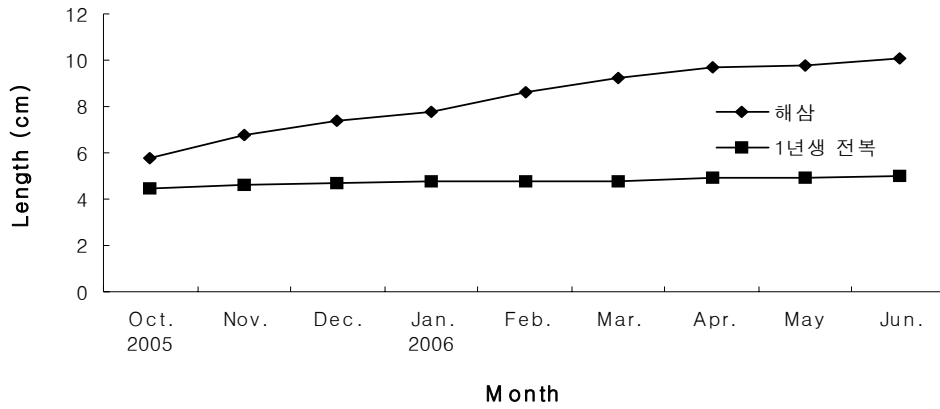


그림 3-2-102. 해삼+1년생 전복의 복합양식에서 전장의 변화.

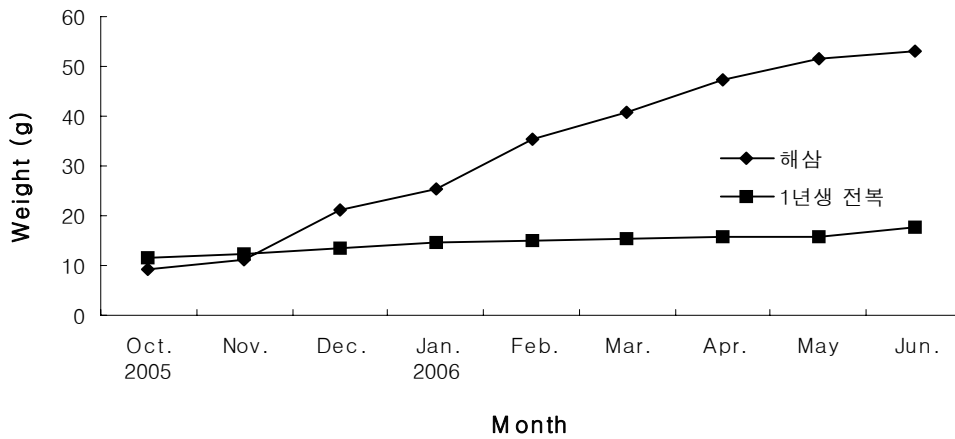


그림 3-2-103. 해삼+1년생 전복의 복합양식에서 전중량의 변화.

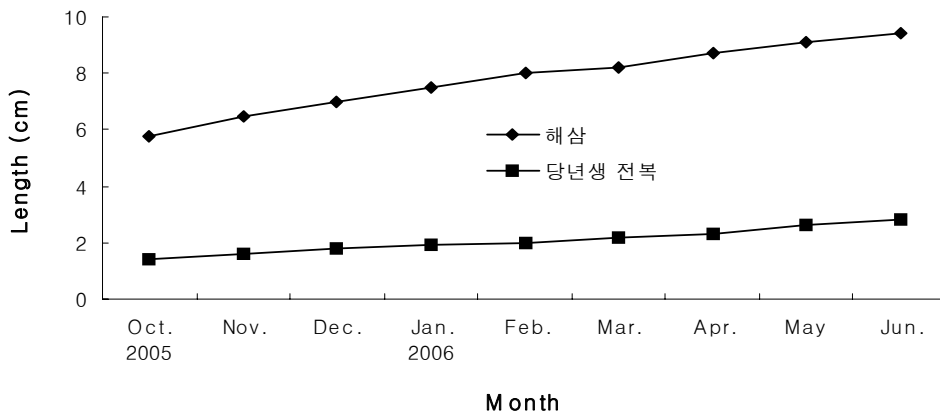


그림 3-2-104. 해삼+당년생 전복의 복합양식에서 전장의 변화.

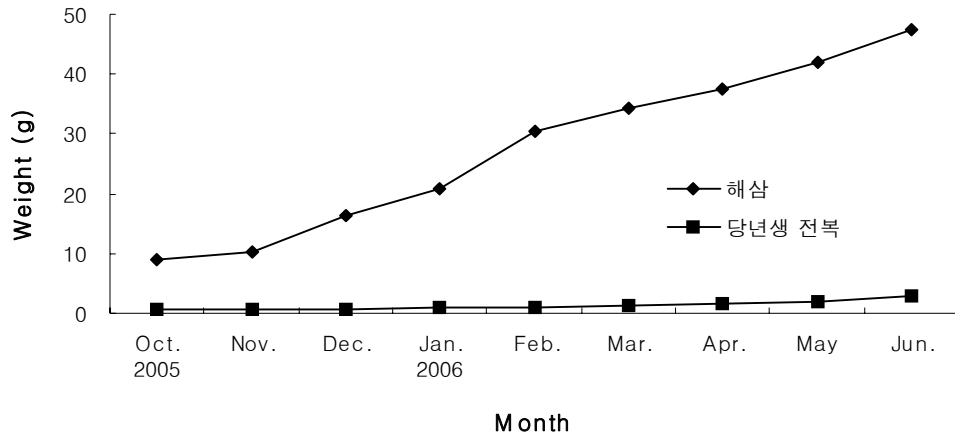


그림 3-2-105. 해삼+당년생 전복의 복합양식에서 전중량의 변화.

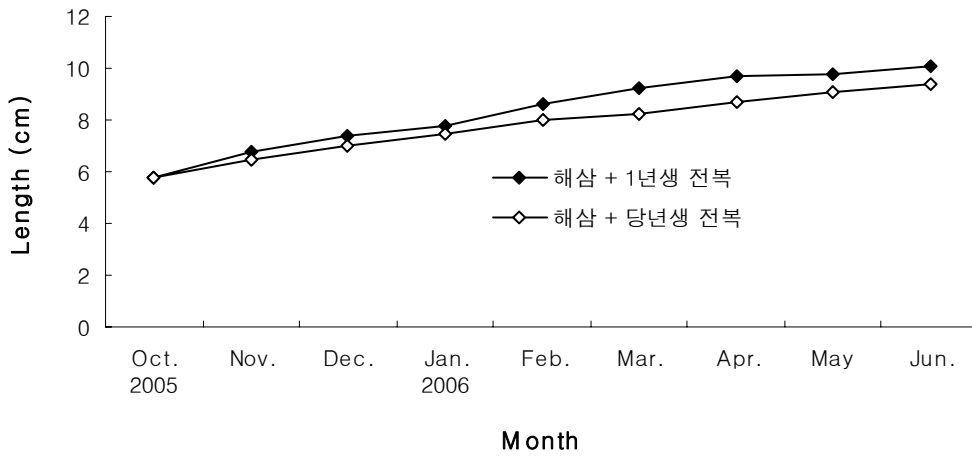


그림 3-2-106. 해삼+1년생 전복과 당년생 전복의 복합양식에서 전장의 비교.

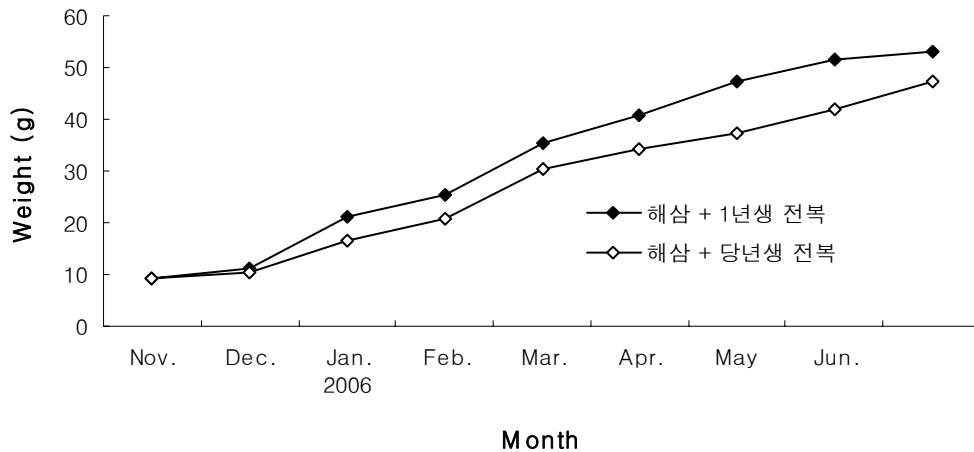


그림 3-2-107. 해삼+1년생 전복과 당년생 전복의 복합양식 전중량의 비교.

해삼과 전복의 육상수조 복합양식에서 최종 생존율은 해삼과 전복 모두 85% 이상으로 양호한 결과를 보였다. 이러한 결과는 해삼과 전복의 복합양식이 같은 공간을 사용하는 복합양식 방법으로 적절함을 나타내는 결과로 두 종은 먹이에 대한 경쟁이 없다. 전복은 이빨이 있어서 해조류인 미역이나 다시마를 직접 갇아 먹지만 해삼은 이빨이 없어서 해조류를 갇아 먹지 못하고 전복이 해조류를 섭취하고 내어 놓는 배설물 또는 먹고 남아서 부패된 해조류 찌꺼기를 먹고 자란다. 따라서 전복을 양성하는 양식장에서는 저질정화 효과를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 수조 청소 횟수를 줄일 수 있어 효율적이다. 또한 전복 이외에 해삼의 판매수익으로 전복 사료대금을 충당할 수 있어 경제적이다. 그러나 복합양식에서 해삼의 밀도를 과다하게 유지할 경우 먹이의 부족으로 해삼의 성장이 지연되며, 이로 인해 문제가 야기될 수 있으므로 적정 밀도를 유지하여야 한다.

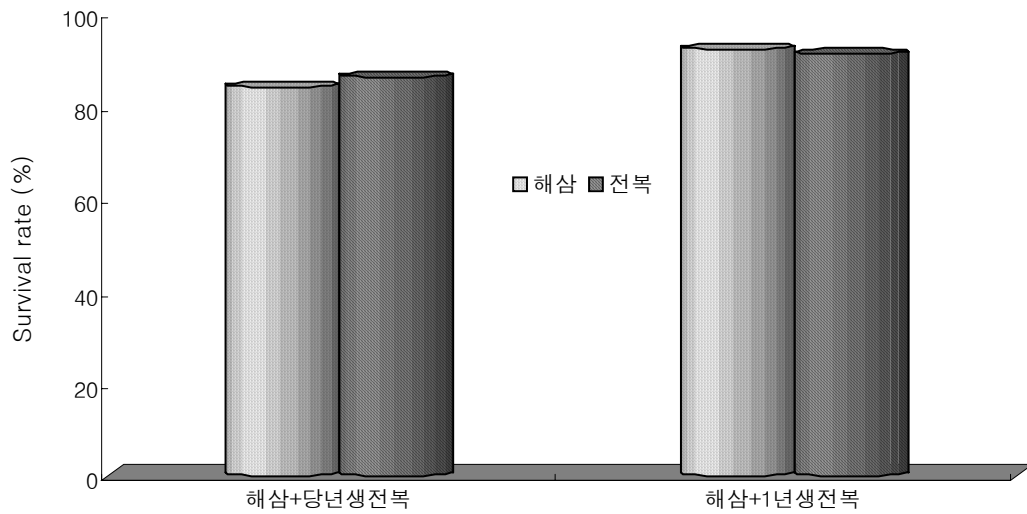


그림 3-2-30. 해삼+1년생 전복과 당년생 전복의 복합양식에서 생존율 비교.

육상수조에서 해삼과 전복의 복합양식 경제성 분석 결과, 10톤급 수조 30개에 해삼 30,000마리와 전복 300,000마리를 1년간 양식할 경우의 조수입은 159,000천원이었고, 지출은 136,500천원으로 순수익은 22,500천원이었다. 전복양식만 할 경우 1년차에는 해삼 수입인 24,000천원을 공제해야 하므로 순수익은 -1,500천원이 되지만 해삼과 복합양식의 경우 전복보다는 해삼에 의한 수익이 작용함을 알 수 있다. 육상에서 전복 양식은 1년차에는 수익성을 기대할 수 없지만 성장함에 따라 수익성이 상승한다. 전복과의 해삼 복합양식에서 작은 개체의 전복보다는 큰 전복과의 복합양식에서 성장이 양호한 것으로 나타나고 있어 2년차에는 전복과 해삼의 생산성 향상으로 수익성이 증가할 것으로 여겨진다.

표 3-2-3. 육상수조 해삼과 전복의 복합양식 경제성 분석

| 항 목   | 품 목    | 금액(천원)       | 산출내역(원)  |                                  |
|---|--------|--------------|--|----------------------------------|
| 조수입   | 합 계    | 159,000      |  |                                  |
|   | 해 삼    | 24,000       | 30,000마리×80%=24,000마리×100g=2,400kg<br>×10,000원=24,000,000원 |                                  |
|   | 전 북    | 135,000      | 300,000마리×90%=270,000마리×500원<br>=135,000,000원              |                                  |
| 지 출   | 합 계    | 136,500      |  |                                  |
|   | 시설비    | 양식장<br>감가상각비 | 18,000   | 1,500,000원×12개월=18,000,000원      |
|   |        | 해삼 종묘대금      | 7,500  | 30,000마리×250원=7,500,000원         |
|   |        | 전북 종묘대금      | 60,000   | 300,000마리×200원=60,000,000원       |
|   | 운영비    | 전기사용료        | 7,200  | 600,000원×12개월=7,200,000원         |
|   |        | 인건비          | 24,000   | 1,000,000원×12개월×2인=24,000,000원   |
|   |        | 사료비          | 10,800   | 900,000원×12개월=10,800,000원        |
|   |        | 기타잡비         | 9,000  | 소모품 등 100,000원×15종×6회=9,000,000원 |
| 순수익   | 조수입-지출 | 22,500       |  |                                  |
| ※ 10톤 수조 30개에 전북 300,000마리와 해삼 30,000마리를 1년간 양식할 경우 |        |              |  |                                  |

### 3. 해삼 월하방안 연구

전남 완도의 Y수산에서 해삼의 월하방안 연구를 위하여 2004년 7월부터 10월까지 냉각기를 이용한 수온 조절로 해삼 사육시험을 실시하였다. 실험에 사용된 해삼은 Y수산에서 생산된 것으로 자연수온구와 냉각구 모두 200마리, 12.6 kg씩을 수용하였으며 먹이는 다시마를 공급하였다. 수질환경은 매월 조사하였으며, 성장도는 10월에 30마리



씩을 꺼내 전장과 전중량을 측정하였고, 감량 정도를 알아보기 위하여 200마리 전체 중량을 측정하였다.



그림 3-2-109. 사육수 냉각기.



그림 3-2-110. 사육수 배관.

육상수조 수온조절 사육시험에서 자연수온구에서는 실험이 시작된 7월에 19.7 °C였으며, 8월에는 26.0 °C로 급격히 증가하였다가 9월에는 23.5 °C, 10월에는 20.3 °C로 감소하였다. 냉각기를 이용하여 수온을 조절한 냉각구에서는 실험이 시작된 7월의 수온이 18.8 °C였으며, 8월에는 20.1 °C로 약간 증가하였다가 9월에는 18.3 °C, 10월에는 16.9 °C로 낮게 관리하였다.

표 3-2-4. 육상수조의 수온조절 사육시험 환경(완도)

| 항 목        | 7월     |      | 8월     |      | 9월     |      | 10월    |      |
|------------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|
|            | 자연 수온구 | 냉각구  | 자연 수온구 | 냉각구  | 자연 수온구 | 냉각구  | 자연 수온구 | 냉각구  |
| 수 온(℃)     | 19.7   | 18.8 | 26.0   | 20.1 | 23.5   | 18.3 | 20.3   | 16.9 |
| 염 분(‰)     | 32.4   | 32.4 | 31.3   | 31.2 | 31.0   | 31.0 | 30.8   | 30.7 |
| 용존산소(mL/L) | 3.88   | 3.96 | 4.03   | 4.06 | 4.45   | 4.56 | 4.82   | 5.61 |

냉각기를 이용한 최종 실험 결과, 자연수온구에서는 7월 입식시 200마리, 12.6 kg에서 시험이 완료된 10월에 200마리, 6.9 kg이 취양되어 생존율은 100%였으나 중량은 5.7 kg(45.2%)이 감량되었다. 반면, 냉각시험구에서는 200마리, 11.0 kg이 취양되어 생존율은 100%였고, 1.6 kg(12.7%)이 감량되었다.

본 실험 결과, 육상수조에서 사육수온을 20℃ 이내로 조절할 경우 체중감량을 최소화시키면서 해삼의 월하가 가능한 것으로 나타났다. 따라서 해삼의 생산량이 많고 연중 값이 가장 싼 시기인 4~6월에 kg당 10,000원 내외로 구입하여 생산량이 적고 값이 최고가에 이르는 9월과 10월에 30,000원 정도에 출하하면 높은 소득을 올릴 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 육상수조의 수온조절을 위해서는 냉각기 등 수온 강하장치를 설치하여야 하므로 냉각기 설치비용과 가동에 따른 전기요금을 고려하여야 하며, 해삼의 생육에 적정조건을 갖춘 지하해수 사용방안 등을 검토해 볼 필요성이 있다.

표 3-2-5. 육상수조의 수온조절 사육시험(완도)

| 항 목      | 7월     |      | 10월    |      |
|----------|--------|------|--------|------|
|          | 자연 수온구 | 냉각구  | 자연 수온구 | 냉각구  |
| 개체수(마리)  | 200    | 200  | 200    | 200  |
| 총 중량(kg) | 12.6   | 12.6 | 6.9    | 11.0 |
| 생존율(%)   | 100    | 100  | 100    | 100  |



그림 3-2-111. 자연수온구 월하 해삼.



그림 3-2-112. 냉각구 월하 해삼.

### 제3절 축제식 양식 기술개발

극피동물은 체액 중의 수분이나 염분의 출입을 조절하는 기능을 갖지 못하는 생리적 특성으로 인하여 일반적으로 서식범위가 해수로 제한되며 드물게 기수역에 한정된다. 축제식 해삼양식은 중국의 경우 1990년대 초기에 축제식 양식새우에서 바이러스에 의해 대량폐사가 발생하면서 대체품종으로 꽃게와 해삼양식이 시작되었다. 따라서 중국의 해삼 축제식 양식은 기존의 새우양식장을 활용하거나 수질환경이 좋은 연안에 독을 쌓아 양식하는 방법을 채택하고 있다.

우리나라의 경우도 최근 새우양식장에서 바이러스에 의한 대량폐사가 발생하면서 대체양식품종으로 꽃게와 전어, 황복 및 해삼양식 등에 대한 관심이 높아지고 있다. 그러나 해삼은 원래 생태특성상 청정한 환경이 아니면 서식이 어려운 품종으로 축제식 해삼양식 추진시 서식환경의 적합성이 충분히 검토된 이후 양식을 추진해야만 한다.

본 연구는 우리나라 축제식 해삼양식의 가능성을 평가하기 위하여 인천광역시 옹진군 영흥면에 위치한 기존의 새우양식장에 현장규모의 축제식 양식시설을 조성하여 패류용 셸터와 그물셸터 및 가두리에 의한 단기간의 시험을 실시하였다.

#### 1. 축제식 양식장 환경 조사

축제식 해삼 양식장 환경에서 수온은 매일 측정하였으며, 염분, DO, pH는 다항목 측정기로 1주일 간격으로 측정하였다. 수온측정은 축제식 양식장의 특성상 외부 기온변화에 연동하기 때문에 매일 봉상온도계로 측정하여 1주일 누적 평균치를 기록하였다. 성장도는 매월 전장과 전중량을 측정하였다.

연간 수온분포 범위는 0.42~29.03 °C로 1월이 0.42 °C로 최저치를 보였고 이후 점차 상승하여 8월에 29.03 °C로 가장 높게 나타났다. 이후부터는 점차 하강하여 12월에 3.77 °C를 나타내었다. 일일 최저수온은 2004년 2월 2일에 -2.1 °C로 최저수온을 보였으며, 8월 16일에 32.9 °C로 최고치를 보였다. 또한 1월 16일에는 축제식 양식장 표층에 약간의 살얼음이 얼었으며, 1월 22일~29일까지 표층에서 9일간의 결빙이 나타났다.

해삼의 축제식 양식에 있어 중국의 경우 일반적으로 해삼의 적정 염분을 26~32‰로 보고하고 있으나, 본 시험어장의 연간 염분 범위는 27.45~31.68‰로 해삼의 성장에 적합한 범위였으며, 7월이 가장 낮았고 1월이 가장 높게 나타났다.

용존산소는 겨울철인 12월부터 2월까지 11 mg/L 내외로 높게 나타났으며, 9월이

5.66 mg/L으로 가장 낮았다. pH는 11월에 7.85로 가장 낮았고 7월의 고수온기에는 8.50으로 높게 상승하였으나 연중 큰 변화는 보이지 않았다. 해삼 축제식 시험양식장의 경우 축제식 저수지 10,000평의 일부(1,000평)를 칸막이 그물로 구획하여 시험한 결과 장마 등 강우의 영향이 적게 나타났다.

표 3-3-1. 축제식 양식장 환경조사 결과(2004년)

| 월 별 | 평균수온(℃) | 염분(‰) | 용존산소(mg/L) | pH   |
|-----|---------|-------|------------|------|
| 1   | 0.42    | 31.68 | 11.32      | 8.03 |
| 2   | 2.09    | 31.58 | 11.82      | 8.22 |
| 3   | 6.82    | 31.37 | 9.36       | 8.25 |
| 4   | 14.01   | 31.40 | 9.17       | 8.43 |
| 5   | 18.86   | 27.85 | 8.24       | 7.85 |
| 6   | 23.34   | 30.31 | 6.84       | 8.37 |
| 7   | 27.69   | 27.45 | 6.12       | 8.50 |
| 8   | 29.03   | 28.42 | 5.82       | 8.26 |
| 9   | 23.17   | 27.46 | 5.66       | 7.87 |
| 10  | 19.54   | 29.16 | 8.56       | 7.99 |
| 11  | 11.76   | 29.92 | 9.06       | 7.85 |
| 12  | 3.77    | 30.74 | 11.21      | 8.13 |

## 2. 축제식 수질 및 저질 정화효과 조사

축제식에서 해삼의 단독 사육 시험구 및 각 복합양식 시험구에 대한 수질 정화효과를 비교하기 위하여 매월 DO, pH, 질산염, 아질산염, 암모니아 농도를 측정하였으며, 저질 정화효과를 비교하기 위하여 COD, 황화수소, 강열감량법에 의한 유기물을 측정하였다.

해삼 축제식 양식장의 수질 환경조사 결과는 1년차의 축제식 적정 수용밀도 조사에 언급하였다. 축제식 해삼양식장 저질조사는 매월 하순을 기준으로 함수율, 강열감량, 황화물, COD 등을 조사하였다.

표 3-3-2. 축제식 양식장 저질조사

| 월 별 | 함수율 (%) | 강열감량 (%) | 황화물 (mg S/g.dry) | COD (mg O <sub>2</sub> /kg.dry) |
|-----|---------|----------|------------------|---------------------------------|
| 1   | 33.4    | 0.29     | 0.005            | 1.65                            |
| 2   | 33.3    | 0.22     | 0.004            | 2.01                            |
| 3   | 35.7    | 0.28     | 0.006            | 2.27                            |
| 4   | 34.7    | 0.32     | 0.005            | 2.28                            |
| 5   | 35.6    | 0.47     | 0.004            | 2.34                            |
| 6   | 32.2    | 0.59     | 0.008            | 2.89                            |
| 7   | 31.8    | 0.36     | 0.017            | 3.07                            |
| 8   | 29.3    | 0.27     | 0.012            | 3.29                            |
| 9   | 23.0    | 0.20     | 0.006            | 3.12                            |
| 10  | 39.7    | 0.55     | 0.005            | 2.70                            |
| 11  | 31.16   | 0.58     | 0.006            | 3.02                            |
| 12  | 31.07   | 0.29     | 0.021            | 5.38                            |

시험어장의 저질은 사니질로 함수율은 23.0~36.5% 범위로 높게 나타났는데 이는 저질 채집과정에서 수분과 바닥 퇴적물의 차이에서 오는 것으로 여겨진다.

강열감량은 0.22~0.62% 범위로서 양식기간이 증가함에 따라 높게 나타나고 있어 유기물의 퇴적에 의한 오염이 진행되고 있는 것으로 나타났다.

황화물의 경우 0.004~0.038 mg S/g.dry로서 사료찌꺼기, 배설물, 기타 플랑크톤의 사체에 의한 유기물 분해로 시간이 경과할수록 높게 나타나고 있으나 양식장 적지 기준치(0.2 mg S/g.dry 이하) 이내에서 오염이 진행되고 있었다.

COD값은 축제식 양식장의 이식시험 이전인 2004년 12월에는 연안해수와 비슷한 1.65 mg O<sub>2</sub>/kg.dry를 보였으나 해삼 입식과 해조분 사료공급, 배설물 등 퇴적물의 누적으로 2005년 5월에는 6.46 mg O<sub>2</sub>/kg.dry까지 상승하였으며 양식장 부적지 기준치인 20 mg O<sub>2</sub>/kg.dry까지는 미치지 않았다.

이상의 결과로 보아 축제식 해삼 양식장의 저질은 오염 부하량이 증가되고 있으나 먹이 공급량이 많은 일반 어류 양식장과는 달리 저질의 먹이찌꺼기나 배설물에 의한 오염 속도가 서서히 진행되어 양식장의 저질오염 문제는 크지 않은 것으로 나타났다. 그러나 성장 촉진을 위해 먹이공급이 본격화 될 때에는 저질오염 관리가 필요하며, 상시 먹이공급을 통한 성장 촉진을 위해서는 바다에 직접 면한 어장확보가 필요한 것으로 판단되었다..

### 3. 축제식 양식의 성장

해삼 종묘 입식크기는 2004년 1월 16일 평균 전장 1.82 cm, 평균 전 중량 0.27 g크기의 종묘를 구입(전남 완도 Y수산)하여 시험 하였다. 축제식 해삼 양식장에서 해삼의 적정 수용밀도를 파악하기 위하여 2004년 1월부터 12월까지 2.0×2.0×2.5 m 그물가두리에 50, 60, 70, 80마리씩 밀도별로 수용하였으며, 먹이는 다시마를 분쇄하여 공급하였다.

사육시험이 시작된 3월에는 시험용 종묘가 작아 5월까지의 모기장 망지 가두리에서 시험하였으나 축제식 내의 조류소통이 어려워 6월부터는 그물코가 큰 낫셀망으로 망갈이 하여 시험하였다. 가두리 당 수용 마리수는 전장 3cm 종묘를 기준으로 1㎡ 당 기준 입식마리수를 7~12마리씩 수용하였다.

1년간의 축제식 양식 밀도별 사육시험에서 성장은 사육 시작 1개월 후 초기 대량 폐사현상이 나타나 50마리 밀도구보다 오히려 낮은 밀도로 시험 사육이 이루어진 80마리 시험구의 평균 전중량이 104.2g으로 가장 높게 나타났고, 초기 수용밀도가 낮고 폐사가 적었던 50마리 시험구의 평균 전중량은 96.40g에 머물렀다.

표 3-3-3. 축제식 양식 해삼의 밀도별 성장

| 구 분      | 월 별    | 1        | 2      | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
|----------|--------|----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          |        | 50마리 시험구 | 전장(cm) | 1.82  | 4.12  | 5.24  | 6.75  | 7.91  | 8.61  | 8.19  | 8.04  | 10.48 | 11.88 |
|          | 전중량(g) | 0.27     | 1.47   | 10.18 | 19.36 | 28.05 | 38.47 | 31.50 | 28.12 | 41.0  | 65.7  | 82.48 | 96.40 |
|          | 생존마리수  | 50       | 38     | 33    | 32    | 32    | 31    | 29    | 18    | 16    | 14    | 14    | 14    |
|          | 생존율(%) | 100      | 76.0   | 66.0  | 64.0  | 64.0  | 62.0  | 58.0  | 36.0  | 32.0  | 28.0  | 28.0  | 28.0  |
| 60마리 시험구 | 전장(cm) | 1.82     | 3.92   | 5.53  | 6.82  | 8.01  | 8.79  | 8.70  | 8.88  | 10.08 | 11.44 | 12.57 | 13.27 |
|          | 전중량(g) | 0.27     | 1.33   | 9.07  | 17.7  | 26.9  | 37.5  | 31.21 | 27.6  | 42.5  | 64.8  | 83.2  | 97.6  |
|          | 생존마리수  | 60       | 40     | 37    | 36    | 35    | 34    | 30    | 18    | 13    | 13    | 13    | 13    |
|          | 생존율(%) | 100      | 66.7   | 61.7  | 60.0  | 58.3  | 56.7  | 50.0  | 30.0  | 21.7  | 21.7  | 21.7  | 21.7  |
| 70마리 시험구 | 전장(cm) | 1.82     | 4.03   | 5.66  | 7.03  | 8.12  | 9.44  | 9.56  | 9.88  | 11.23 | 12.67 | 13.89 | 14.66 |
|          | 전중량(g) | 0.27     | 1.45   | 8.89  | 18.2  | 27.1  | 37.24 | 32.16 | 28.6  | 44.2  | 67.4  | 85.3  | 98.2  |
|          | 생존마리수  | 70       | 43     | 39    | 35    | 35    | 33    | 29    | 14    | 11    | 11    | 11    | 11    |
|          | 생존율(%) | 100      | 61.4   | 55.7  | 50    | 50    | 47.1  | 41.4  | 20.0  | 15.7  | 15.7  | 15.7  | 15.7  |
| 80마리 시험구 | 전장(cm) | 1.82     | 3.94   | 6.36  | 7.03  | 8.22  | 8.94  | 9.14  | 9.08  | 10.99 | 12.04 | 13.68 | 15.89 |
|          | 전중량(g) | 0.27     | 1.88   | 11.72 | 23.17 | 36.04 | 47.56 | 36.24 | 31.16 | 48.2  | 61.4  | 90.6  | 104.2 |
|          | 생존마리수  | 80       | 37     | 28    | 27    | 25    | 22    | 20    | 9     | 8     | 7     | 7     | 7     |
|          | 생존율(%) | 100      | 46.3   | 35.0  | 33.6  | 31.3  | 27.5  | 25.0  | 11.3  | 10.0  | 8.8   | 8.8   | 8.8   |

축제식 양식의 월간 성장도는 4~6월이 평균 10g 이상의 성장을 보였으며, 여름철 고수온기인 7, 8월은 오히려 전중량이 감소하였는데 6월을 기준으로 8월까지 28.2% 감소하였다. 가을철인 9월부터 11월까지의 고수온기에 감량되었던 체중까지 회복하여 월간 평균 체중 증가량이 20g 내외의 높은 성장도를 보였다.

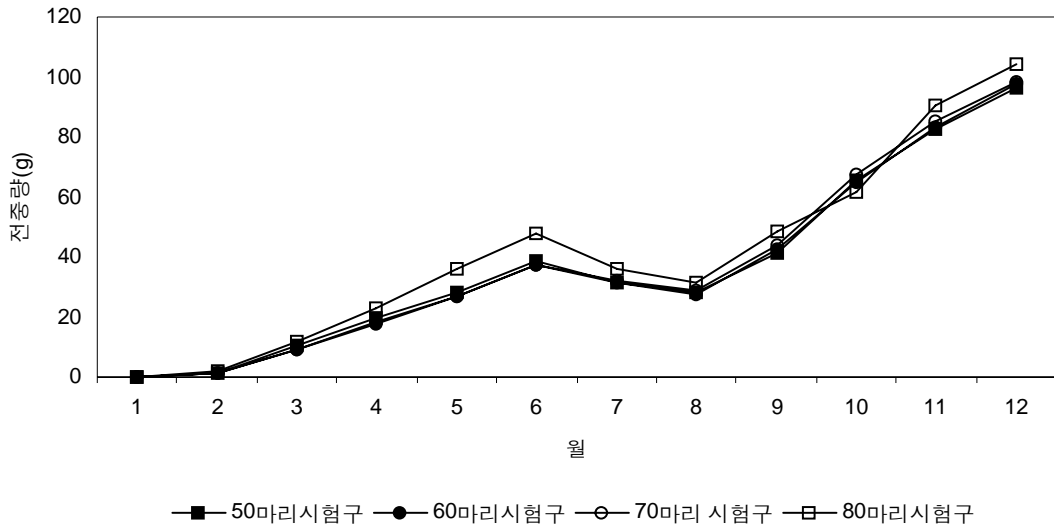


그림 3-3-1. 축제식 밀도별 성장.

밀도별 생존율 시험에서 50마리 시험구는 생존율이 28.0%로 폐사율이 가장 낮았으며, 80마리 시험구의 생존율이 8.8%로 가장 낮게 나타났다. 일반적으로 밀도가 높을수록 생존율은 낮았으며, 특히 고밀도인 80마리 시험구는 시험시작 1개월 이내에 50% 이상의 폐사율을 보였다.

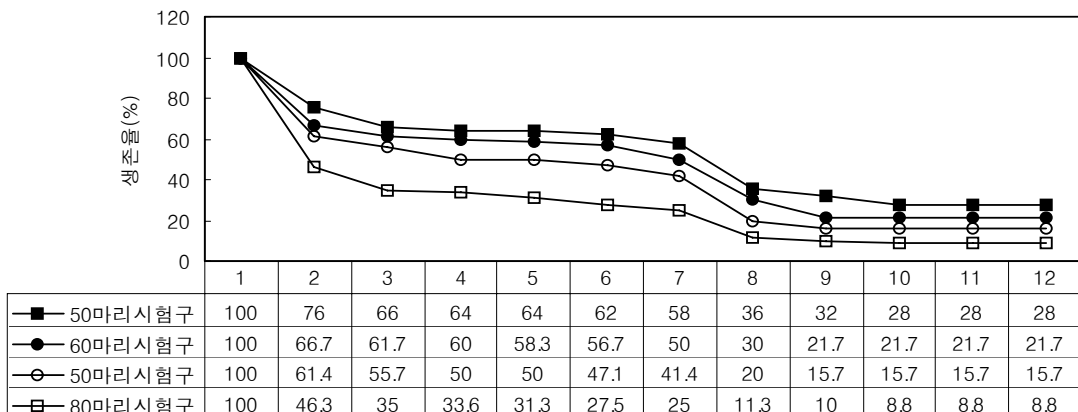


그림 3-3-2. 축제식 양식의 밀도별 생존율 변화.



이와 같이 축제식 양식시험에서 낮은 생존율을 보인 것은 이식 후 1월의 평균 수온이 0.42 ℃, 2월 2.09 ℃, 8월 29.03 ℃ 등 생존 한계 수온인 고온과 저온의 반복에 의한 환경 스트레스와 양식장의 해수 교환능력 저하에 의한 수질환경의 악화, 낮은 수심 및 저질의 부적합성, 먹이생물 부족 및 해적생물의 다량 침입, 시험 종묘의 소형화에 의한 환경저항력 약화 등의 원인이 작용한 것으로 여겨진다. 따라서 축제식 양식의 성장 및 생존율은 우량종묘의 선택과 양식시기, 생태적으로 적절한 환경여건 및 입지조성의 선정이 매우 중요한 것으로 나타났다.

축제식 양식장에서 해삼의 방양밀도는 축제식의 환경조건에 따라 다르겠으나 일반적으로 1m<sup>2</sup>당 13마리 내외 수준으로 여겨지며 산업화 정착을 위해서는 금후 우리나라 실정에 적합한 축제식양식의 생산성 향상을 위한 연구가 지속적으로 이루어져야 하겠다.



그림 3-3-3. 밀도별 가두리 사육시험.



그림 3-3-4. 밀도별 가두리 사육시험 해삼.



그림 3-3-5. 양식장 가장자리로 이동해 온 축제식 양식장의 해삼(11월).



그림 3-3-6. 양식장 가장자리로 이동해 온 축제식 양식장의 해삼(11월).

축제식 양식장의 월별 해삼 성장도 조사는 2004년 1월부터 12월까지 1년간 실시하였으며 축제식양식장 특성상 축제식 저수지에 그물가두리로 차단 칸막이를 설치한 곳에서 매월 하순을 기준으로 무작위로 20 마리씩 측정하였다.

표 3-3-4. 월별 해삼 성장도(2004년)

| 월별<br>구분   | 1           | 2           | 3           | 4            | 5            | 6            | 7            | 8             | 9             | 10            | 11             | 12             |
|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| 전장<br>(cm) | 1.3<br>~3.5 | 3.4<br>~6.4 | 3.4<br>~7.3 | 4.7<br>~8.2  | 4.0<br>~9.8  | 5.3<br>~10.5 | 5.0<br>~9.8  | 6.2<br>~12.5  | 8.5<br>~14.5  | 7.9<br>~12.5  | 7.1<br>~12.5   | 9.5<br>~13.9   |
| 평균<br>(cm) | 1.82        | 4.12        | 5.24        | 6.71         | 7.91         | 8.61         | 8.19         | 8.04          | 10.48         | 9.88          | 10.35          | 11.28          |
| 전중량<br>(g) | 0.2<br>~0.6 | 0.6<br>~3.2 | 2.1<br>~5.7 | 4.2<br>~16.1 | 6.5<br>~39.3 | 6.3<br>~46.6 | 7.6<br>~38.5 | 10.3<br>~39.0 | 22.0<br>~55.0 | 44.0<br>~88.0 | 57.0<br>~113.0 | 52.0<br>~156.0 |
| 평균<br>(g)  | 0.27        | 1.47        | 3.18        | 10.36        | 23.05        | 35.47        | 29.50        | 28.12         | 40.0          | 60.7          | 82.48          | 98.40          |

※'04. 1. 16 종묘입식

시험결과 1년생 해삼은 수온 28℃ 이상에서는 완전한 휴면상태로 들어갔으며, 먹이도 섭취하지 않아, 6월 하순에 평균 중량이 35.47g이던 것이 7월 하순에는 29.50g으로 중량이 5.97g(16.8%) 감소되었다. 고수온기인 8월에도 전월에 비해 1.38g이 줄어들어 여름철 하먼기(7~8월)에 20.7%의 체중이 줄어드는 결과를 나타냈다.

해삼의 성장은 축제식 평균 수온이 10℃ 이상으로 올라가는 4월부터 빠른 성장을

보이면서 6월 하순에는 35.47 g까지 성장하였으나 평균 수온이 25℃로 상승하는 7월에는 하면에 의해 전중량이 29.50 g(16.8%)으로 감소되었고, 8월에는 28.12 g으로 더욱 감소되었다. 수온이 21℃ 이하로 내려가는 9월부터는 성장이 회복되어 10~11월에는 월 평균 약 20 g 내외씩 중량이 증가되는 높은 성장도를 보였으며 12월에도 월 평균 16 g이 증가되는 높은 성장도를 나타내었다.

해삼은 전복과 같이 우량종묘 여부에 따라 개체간의 성장차이가 매우 크게 나타났으며, 큰 개체와 작은 개체의 차이가 2~3배, 중량 값으로 최대 10배까지 차이가 나타나고 있어, 종묘 구입시 우량종묘 선택이 필수적인 것으로 여겨진다.

해삼의 월별 성장도는 1년간 먹이를 전혀 공급하지 않는 자연사육에서의 평균 중량이 98 g을 보였으며, 최고 156 g까지 성장하였다.

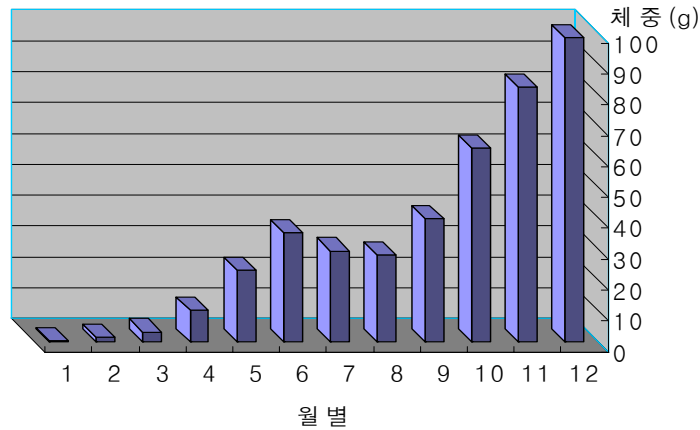


그림 3-3-5. 축제식 양식장의 해삼 성장.



그림 3-3-6. 축제식 시험어장.



그림 3-3-7. 축제식 그물헐터 작업.





그림 3-3-8. 축제식 그물셴터 투입.



그림 3-3-9. 축제식 패류셴터 투입.



그림 3-3-10. 축제식양식 시험용 종묘.



그림 3-3-11. 축제식 종묘 입식.



그림 3-3-12. 축제식 시험용 중량측정.

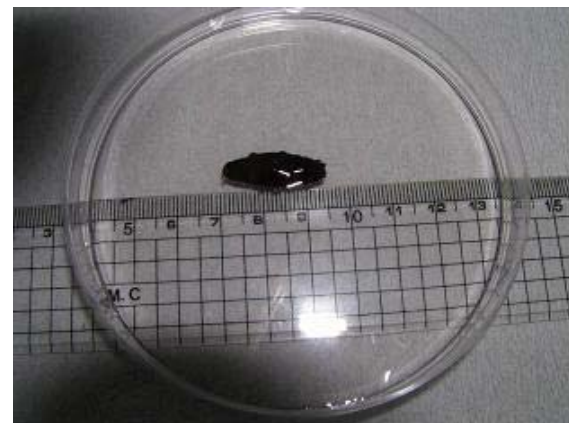


그림 3-3-13. 시험용 해삼 전장 측정.

#### 4. 축제식 산지별 성장도 시험

인천 용진군 소재 축제식 양식장을 활용하여 그물 가두리(2×2×2.5 m)를 구획, 2005년 4월부터 7월까지 동해, 서해, 남해산 해삼을 산지별로 사육하였다. 해삼의 경우 전장 측정은 근수축력이 뛰어나 정확성이 저하되므로 본 시험에서는 전중량과 생존율 측정에 중점을 두었다. 또한 밀도별 성장 및 생존율 시험을 추가로 실시하였다.

산지별 성장도 시험의 경우 비교의 정확성을 높이기 위해서는 같은 입식시기와 같은 크기의 시험재료로 사용하여야 하나, 동해산의 경우 시험 개시일 현재 종묘를 생산한 업체가 없어 자연산 새끼 해삼을 6월 초순에 구입하여 시험하였다.

산지별 성장도 조사결과 전중량은 남해산이 평균 전중량 4.11 g에서 3개월 사육 후 35.60 g으로 성장하여 서해산의 29.77 g보다 높게 나타났다.

월간 성장은 서해산과 남해산 공히 5월이 가장 빠른 성장을 보였으며 남해산은 14.56 g으로 높은 성장을 보였다. 시험기간 중의 성장에서 전중량은 동해산이 22.18 g으로 6월 입식 시기의 26.47 g보다 오히려 4.29 g의 감량을 나타냈다.



그림 3-3-14. 해삼 산지별 시험 가두리.



그림 3-3-15. 산지별 시험 시설관리.



그림 3-3-16. 해삼 밀도별 시험 가두리.



그림 3-3-17. 시험해삼의 개체중량 측정.

표 3-3-5. 축제식 해삼의 산지별 성장도

| 구 분 \ 월 별 |        | 4    | 5     | 6     | 7     | 비고                          |
|-----------|--------|------|-------|-------|-------|-----------------------------|
|           |        |      |       |       |       |                             |
| 동해산       | 전장(cm) | -    | -     | 15.54 | 9.40  | 6. 8일<br>50마리 입식<br>(삼척자연산) |
|           | 체중(g)  | -    | -     | 26.47 | 22.18 |                             |
|           | 생존율(%) | -    | -     | 100   | 66.0  |                             |
| 남해산       | 전장(cm) | 4.11 | 6.86  | 8.86  | 11.04 | 4. 8일<br>50마리 입식<br>(거제산)   |
|           | 체중(g)  | 4.11 | 12.08 | 26.64 | 35.60 |                             |
|           | 생존율(%) | 100  | 80.0  | 76.0  | 70.0  |                             |
| 서해산       | 전장(cm) | 4.89 | 7.74  | 8.80  | 10.40 | "<br>(태안산)                  |
|           | 체중(g)  | 5.12 | 14.15 | 23.16 | 29.77 |                             |
|           | 생존율(%) | 100  | 86.0  | 82.0  | 78.0  |                             |

산지별 생존율 시험에서는 공히 입식 후 처음 1개월 동안 가장 많은 폐사율을 보였으며 동해산은 7월 8일 측정된 결과 생존율이 66.0%, 남해산은 70.0%, 서해산은 78.0%로 서해산 해삼의 생존율이 높게 나타났다.

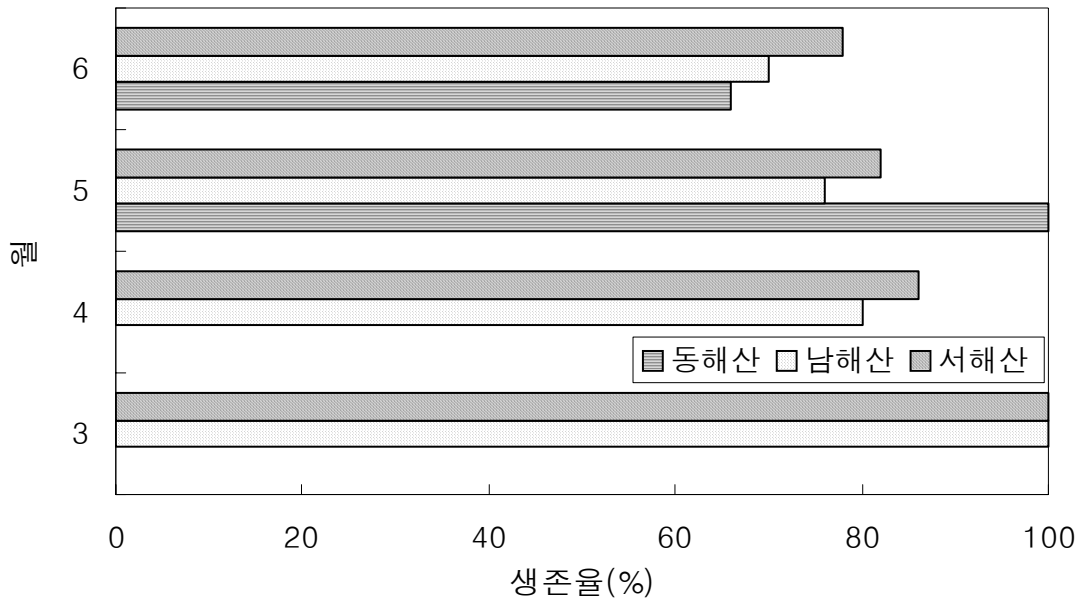


그림 3-3-18. 축제식 해삼의 산지별 생존율(2005년)

이는 서해산 해삼이 다른 지역에 비해 이식시의 환경조건이 비슷하여 적응력이 좋았고, 초기 입식에서도 남해산에 비해 평균 체중이 약 1g 이상 높아 종묘가 클수록 생존율이 높게 나타난 것으로 여겨진다.

### 5. 축제식 해삼과 송어의 복합양식 시험

축제식 양식장(인천 영흥도)에서 2005년 6월부터 송어와 해삼의 복합양식 연구를 실시하였다. 실험에 사용된 송어는 2005년에 생산된 인공종묘로 전장 평균 5.76 cm, 평균 전중량 2.9 g으로 20,000마리를 수용하여 실험하였다. 환경 및 성장도 조사는 매월 30마리씩을 채집한 후 전장과 전중량을 측정하였으며, 전체 마리 수를 계수하여 생존율을 측정하였다.





그림 3-3-19. 축제식 입식용 해삼 종묘.



그림 3-3-20. 종묘 입식.



그림 3-3-21. 송어 복합양식 시험 치어.



그림 3-3-22. 송어 치어 개체중량 측정.



그림 3-3-23. 해삼 부착기질 설치.



그림 3-3-24. 페그물에 부착한 해삼.



축제식 해삼 양식장에서의 복합양식 가능성을 조사하기 위해 송어 종묘 20,000마리를 해삼 시험어장에 입식하여 시험사육 하였다. 송어 종묘는 주로 6~7월에 생산되기 때문에 '05. 6. 30일에 전장 평균 5.76 cm, 평균 전중량 2.9 g의 종묘를 구입하여 시험하였다.

송어 종묘 입식 당시의 양식장 수온은 26.4 °C였으며, 염분은 30.88 ‰였다. 시험 사육 기간 동안 수온은 8월 평균 수온이 30.7 °C로 가장 높았고, 12월은 0.2 °C로 가장 낮아 온도차가 매우 컸다. 사육기간 동안 염분은 27.55~30.88‰ 범위였으며, DO는 고수온기인 8월에 6.17 mg/L로 가장 낮았고 저수온기인 12월에 10.33 mg/L으로 가장 높게 나타났다. pH는 7.90~8.50을 나타내었다.

시험 사육기간 동안 저질조사는 시험구인 송어와 해삼 복합양식 시험구와 해삼만 사육하는 대조구로 구분하여 매월 하순에 함수율, 강열감량, 황화물, COD 등을 측정 조사하였다. 함수율은 시험구 및 대조구에서 큰 차이를 보이지 않았으나, 강열감량, 황화물, COD는 배합사료를 공급한 복합양식 시험구가 매우 높게 나타났다. 특히 8월에 복합양식 시험구에서는 저질 바닥에서 기포가 발생하였고, 악취가 풍겨 올라왔다.

표 3-3-6. 해삼과 송어의 복합양식에서 양식장의 저질변화

| 구분         | 시험구                                |             |                     |            | 대조구                                |             |                     |            |
|------------|------------------------------------|-------------|---------------------|------------|------------------------------------|-------------|---------------------|------------|
|            | COD<br>(mg O <sub>2</sub> /kg.dry) | 강열<br>감량(%) | 황화물<br>(mg S/g.dry) | 함수율<br>(%) | COD<br>(mg O <sub>2</sub> /kg.dry) | 강열<br>감량(%) | 황화물<br>(mg S/g.dry) | 함수율<br>(%) |
| 2005.<br>6 | 4.42                               | 0.56        | 0.023               | 32.8       | 2.04                               | 0.31        | 0.009               | 34.5       |
| 7          | 5.67                               | 0.78        | 0.056               | 34.1       | 2.57                               | 0.43        | 0.023               | 35.2       |
| 8          | 5.46                               | 0.96        | 0.098               | 34.4       | 3.16                               | 0.48        | 0.032               | 34.5       |
| 9          | 6.54                               | 0.83        | 0.085               | 35.2       | 3.77                               | 0.52        | 0.029               | 33.6       |
| 10         | 5.82                               | 0.87        | 0.089               | 34.8       | 3.59                               | 0.47        | 0.025               | 34.7       |
| 11         | 5.89                               | 0.78        | 0.079               | 33.3       | 3.94                               | 0.49        | 0.021               | 33.5       |
| 12         | 4.89                               | 0.86        | 0.067               | 33.5       | 3.33                               | 0.44        | 0.014               | 33.7       |

복합양식 시험구 송어의 성장도 조사결과 전장은 12월을 제외한 전 기간에 평균 2 cm 내외의 성장량을 보였으며, 체중은 7~9월까지 고수온기에 높은 성장도를 나타내었

다. 이는 고수온기인 7월부터 송어의 배합사료 섭취가 활발하였던 것에 기인되며, 가을 이후에는 먹이 섭취가 감소하여, 12월에는 평균 체중이 11월에 비해 오히려 2.1 g이 감소하였다.

표 3-3-7. 해삼과 송어의 복합양식에서 송어의 성장도

| 월 별<br>구 분 | 2005.<br>6. 30 | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        |
|------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 전장범위(cm)   | 5.2~6.8        | 7.9~9.9   | 10.6~12.7 | 11.8~13.5 | 13.2~15.0 | 14.8~18.3 | 16.2~19.8 |
| 평균(cm)     | 5.76           | 8.32      | 10.94     | 12.65     | 14.67     | 16.02     | 17.45     |
| 체중범위(g)    | 1.2~3.0        | 8.72~13.7 | 18.2~34.7 | 30.6~50.7 | 45.5~72.3 | 58.4~80.2 | 55.7~80.4 |
| 평균(g)      | 2.9            | 11.3      | 28.99     | 45.22     | 60.56     | 74.55     | 72.54     |

해삼과 송어의 복합양식에서 해삼 단독양식의 대조구와 복합양식 시험구를 비교 조사하였다. 시험시작일 공히 해삼의 전장은 8.61 cm, 전중량은 30.47 g이었으며 12월의 시험종료일에는 복합양식 시험구가 대조구에 비해 평균 전중량이 10.3 g 더 성장한 것으로 나타났다. 이는 배합사료 공급에 의해 송어가 먹다 남은 사료찌꺼기, 배설물 등의 유기물 등을 해삼이 섭취한 결과로 추정된다. 생존율은 축제식 양식장 특성상 매월 생존율 파악이 어려워 12월에 최종 생존율을 조사하였으며 시험구의 생존율은 8.3%, 대조구는 13.7%를 나타냈다.

표 3-3-8. 해삼과 송어의 복합양식에서 해삼의 성장도

| 구분<br>월별    | 시험구    |        |        | 대조구    |       |        |
|-------------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
|             | 전장(cm) | 체중(g)  | 생존율(%) | 전장(cm) | 체중(g) | 생존율(%) |
| 2005. 6. 30 | 8.61   | 30.47  |        | 8.61   | 30.47 |        |
| 7           | 8.10   | 24.01  |        | 8.19   | 24.01 |        |
| 8           | 8.67   | 22.24  |        | 8.82   | 23.90 |        |
| 9           | 11.5   | 43.90  |        | 10.48  | 40.00 |        |
| 10          | 13.0   | 78.30  |        | 9.88   | 67.70 |        |
| 11          | 14.3   | 95.40  |        | 10.35  | 82.48 |        |
| 12          | 14.8   | 108.70 | 8.3%   | 11.28  | 98.40 | 13.7%  |



그림 3-3-25. 축제식 양식장의 해적생물.



그림 3-3-26. 축제식 양식장의 민꽃게.

## 6. 축제식 복합양식 생물간 경쟁관계 조사

영흥도 축제식 양식장에서 송어와 해삼의 복합양식 연구를 위해 2005년 6월부터 12월 까지 송어와 해삼의 축제식 복합양식 생물간 경쟁관계 및 폐사원인과 개체간의 상호작용을 파악하였다.

해삼과 송어의 축제식 복합양식에서 상호간의 먹이 경쟁관계는 표층 서식어종인 송어는 고수온기에 성장이 매우 빠른 종으로 성장촉진을 위해서는 여름철에 집중적인 사료공급이 필요하다. 반면, 해삼은 저수온에 성장이 빠른 종으로 고수온기에는 하면에 들어가 거의 활동을 하지 않고 먹이섭취가 극히 미약하여 체중 감소와 함께 생존율도 저하되는 생태적 특성이 있다.

복합시험 조건에서 고수온기 동안 송어 성장을 위해 배합사료를 집중 공급한 결과 황화물, 강열감량, COD 값이 크게 상승하였으며, 황화물의 경우 양식장 부적지 기준 (0.2 mg S/g.dry)에는 미치지 못하였으나 고수온기의 송어사료 찌꺼기와 배설물로 바닥 저질이 부패되고 악취 및 황화물 등의 기포 용출로 저질이 빠르게 악화되는 문제점이 나타났다.

해삼의 성장은 복합 시험구에서 10g 정도 높게 성장하였으나, 생존율이 대조구에 비해 5.4%로 낮아 축제식 해삼양식에서 복합양식은 집약적 고밀도 양식의 특성상 경제성이 낮은 것으로 여겨지며 금후 추가적인 연구가 필요하다.

축제식 양식장에서 사료급이 여부에 따른 성장 및 생존율 시험은 2006년 3월 11일 전장 평균 2.86 cm, 평균 전중량 1.52g의 종묘를 50평씩 2개 호지로 나누어 해삼 인공 배합사료 급이구와 비급이구로 구분하여 7월 6일까지 시험을 실시하였다. 측정은 매월

10일 전후로 사육호지 물을 모두 뺀 다음 전량 계수하였다.

해삼의 생존율은 입식 후 처음 1개월간의 생존율이 사료 투여구에서 42.5%, 비투여구에서 39.1%로 초기 1개월 이내의 폐사율이 60% 내외로 나타났으며, 최종 생존율은 사료 투여구(20.8%)와 비투여구(21.1%) 모두 비슷하였다.

체중은 일반 축제식 양식 해삼 성장과 비교했을 때 큰 차이는 없었으나 사료투여구가 38.1 g, 비투여구가 36.9 g으로 사료투여구에서 높게 나타났다. 한편 사료투여구에서는 해파리의 번식이 많았으며, 부착기질인 PE 파이프 내에 물우렁이, 유령미더덕 등 부착생물들이 비투여구에 비해 높게 나타났다.

표 3-3-9. 해삼 사료 급이별 성장 및 생존율

| 구 분<br>월 별  | 사료 투여구 |        |        | 비 투여구  |        |        |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|             | 전장(cm) | 전중량(g) | 생존율(g) | 전장(cm) | 체중량(g) | 생존율(%) |
| 2006. 3. 11 | 2.86   | 1.52   | 100    | 2.86   | 1.52   | 100    |
| 4           | 4.67   | 9.24   | 42.5   | 4.59   | 8.01   | 39.1   |
| 5           | 8.78   | 18.2   | 35.6   | 8.82   | 16.9   | 30.3   |
| 6           | 10.05  | 37.9   | 29.4   | 10.18  | 33.0   | 25.2   |
| 7. 6        | 10.60  | 38.1   | 20.8   | 10.93  | 36.9   | 21.1   |

이상의 시험 결과로 보아 새우 양식장 등 폐염전을 활용한 해삼 축제식 양식은 중국의 경우는 연안의 바다와 면한 곳에 대규모의 축제식 양식장이 산재해 있어 해수 교환량의 증가로 수질이 양호하고 축제식 어장 내에서 해조류 등 먹이생물의 자연발생이 가능하여 먹이부족 현상이 어느 정도 해소될 수 있다.

그러나 국내의 대부분의 축제식 양식장은 축제식 내에서의 해조류 등 먹이발생 환경이 불량할 수 있다. 따라서 생산성 향상을 고려한 사료공급은 외해수가 직접 유입되어 해수 교환율이 높고 수질이 안정된 곳의 축제식 양식장은 봄, 가을 해삼의 주 성장기에 적정량의 사료공급을 통해 성장을 촉진시키는 것이 경제적으로 바람직하며, 특히 당년생산 출하를 위해서는 저질에 영향을 미치지 않을 정도로 적정량의 사료공급이 필요하다. 그러나 사육수의 교환량이 충분하지 않거나 수심이 낮은 어장은 사료 공급량을 줄이거나 먹이섭취 및 저질상태를 보아가며 공급여부를 판단하는 것이 바람직하겠다.

## 7. 부착기질별 성장도 조사

영흥도 축제식 양식장의 바닥 부착기질(은신처)에 따른 성장 및 생존율 조사를 위해 40m<sup>2</sup> 규모의 4개 호지를 조성하여 각기 다른 종류의 셸타를 투입하여 조사하였다.

PE 파이프형은 직경 13~16 cm의 파이프를 4개씩 묶어 평당 2개씩 100개를 투입하였으며, 폐그물형은 폐어망을 꽃다발포장 그물처럼 엮어 같은 밀도로 투입하였고, 쌀포대형은 마대자루 3개씩을 묶어 안에 벽돌을 넣어 침하되도록 하여 수하식으로 설치하였다. 돌무덤은 자갈을 15톤 덤프트럭 한대 분을 바닥에 깔고루 깔고 군데군데 돌무덤 식으로 쌓아서 설치하였다.



3-3-27. 축제식 양식장의 돌무덤형의 예.

표 3-3-10. 부착기질(은신처)에 따른 성장 및 생존율

| 구 분          |        | 월 별  |       |       |       |
|--------------|--------|------|-------|-------|-------|
|              |        | 3    | 4     | 5     | 6     |
| PE 파이프<br>셸터 | 전장(cm) | 2.86 | 4.77  | 7.41  | 9.26  |
|              | 전중량(g) | 1.52 | 11.2  | 22.4  | 31.27 |
|              | 생존마리수  | 500  | 216   | 134   | 107   |
|              | 생존율(%) | 100  | 43.2  | 26.8  | 21.4  |
| 폐그물          | 전장(cm) | 2.86 | 4.66  | 7.64  | 9.89  |
|              | 전중량(g) | 1.52 | 10.33 | 17.82 | 28.95 |
|              | 생존마리수  | 500  | 257   | 177   | 133   |
|              | 생존율(%) | 100  | 51.4  | 35.4  | 26.6  |
| 쌀포대          | 전장(cm) | 2.86 | 4.54  | 7.27  | 9.63  |
|              | 전중량(g) | 1.52 | 10.66 | 18.24 | 26.86 |
|              | 생존마리수  | 500  | 227   | 156   | 122   |
|              | 생존율(%) | 100  | 45.4  | 31.2  | 24.4  |
| 돌무덤          | 전장(cm) | 2.86 | 4.88  | 7.27  | 9.97  |
|              | 전중량(g) | 1.52 | 11.23 | 21.12 | 33.45 |
|              | 생존마리수  | 500  | 287   | 207   | 159   |
|              | 생존율(%) | 100  | 57.4  | 41.4  | 31.8  |

시험용 해삼은 전장 2.86 cm, 체중 1.52 g으로 각각 500마리씩 투입하였으며, 성장 및 생존율조사결과 공히 돌무덤형이 체중과 생존율에서 각각 33.45 g, 31.8%로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 폐그물이 26.6%, 쌀포대가 24.4%, PE 파이프가 21.4%로 생존율이 가장 낮았다.

특히 PE 파이프의 경우 파이프 안쪽 중간까지 펠로 가득 차 있었고, 그 위쪽은 유령 미더덕 또는 물우렁이 등의 해적생물 부착이 많아 해삼의 성장과 생존에 저해요인으로 나타났다. 따라서 금후 축제식 양식어장의 바닥 저질조성은 돌무덤형이 부나나 펠 등이 쌓이지 않고, 음영효과가 있어 빛을 싫어하는 부착생물들의 번식을 억제할 수 있을 뿐만 아니라 해삼의 은신처 제공이 가능하여 해삼의 성장과 생존율을 높일 수 있는 경제성 있는 양식방법으로 여겨진다.

## 8. 축제식 양식 경제성 분석

해삼 축제식 양식의 경제성 분석 결과 축제식 면적 10,000평을 기준으로 종묘를 입식하여 1년간 사육하였을 때의 순수익은 28,600천원으로 나타났으며 이는 자본용역비와 감가상각비, 자가 노동 비용이 포함되지 않은 결과이다.

이번 경제성 분석에서는 총 소득에서 어장임대료 및 종묘 구입비가 차지하는 비율이 50%에 이르고 있어 앞으로 자가 어장 보유여부와 지역에 따른 임대료의 차이, 입식종묘의 크기에 따른 생존율과 종묘 구입 가격에 따른 경제성 효과의 변동이 있을 것으로 여겨진다.

축제식 양식의 경제성을 높이기 위한 방안으로 종묘 입식시 200마리/1 kg 내외 크기의 대형종묘가 입식될 경우 종묘 입식 단가가 높아질 수 있지만 생존율을 80% 정도로 끌어올릴 수 있어 중간 육성된 우량 종묘를 입식하는 것이 축제식 해삼 양식의 경제성을 향상시킬 수 있을 것으로 여겨진다. 특히 축제식 해삼 양식은 국내에는 중국과 비슷한 조건의 대규모 수면적 확보가 어렵기 때문에 생존율 향상과 경제성 확보를 위해서는 축제식 양식장의 적지 선정에 매우 주의할 필요성이 있다.

표 3-3-11. 축제식 양식 경제성 분석

| 항목  | 품목  | 금액(천원)         | 산출내역  |  |
|-----|-----|----------------|---|--|
| 조수입 | 합계  | 200,000        | 10,000평, 40마리/평 1년간 양식                                    |  |
|     | 해삼  | 200,000        | 400,000마리x50%=200,000마리<br>(마리당100g)x10,000원=200,000,000원 |  |
| 지출  | 합계  | 171,400        |   |  |
|     | 시설비 | 면허어장 임대료       | 20,000  | 10,000평x2,000원=20,000,000원                                 |
|     |     | 종묘대금           | 80,000  | 40마리x10,000평=400,000마리<br>x200=80,000,000원                 |
|     |     | 부착기질(셸터)       | 25,000  | PE 셸터 평당5개x500원=10,000개<br>25,000,000원                     |
|     |     | 장비사용료          | 4,000   | 블도저, 포크레인 등<br>500,000원x8일=4,000,000원                      |
|     | 운영비 | 선박사용료          | 1,200   | 100,000x12개월=1,200,000원                                    |
|     |     | 전기료            | 3,600   | 수차<br>6대x200,000원x3개월=3,600,000원                           |
|     |     | 수질안정제<br>(PSB) | 3,200   | 1통(20ℓ)x40통x80,000원 =<br>3,200,000원                        |
|     |     | 배합사료           | 5,400   | 45,000원(20kg)x120포= 5,400,000원                             |
|     |     | 관리인건비          | 14,400  | 1,200,000x12개월=14,400,000원                                 |
|     |     | 채취인건비          | 4,600   | 다이버 350,000원x4명x2일=2,800,000<br>인건비 60,000원x30명=1,800,000원 |
|     |     | 주부식비           | 6,000   | 500,000원x12개월=6,000,000원                                   |
|     |     | 기타잡비           | 4,000   | 소모품 등<br>100,000x20종x2회4,000,000원                          |
|     | 순수익 | 조수익-지출         | 200,000천원-171,400천원 = 28,600천원(14.3%)                     |  |



## 제4절 씨뿌림 양식 기술개발

### 1. 씨뿌림 양식 시험

마을어장에서 해삼의 씨뿌림 자원조성 가능성을 파악하기 위하여 2005년 4월에 자연산 해삼이 서식하는 충남 태안군 안면읍 승언리 분여지선에 30,000 마리를 씨뿌림하였다. 씨뿌림된 종묘는 거제(H수산)와 완도(Y수산)에서 생산된 평균 전장 2.9 cm, 전중량 2.03 g였다. 씨뿌림 밀도는 1 m<sup>2</sup>당 1, 5, 10, 15, 20마리씩 밀도별로 시험하였으며, 먹이는 자연해조류가 풍부하여 별도로 공급하지 않았다. 현장 환경조사는 격월로 실시하였으며, 성장도는 해녀를 이용하여 30마리씩을 채집한 후 전장과 전중량을 측정하였다.



그림 3-4-1. 어장시설 실험구 표시 부자.



그림 3-4-2. 씨뿌림용 해삼 종묘운반.



그림 3-4-3. 해삼 씨뿌림 준비.



그림 3-4-4. 해녀에 의한 씨뿌림 해삼 채집.

씨뿌림 양식장에서 해삼의 성장에 가장 큰 영향을 미치는 수온은 4월에 7.1 °C이었으며, 6월에 16.7 °C로 상승하였고 8월에는 더욱 상승하여 23.1 °C로 가장 높게 나타났다. 이후 10월부터 하강하여 2월에 3.9 °C로 가장 낮게 나타났다가 4월부터 상승하여 6월에는 16.5 °C를 나타내었다.

해삼의 성장은 2004년 4월에 전중량 2.0 g이 6월에 평균 38.9 g으로 성장하였다가 수온이 높은 8월에는 22.5 g으로 감소하였다. 이후 10월부터 점차 증가하여 4월에는 48.5 g을 나타내었고 6월에는 95.1 g(70~130 g)으로 급격한 성장을 보였다.

밀도별로 1 m<sup>2</sup>당 1, 5, 10, 15, 20마리를 입식하여 성장시험을 한 결과 1 m<sup>2</sup>당 1마리 시험구에서 전장 13.8 cm, 103.2 g으로 성장이 가장 빠르게 나타났는데 마을어장의 씨뿌림은 시설비 등의 비용이 적어 해삼 양식방법 중에서 가장 경제적이고 환경친화적인 방법으로 가능성을 보였다.

그러나 완전한 경제성 분석과 자원회복을 위해서는 특정지역에 대한 단기간의 조사로는 효과 판단이 어려울 수 있으므로 지속적인 연구추진이 필요하며, 씨뿌림 시에는 반드시 적지여부를 정밀 판단한 후 추진하는 것이 시행착오를 줄일 수 있겠다.

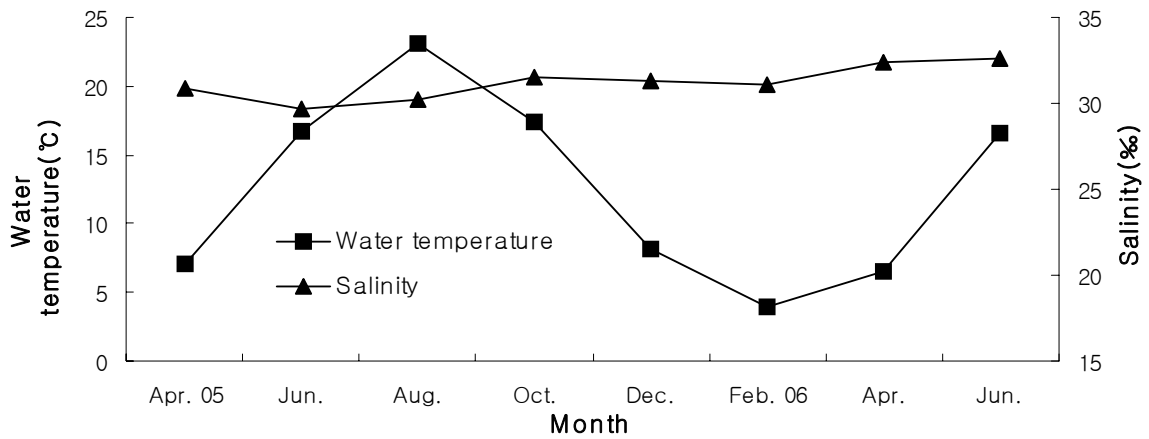


그림 3-4-5. 씨뿌림 양식장의 수온과 염분의 변화.

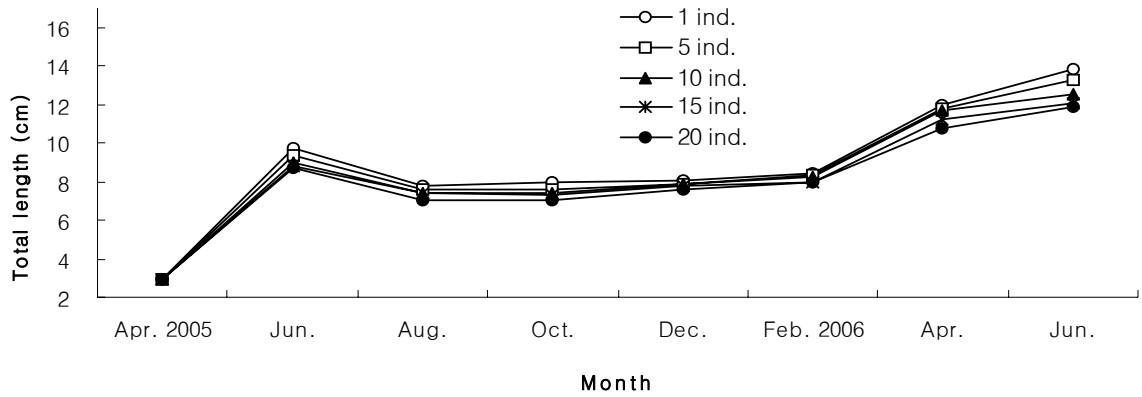


그림 3-4-6. 씨뿌림 양식장에서 해삼 전장의 변화.

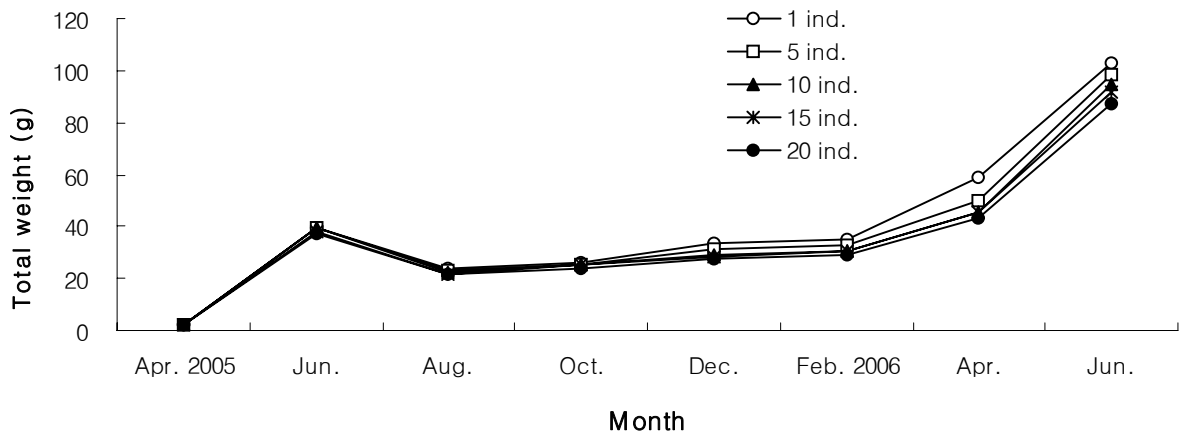


그림 3-4-7. 씨뿌림 양식장에서 해삼 전중량의 변화.



그림 3-4-8. 씨뿌림 양식으로 수확된 해삼(6월)



그림 3-4-9. 씨뿌림 양식 해삼의 평균 중량(6월)

## 2. 배우자 형성과정과 생식주기 조사

### 가. 재료 및 방법

서해안 안면도 근해에서 어획되는 해삼을 대상으로 2004년 10월부터 2005년 9월까지 해녀 나잠을 통해 매월 60마리씩 채취하였다. 채집된 해삼은 전중량, 연체부 중량, 생식소 중량을 전자저울로 0.1 g 단위까지 측정하였고, 이 후 다음 식에 의하여 생식소 속도지수를 구하였다.

$$\text{Gonadosomatic index} = \text{GW(g)} / \text{BW(g)} \times 100$$

해삼 서식해역에서 해삼의 성숙에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단되는 조사해역의 물리적 환경을 파악하기 위하여 DO meter(YSI model 85)를 사용하여 수온과 염분을 측정하였다.

생식소 발달에 따른 조직학적 변화를 관찰하기 위하여 생식소 부위를 5~8 mm 크기로 절단하여 Bouin 용액에 24시간 고정된 다음, paraffin 상법으로 5~6  $\mu\text{m}$  두께의 조직절편을 제작하였다. 표본은 Harris haematoxylin과 0.5% eosin으로 염색한 후, 광학현미경(GALEN III, TA-120)으로 관찰하였다.

생식소의 조직학적 발달단계는 암·수 각각 분열증식기(multiplicative stage), 성장기(growing stage), 성숙기(mature stage), 산란기(spawning stage), 휴지 및 퇴화기(degenerative and resting stage)의 연속적인 5단계로 구분하였다.

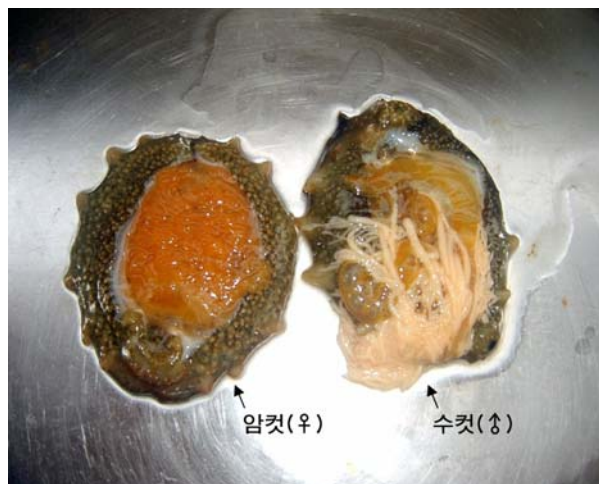


그림 3-4-10. 해삼의 생식소

나. 결과 및 고찰

시험기간 동안 씨뿌림 해삼양식장의 수온과 염분의 월 변화는 다음과 같다. 충남 안면도 연안의 월평균 수온은 2005년 2월에 3.3 °C로 가장 낮았으며, 8월에 23.1 °C로 가장 높았다. 염분은 2005년 1월에 31.4 ‰로 가장 높았고, 6월에 29.7 ‰로 가장 낮았다.

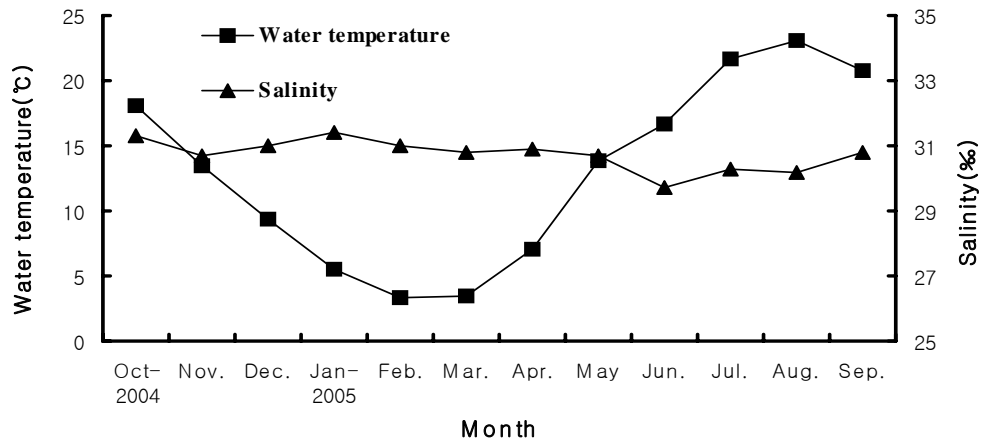


그림 3-4-11. 씨뿌림 시험양식장에서 월별 수온 및 염분의 변화.

2004년 10월부터 2005년 9월까지 충남 태안군 안면도 연안에서 채집된 해삼의 암수 각각의 전장 및 전중량의 월 변화는 주 산란기에는 큰 개체가 출현하였으며, 특히 5월에는 생식소가 가득 차 있어 연중 가장 높은 값을 보였다.

한편, 해삼 암·수 각각의 생식소 중량지수의 월 변화를 보면, 암컷의 GSI는 1월과 2월에  $1.075 \pm 0.086$ ,  $1.129 \pm 0.359$ 로 비슷하였으며, 3월부터 급속하게 상승하여 6월에  $7.910 \pm 0.539$ 로 연중 가장 높은 값을 보였다.

7월에는  $2.995 \pm 0.359$ 로 감소하기 시작하였고 10월에는  $0.429 \pm 0.096$ 로 가장 낮은 값을 보였다. 수컷의 GSI는 암컷의 GSI와 비슷하게 나타났으며, 6월에  $7.216 \pm 0.392$ 로 연중 가장 높은 값을 보였고 10월에는  $0.531 \pm 0.047$ 로 가장 낮은 값을 보였다.

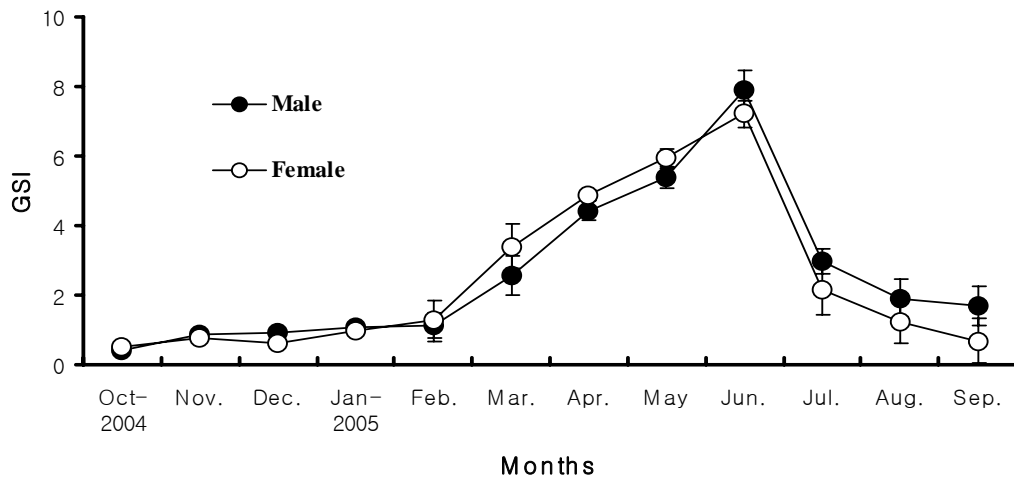


그림 3-4-12. 해삼 생식소 속도지수의 월 변화.

생식세포의 발달과정을 조직학적 방법으로 조사하였으며 난자 및 정자 형성과정을 다음과 같은 일련의 과정으로 구분하였다.

#### 1) 난자형성

해삼 난소의 조직학적 변화를 보면 난소의 소낭들이 뚜렷하게 형태를 이루었으며, 소낭의 생식상피에는 난원세포들이 분열 증식하였다. 난원세포는 인이 뚜렷한 등근 핵을 가지고 있었으나, 세포질은 매우 빈약하였다(A). 소낭의 생식상피에서 분열 증식 중이던 난원세포들은 차츰 그 세포질이 커지고 내강쪽으로 성장하기 시작하였으며, 계속 성장하게 되면 타원형의 서양배 모양을 하게 되어 한쪽끝이 가늘고 긴 난병을 형성하며 발달하였다. 이후 난병이 소실되고 난모세포는 생식상피로부터 유리되어 차츰 원형으로 되면서 중앙 내강으로 분리되었다(B).



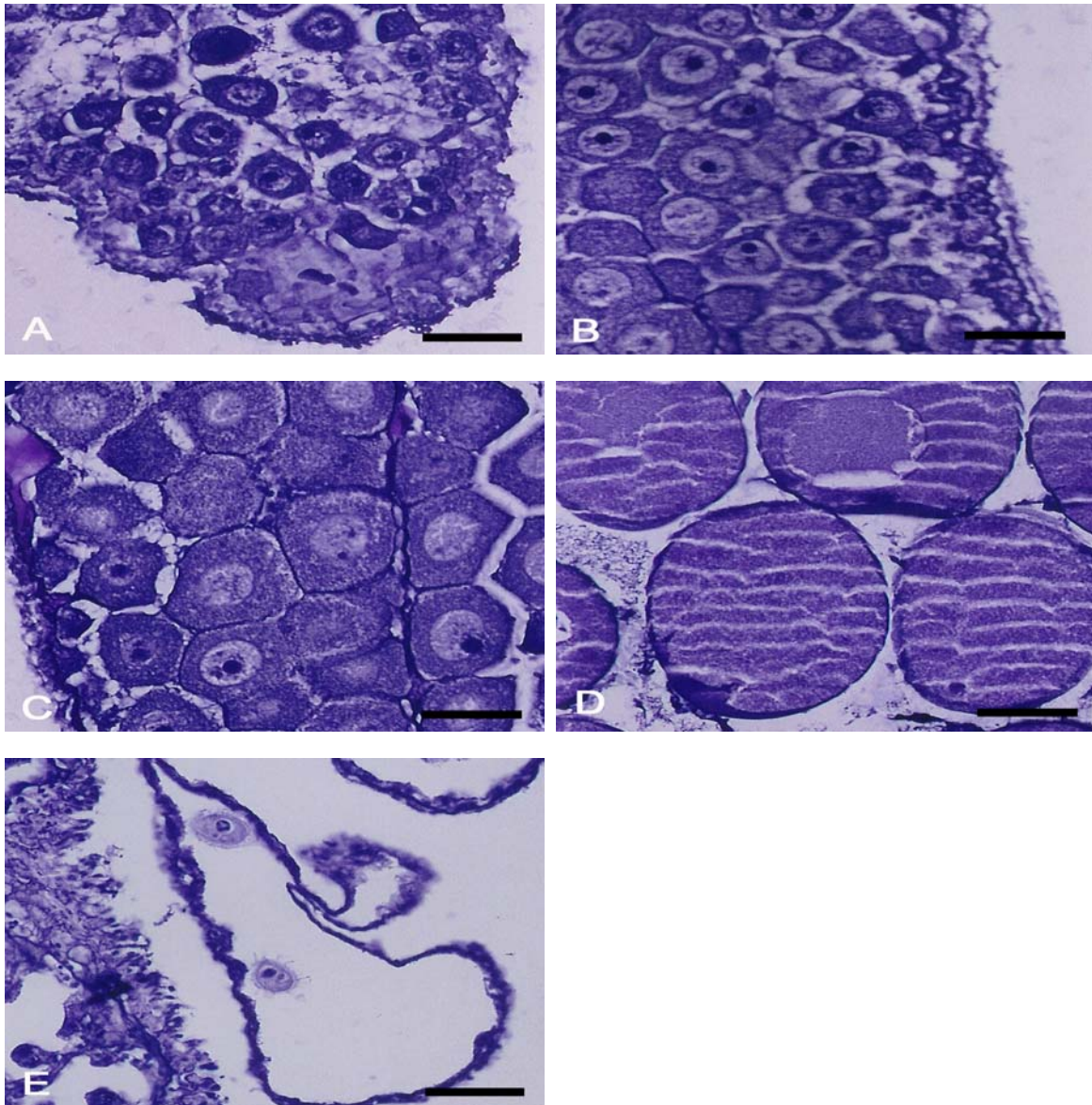


그림 3-4-13. 해삼 난소의 조직학적 변화.

A: 분열증식기 B: 성장기, C: 성숙기, D: 산란기, E: 퇴화 및 휴지기.

난소내의 각 소낭에는 유리된 성숙한 난모세포들로 가득 채워져 있었으며, 조직학적 상태는 원형이었다. 완전히 성숙한 난모세포는 세포질에 충분한 난황을 축적하였으며, 커다란 배포상이 핵을 포함하고 있었으며, 핵막 부근에 큰 인이 존재하였다(C). 산란기에 도달한 성숙한 난모세포는 체외로 방출하였고, 이로 인하여 난소 소낭의 중앙부는 비어 있었다. 소낭에는 미방출된 난들도 존재하였다(D). 난이 방출된 난소는 위축되었고, 미방출된 난모세포들은 점점 염색성이 소실되면서 퇴화 흡수하는 현상들이 나타났으며, 그 수는 점차 감소하였다(E).

## 2) 정자형성

해삼 정소의 조직학적 변화를 보면 소화맹낭에 인접하여 많은 정소세관이 발달하였으며, 이들 정소세관 상피는 섬유성 결제 조직으로 이루어져 있다. 정소세관은 두터운 생식상피로 이루어졌으며, 생식상피를 따라 불분화 간충직과 호산성 과립세포들 사이에 정원세포가 활발히 분열 증식하였다. 초기 정원세포의 핵은 난원세포에 비해 핵상이 뚜렷하지 못하고, 핵 내에 망상구조가 보다 불규칙하고 염색질이 과립 또는 괴상으로 나타났다(A).

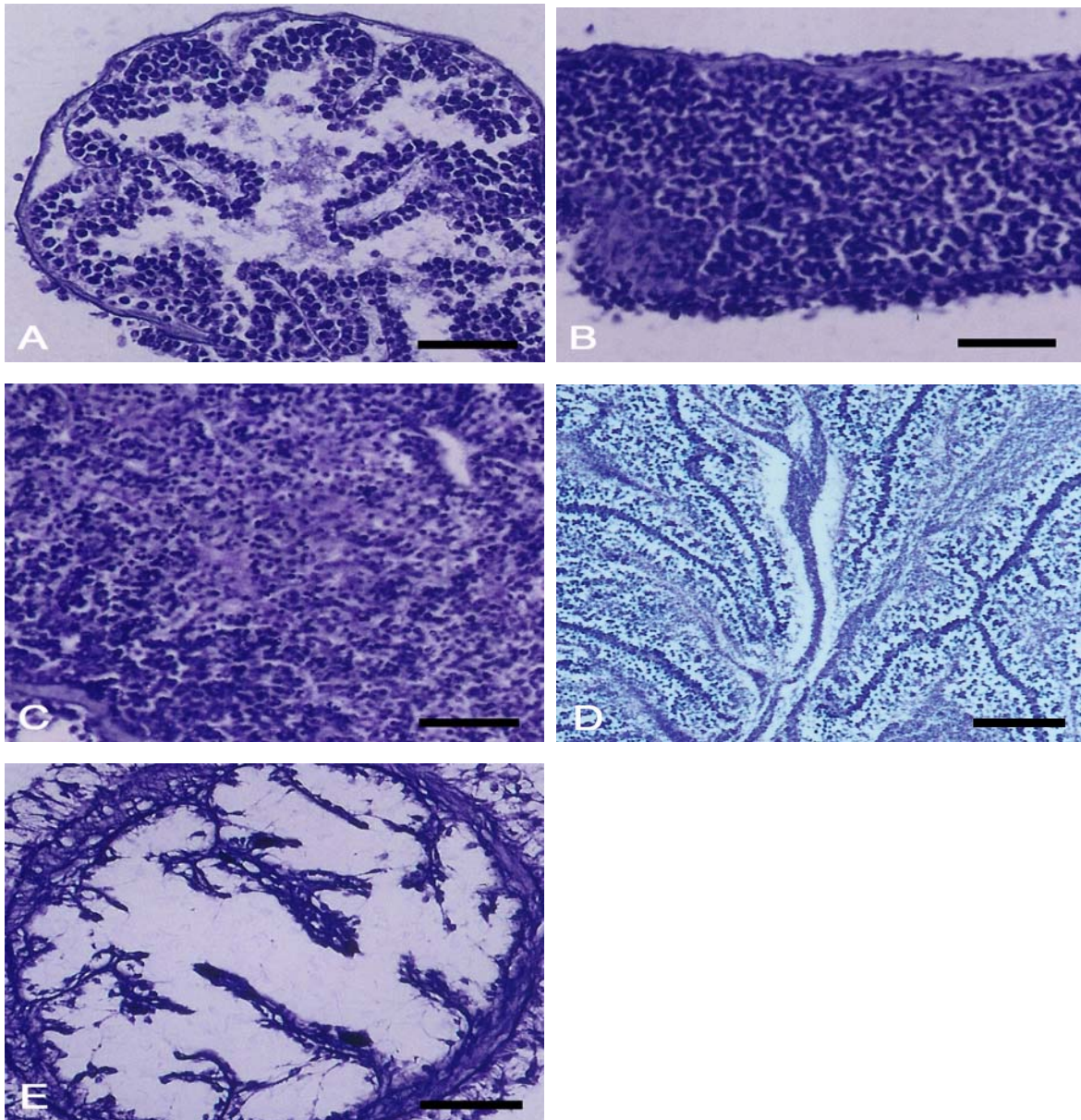


그림 3-4-14. 해삼 정소의 조직학적 변화.

A: 분열증식기 B: 성장기, C: 성숙기, D: 산란기, E: 퇴화 및 휴지기.



분열증식을 마친 정원세포는 제 1차 성숙분열을 거쳐 정모세포로 발달하는 성장기를 나타내었다. 성장기 정소세관은 정원세포의 수가 감소하고 정모세포, 정세포가 증가하였으며, 이들은 층상구조를 나타내었다(B). 성숙기의 정소에서는 성숙분열을 마친 정세포가 생식상피 주변에 위치하였고, 성숙·변태한 정자는 강한 염기성을 나타내며 머리를 생식상피로 향하여 정소세관의 내부를 가득 채웠다(C). 이후 정자들은 세관 내에서 배열상이 흩어지며 체외로 방출되었으며, 이로 인하여 세관의 일부는 비어 있었고, 방정이 일어난 정소의 세관은 점점 위축되어 형태가 변화되었다(D). 정소 내 방출되지 않은 잔존 정자는 퇴화·흡수되고 일정기간 조직의 변화 없이 유지되는 휴지기를 나타내었다(E).

### 3) 생식주기

조직학적으로 조사된 생식세포 형성과정 및 GSI를 종합하여 이들의 생식주기를 분열증식기, 성장기, 성숙기, 산란기, 퇴화 및 휴지기 등의 연속적인 단계로 구별하였다.

해삼의 생식소 발달단계를 보면 분열증식기는 1~3월까지 관찰되었으며 그 중에서도 2월에 출현빈도가 암·수 각각 90.28%, 81.69%로 가장 높았고 성장기는 2~4월까지 관찰되었다. 성숙기는 4~6월이었고, 주 성숙기인 5월에는 암·수 모두 100%로 높은 출현빈도를 보였다. 산란기는 6~8월에 관찰되었으며, 특히 7월에 각각 87.31%, 86.67%로 출현빈도가 가장 높았고 일부 퇴화 및 휴지기의 개체도 출현되었다.

퇴화 및 휴지기는 7월부터 다음해 1월까지 장기간 지속되었다. 수컷의 경우 암컷과 비슷한 경향을 나타내었으나 암컷보다는 빨리 성숙한 개체가 관찰되어 암컷보다 수컷의 성숙이 빠르게 진행되고 있음을 알 수 있었다.

이상의 결과에 따라 해삼의 생식주기를 종합하면 분열증식기는 1~3월, 성장기는 2~4월, 성숙기는 4~6월, 산란기는 6~8월, 퇴화 및 휴지기는 7~1월인 것으로 판단된다.

## 제5절 해삼 양식 산업화

### 1. 인공종묘 대량생산 기술 보급 및 산업화 유도

해삼 인공종묘 대량생산 기술의 산업화를 유도하기 위하여 국내 종묘 생산업체의 현황을 파악하고 해삼 종묘생산 및 양식기술 이전을 실시하였다. 기술이전의 일환으로 좌담회 및 세미나 개최, 양식기술 전문가 상담, 개별업체의 현지 순회 종묘생산기술 지도, 해삼 먹이생물 원종 공급 및 배양기술 지원, 종묘생산업체와의 시험연구를 위한 연구협정 체결 및 공동연구, 중국과의 기술협력 증진, 지방 자치단체의 행정수행을 위한 기술적 자문 및 자료제공 등의 기술지원을 실시하였다.

### 2. 마을어장 씨뿌림 자원조성 기술 산업화 유도

2005년의 해삼 인공종묘생산 업체수는 11개 업체로 생산량은 5,910만 마리(전장 1 cm 이상)에 달하였으며, 종묘의 대량생산이 가능하게 되면서 지방자치단체의 매입방류가 확대되고 있다. 또한 씨뿌림 자원조성 기술을 산업화하기 위해서 2006년 3월 28일 서해수산연구소에서 해삼 양식연구회 창립총회를 개최하고 적정 방류조건 및 적지선정 등의 기술교육과 함께 양식어업인 및 해삼종묘생산 협회의 의견을 수렴하였다. 양식어업인 및 협회의 의견수렴 내용은 다음과 같다.

- 매입방류 사업을 확대하고 입찰자격을 협회 가입자로 제한하며 종묘 생산증 발급 검토
- 중국 불법종묘 판매, 구입, 양식시 제제조치 강구
- 중간육성 기술개발
- 중국의 해삼 양식 현황 소개
- 해삼의 크기를 cm에서 g으로 사용하는 것을 검토
- 조기 종묘의 생산 필요성 검토
- 섬모충류 구제 등 해삼에 관련된 약품 개발 등



그림 3-5-1. 양식연구회 창립총회.



그림 3-5-2. 양식연구회 참석자.

표 3-5-1. 해삼 양식 현황 (2005. 12월 기준)

| 구 분        |              | 지역      |     |    |       |       |    |    | 비고                       |
|------------|--------------|---------|-----|----|-------|-------|----|----|--------------------------|
|            |              | 인천      | 충남  | 전남 | 경남    | 울산    | 강원 |    |                          |
| 합 계 (만마리)  |              | 1,970.9 | 230 | 81 | 918.1 | 641.8 | 50 | 50 | 국내산 1,261만<br>중국산 709.9만 |
| 육상수조<br>양식 | 업체수          | 20      | -   | 1  | 12    | 7     | -  | -  | 국내산 430만<br>중국산 564.9만   |
|            | 양식량<br>(만마리) | 994.9   | -   | 30 | 803.1 | 161.8 | -  | -  |                          |
| 축제식<br>양식  | 업체수          | 4       | 1   | -  | 3     | -     | -  | -  | 국내산 20만<br>중국산 145만      |
|            | 양식량<br>(만마리) | 165     | 130 | -  | 35    | -     | -  | -  |                          |
| 씨뿌림<br>양식  | 시·군          | 12      | 1   | 1  | 2     | 6     | 1  | 1  | 국내산 811만                 |
|            | 방류량<br>(만마리) | 811     | 100 | 51 | 80    | 480   | 50 | 50 |                          |

※ 육상수조 양식은 해삼 단독 및 전복 복합양식이며, 실태파악이 어려운 소규모 양식 업체 및 중국산 미확인 양식지역은 제외함.

### 3. 개발된 양식 방법의 시범사업 실시

#### 가. 한국형 인공종묘 대량생산 및 해삼과 전복의 복합양식

전남 완도의 Y수산에서 한국형 인공종묘 대량생산 및 해삼과 전복의 복합양식 시범사업을 실시하여 어업인의 현장견학 기회를 제공하였다.

#### 나. 마을어장 씨뿌림 자원조성

충남 태안군 안면도 연안에서 2005년 4월 씨뿌림된 해삼의 성장을 지속적으로 조사함으로써 씨뿌림 자원조성 효과 및 가능성을 제시하였다.

#### 다. 육상양식

서해수산연구소에서 해삼 육상수조 양식 시범사업을 실시하여 어업인의 현장견학 및 세미나 등 교육 기회를 제공하였으며, 종묘생산업체의 기술상담 및 현장 순회 교육을 실시하였다.

#### 라. 축제식 양식

인천 영흥도 소재 축제식 양식장에서 시범사업을 실시하여 관심 있는 어업인의 현장견학 기회를 제공하였다.

### 4. 양식의 효율성 제고방안 및 제언

본 연구개발 중에 나타난 문제점과 개선 및 양식의 효율성 제고방안 등을 검토하였으며, 양식어업인의 의견수렴과 행정업무의 집행 등 양식 산업화의 안정적인 정착에 필요한 제고방안 등을 검토하였다.

#### 가. 종묘생산 분야

##### ○ 우량종묘의 적정 계획생산 유도

- 해삼 종묘생산은 어류나 전복 등 다른 품종과는 달리 1개 업체에서 수천만 마리의 생산이 가능함. 그러나 해삼 종묘의 대량 수요가 예상되는 육상 수조식 및 축제식 양식기술이 정착되지 않은 상태에서 종묘의 과잉생산은 어업인의 손실은 물론 해삼양식 산업화의 지연을 초래할 수 있기 때문에 양식이 정착될 때까지 새로운 종묘생산 참여는 신중을 기하는 것이 바람직함.
- 해삼의 인공종묘 생산에서 성장이 빠른 우량한 개체는 전체 생산량의 40% 내외에 불과하기 때문에 수요자가 원하는 시기에 적정크기의 종묘를 생산 출하하기 위해서는 우량한 종묘를 별도로 분리, 분산시켜 적정량의 사료공급을 통해 성장

을 촉진시키고, 성장이 부진한 개체는 일부 도태시켜 생산비용을 절감하면서 높은 가격으로 판매하는 것이 효과적이겠음.

○ 중국 해삼종묘생산 기술자의 문제

- 일부 종묘생산 업체의 경우 기술력이 완비되지 않은 중국인 기술자를 고용하여 종묘생산에 임하고 있으나 우량 종묘생산이 이루어지지 않고 있으며, 종묘생산 기술전수마저 받지 못하면서 중국기술자의 인건비 및 관리비 등의 부담으로 매년 반복적인 손실이 발생하고 있음. 따라서 인공종묘의 대량생산은 국내기술로도 가능하기 때문에 전문기관의 종묘생산 기술지원을 받아 항구적인 자체 기술을 확보하여 생산비용을 줄이고, 적정량의 우량종묘 생산에 주력하는 것이 바람직함.

나. 양식분야

○ 양식 과정의 분업화

- 해삼종묘의 당년 출하를 위해서는 중간육성에 의한 우량종묘 생산이 필수적이다. 국내의 경우 중간육성 기술이 개발되지 않아 당년산 종묘 중 약 80% 정도가 3cm 이하에 머물고 이듬해 3~4월에 5cm 내외에 도달하기 때문에 당년산 종묘 판매가 극히 부진할 뿐만 아니라 양식 중 생존율이 낮고, 종묘의 출하지연에 따른 겨울철 저수온(3℃ 이하)에 의한 대량폐사로 큰 손실이 발생하고 있음.
- 중국의 경우 해삼종묘의 중간육성 기술이 확립되어 일부 양식어업인들은 국내산보다는 중간육성을 거친 중국산 대형종묘(5~7cm)의 수입을 원하고 있으며, 폐사율이 높은데도 불구하고 국내산보다 가격이 싼 소형종묘(2~3cm)의 경우 공항과 항만을 통한 불법반입 량이 증가하고 있음.
- 따라서 해삼양식 산업의 안정화를 위해서는 종묘생산과 중간육성, 상품화 양식 등 3단계의 분업화가 이루어져야 하며, 종묘생산업체와는 별도로 중간육성업체의 육성이 시급함
- 종묘생산의 분업화는 종묘생산업체(5~6월 채묘)에서 생산된 종묘를 중간육성업체(7월, 0.5~1cm)가 구입하여 11월까지 4~5cm 크기로 중간 육성시켜 당년 씨뿌림 등의 종묘로 출하하거나 이듬해 4월까지 5cm 이상으로 성장시켜 출하하는 방법이 가능하겠음.

○ 육상 유티양식장의 생산성 향상 기술개발

- 육상 수조식 해삼양식의 생산성 향상 기술개발 정착 연구를 통한 기존의 전복 및 유티 어류양식장의 활용도를 극대화하여 새로운 소득원으로서의 육성이 필요함

○ 대단위 축제식 양식장 확보

- 축제식 해삼양식은 양식의 가능성은 확인되었으나 경제성은 물론 양식용 종묘의 적정 규격, 양식장 환경 및 적지조건, 적정시설 조성 및 관리방법 등 심층연구가 이루어지지 않아 양식기술이 정착되지 않는 상태임.
- 특히 축제식 양식장의 적지여부를 확인하지 않고 양식에 임하는 사례가 발생하고 있어 부적지에서 양식할 경우 폐사에 의한 손실이 우려되고 있음. 따라서 양식장의 선정시에는 먼저 적지여부를 평가받고 시험생산 등 적합성 여부를 검토한 다음 양식을 확대해 나가는 것이 바람직하겠음.
- 축제식 양식의 경우 기존의 폐쇄된 새우양식장 등을 활용할 수 있으나 해삼의 특성상 국내에서는 양식장으로 활용할 수 있는 적지가 많지 않음. 따라서 축제식 양식의 성공률이 높은 외해수역의 만(灣) 및 도서지역, 외해수의 유입이 가능한 육상의 대단위 수면을 활용한 양식장의 개발이 필요함.
- 축제식 양식의 생존율 향상 및 경제성 확보를 위해서는 대형종묘(전장 5~7cm)를 3월 하순~4월 중순경 투입하여 당년에 상품으로 생산 출하하는 방식을 검토해볼 필요성이 있음.
- 축양개념의 축제식 양식은 봄철(4~6월) 자연에서 어획되는 해삼 중 상품크기에 미달(8~15마리/kg)하는 개체를 축제식에 넣어 연중 가격이 최고에 이르는 9월~10월 중에 출하할 경우 소득을 올릴 수 있을 것으로 판단됨. 그러나 축양개념의 관리를 위해서는 외해수를 지속적으로 유입시켜 여름철 축제식의 수온을 26℃ 이내로 유지시키는 것이 바람직하겠음.

다. 수산행정 집행 분야

○ 양식방법에 따른 종묘크기의 재검토

- 양식종묘의 크기는 육상수조식 및 축제식양식 종묘는 생존율 향상과 성장촉진, 양식기간 단축 등을 감안할 경우 5~7cm 크기가 적정한 것으로 판단된다. 씨뿌림 양식종묘는 성장이 부진하고 유전적으로 열악한 개체가 방류될 경우 생존율이 낮아지고 자연산과의 교배에 의해 생태환경을 열성화시킬 가능성이 있으므로

로 전장 4 cm 이상 크기의 우량한 개체를 방류하는 것이 바람직함.

- 중국산 해삼종묘는 장거리 운송에 따른 부적합한 관리로 상처와 환경 스트레스 등에 의해 저항력이 낮아져 운송 또는 양식도중 폐사가 크게 나타나고 있으며, 양식어업인의 손실이 증가하고 있음. 특히 대형종묘(5~7 cm)가 아닌 소형종묘(2~3 cm)의 수입은 우량한 종묘(전체 생산량의 약 40% 내외)가 아닐 개연성이 있기 때문에 소형종묘의 국내반입을 차단하는 것이 바람직함.

○ 바다 씨뿌림 방류 시기

- 자연에서 해삼은 전장 5 cm 이하에서는 하면율이 낮으나 수온 17.5℃ 이상에서는 하면(夏眠)에 돌입하는 비율이 높아지고 어미는 수온 24.5℃에서 완전 하면(夏眠)하는 것으로 알려져 있음. 또한 성장에 적절한 수온은 10~16℃ 내외로 겨울수온이 3℃ 이하이거나 여름수온이 23℃ 이상이면 성장이 저하되거나 축소되고 생리적 한계수온은 30℃ 전후임.
- 따라서 해삼 종묘의 바다 씨뿌림 방류는 수온으로 본 주 성장시기가 10~12월, 3~6월인 점을 감안할 경우 반드시當年생의 씨뿌림은 10~11월 중순, 다음해로 이월된 종묘는 3월 하순~4월 중순에 씨뿌림 하는 것이 바람직하겠음.
- 자원회복 조치수단으로 해삼 종묘방류 확대와 서식환경 개선을 보다 적극적으로 시행할 필요성이 있으며, 생태계 보전이 필수적인 지역을 제외하고는 외해 쪽에 면한 연안 해역의 일부를 친환경 양식공법인 해삼 양식장으로 활용할 수 있는 방안이 강구되어야 함.

○ 초기 해삼양식 산업의 안정화를 위한 매입방류 확대

- 현재 해삼종묘의 대량 수요처가 씨뿌림양식(살포식)에 중점을 둔 지방자치단체에 한정되고 있어 수요를 초과하여 대량으로 종묘가 생산될 경우 판매경쟁에 따른 가격하락이 예상됨. 따라서 해삼양식 산업의 안정적인 정착을 위해서는 대량생산이 가능한 연안수역을 활용한 마을어장의 씨뿌림 양식 확대가 필요하며, 수협 또는 지방자치단체의 매입방류 확대로 연안 어촌계 어업인의 소득을 향상시키는 것이 바람직함. 또한 육상 및 축제식 양식장의 지속적인 경제성 확보 기술 개발을 통한 수요처 확대가 필요함.

라. 양식 전용 사료 및 유통, 가공기술의 개발

- 해삼 양식에 있어 사료는 채묘 이후 및 중간육성과 본양성시 성장촉진과 생존율

향상 및 양식기간의 단축에 의한 생산성 향상에 매우 중요한 요소임.

특히 해삼의 고밀도 부착 및 중간육성 관리시 자연의 부착 먹이 또는 단일 해조류의 먹이공급으로는 영양의 균형에 한계가 있어 폐사가 발생하거나 고밀도 육성이 어렵기 때문에 영양성분이 강화된 배합사료의 개발이 시급함.

그러나 현재 안전성이 확보되지 않은 중국산 수입 사료에 일부 의존하고 있어 대량 양식생산을 위해서는 가격이 저렴하면서 유통기간이 짧은 신선한 국산사료의 개발이 시급함.

- 현재 국내 해삼가공제품 기술개발은 중국에 비해 매우 낙후된 상태로 대량 생산시 생물 출하에만 의존할 경우 일시적이고 계절적인 가격하락이 예상될 수 있음. 따라서 수출을 통한 수급조절과 저장성을 높이기 위해서는 가공 및 유통기술개발이 이루어져야 함.

#### 마. 자원회복계획 추진

- 해삼은 국제적인 자원관리 위기종으로 위협받고 있으나 최근 웰빙 수산물로 인식되면서 전 세계적으로 소비량이 꾸준히 증가하고 있음.
- 우리나라의 해삼은 현재까지는 대부분 자연산 생산에 의존하고 있으며, 생산량은 1990년 2,491톤을 정점으로 2002년에는 833톤까지 격감하였음. 2003년 이후에는 해삼종묘 씨뿌림 방류량이 약간씩 증가하면서 2005년에는 1,136톤으로 회복되고 있지만 여전히 낮은 수준에 머무르고 있음.
- 우리나라 연안에서 해삼의 주 어획수심은 5~15m 내외로 해녀 또는 잠수기에 의해 어획되고 있으며, 어획크기는 재생산 가입 전의 1년생 미만 어린 해삼까지 어획되고 있어 자원관리 및 종묘의 씨뿌림 방류를 시행하지 않고는 금후 해삼 자원 감소현상은 더욱 빨라질 것으로 전망되고 있음.
- 따라서 해삼의 자원량을 회복시키고, 어업인들의 소득을 꾸준히 증대시키기 위해서는 자율적 어업관리 체제 이상의 보다 실효성 있는 자원관리 조치가 강구될 필요성이 있음.
- 해삼의 자원회복을 위해서는 해역별로 산란기 중의 조업금지 기간의 설정(6~7월)과 어획 체장제한(10cm 이하) 및 어획 중량제한(50g 이하), 휴어기 설정(8~9월) 등의 조치가 필요함.



바. 지속적인 해삼양식 기술개발 추진

- 국내 해삼양식 종묘수급의 자급화를 목표로 추진한 1단계(2003. 8~2006. 8)의 해삼양식 기술개발 연구가 완료되어 대량 인공종묘 생산기술개발 정착 목표가 완전 달성되었음. 그러나 종묘의 중간육성과 육상 수조식 양식 및 씨뿌림 양식, 축제식 양식 기술개발은 연구기간이 짧고 예산부족 등으로 기초 기술연구만 추진되었을 뿐 경제성 있는 산업화 양식기술개발이 미흡하기 때문에 해삼양식의 완전한 정착을 위해서는 2단계의 안정화 기술개발 연구가 조속히 이루어져야 함.

사. 해삼 양식 산업화의 미래

- 해삼 양식 산업은 21세기의 새로운 친환경 양식 및 가공산업으로 정착이 예측되고 있을 뿐만 아니라 WTO/DDA 협상 및 국가간 자유무역협정(FTA) 체결 등 수산물의 국제적 거래가 활발해질 경우 수출전망이 밝은 품종임. 따라서 신산업으로 빠른 정착을 위해서는 양식 어업인에 대한 지원이 강화되어야 하겠음.

## 제 4 장 양식 기술개발의 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

해삼 양식은 육상과 축제식 양식의 경우 어류양식과는 달리 동물성 사료만을 공급하지 않고 자연의 순수 해조류와 단백질 및 펄 등의 성분을 포함한 사료 공급만으로도 양식이 가능하다. 바다에서 씨뿌림으로 양식할 경우에는 자연의 해조류와 펄 등의 유기물이 먹이로 이용되기 때문에 별도로 먹이공급 없이 환경 친화적인 생태양식이 가능한 경제적 양식생물이다.

해삼 양식 기술개발의 1단계 연구사업 추진(2003. 8~2006. 8)은 국내 해삼양식 종묘 수급의 자급화를 목표로 수산특정연구과제로 수행하였으며, 육상수조식 양식과 축제식 양식, 바다 씨뿌림양식의 기초기술개발 연구를 함께 추진하였다.

### 1. 양식 기술개발의 목표달성도

#### 가. 인공종묘 대량생산 기술개발

- 본 연구과제의 핵심인 해삼 인공종묘 대량생산 기술개발은 중국의 조방적 생산방법과는 달리 대량생산이 가능하면서 인력과 생산비용 및 공간을 집약적으로 최소화시킬 수 있는 한국형 인공종묘 대량생산 기술개발에 성공하였다.

- 본 과제 수행 이전인 2003년의 국내 해삼 인공종묘 생산량은 20만 마리에 불과하여 양식에 소요되는 거의 전량을 중국산 수입종묘에 의존하여 왔다.

- 따라서 해삼 인공종묘 대량생산 기술개발의 시급성을 감안, 시험연구와 병행하여 개발된 종묘생산 기술을 어업인에게 즉시 보급시켰으며, 종묘생산 기술지원을 통해 전장 1cm를 기준으로 2004년 1,650만 마리, 2005년 5,910만 마리의 종묘가 생산되었고, 2006년에는 전장 2~3cm를 기준으로 3,000만 마리(국내수요 약 2,000만 마리) 내외의 종묘생산이 예상되어 국내 종묘 수요의 완전 자급화 목표가 달성되게 되었다.

- 또한 국내 최초로 당초 계획에 없던 홍해삼의 대량 인공종묘 생산 기술개발에 성공하여 2004년 10만 마리를 자체 생산하였으며, 2005년에는 기술이전을 통해 150만 마리의 홍해삼 종묘가 민간에서 생산되었다.

- 수산특정연구과제 수행으로 한국형 해삼 인공종묘 대량생산 기술개발이 성공을 거두었으나 적정 출하시기에 양식 가능한 크기의 종묘생산 비율이 낮고, 중국으로부터

값이 저렴한 저급 종묘의 반입량이 증가하여 국내산 종묘 출하에 어려움을 겪고 있다. 이로 인해 종묘출하 감소에 따른 관리소홀 및 겨울철 저수온에 의한 대량폐사가 발생하고 있어 우량 종묘생산을 위한 중간육성 기술개발 등 후속연구가 필요한 것으로 나타났다.

#### 나. 육상수조식 양식 기술개발

- 육상수조식 양식 기술개발은 휴면중인 어류 및 전복 육상양식장의 재활용을 통한 대체품종개발을 위해 추진되었다.

- 본 연구에 의해 육상 수조에서의 해삼 단독양식과 해삼과 전복의 복합양식, 해삼의 월하방안 등 육상수조를 이용한 해삼양식의 기반이 마련되었으며, 적정 사육기술 및 사료개발 등의 후속연구가 추진될 경우 수익성이 더욱 향상될 수 있을 것이다.

- 전복과 해삼의 복합양식은 1년산 이상크기 전복과의 복합양식에서 성장이 빠른 것으로 나타났으며, 대형 전복종묘(각장 5cm 이상)와 해삼(전장 6cm 이상)과의 복합양식의 경우 해삼 성장속도가 빨라 경제성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

- 육상수조에서 해삼의 월하를 위해 냉각기를 이용한 수온조절로 고수온기인 여름철에 20℃ 이하를 유지할 경우 체중 감소를 최소화시키면서 월하가 가능한 것으로 나타났다. 따라서 연료비 저감이 가능한 지하해수 등을 이용한 월하양식 기술이 정착될 경우 육상 해삼양식이 활성화 될 수 있을 것으로 판단되며 이를 위한 추가적인 후속연구가 필요하다.

#### 다. 축제식 양식 기술개발

- 축제식 양식 기술개발은 바이러스 등에 의한 폐사로 휴업중인 새우양식장의 재활용을 목표로 추진하였으며, 은신처 등의 시설물을 조성하고 적정 수용밀도별 성장과 송어·해삼의 복합양식, 생물 간의 경쟁관계, 수질 및 저질 정화효과 등의 기초시험을 실시하였다.

- 본 연구결과에서 기존의 우리나라 새우 축제식 양식장을 해삼양식장으로 활용할 경우 여러 가지의 문제점이 노출되었으며, 적지 선정에 매우 주의할 필요성이 있는 것으로 나타났다. 따라서 축제식 시험양식의 경우 소기의 목표달성에는 이르지 못하였지만 금후 대량 양식시 시행착오를 차단할 수 있는 문제점을 도출하여 생산성 향상을 위한 자료로 활용될 수 있도록 하였다.

- 본 축제식 양식시험에서 해삼의 생존율이 낮았던 원인은 ①바다와 격리되어 해수 교환율이 낮은 기존의 소규모 새우 양식장을 활용한 적지조건 부적정 ②바다 양식장 조성의 부적정 ③기온과 수온이 연중 최저시기인 1월 중에 입식 ④축제식 양식에 적합하지 않은 어린 해삼종묘의 입식(전장 1.3~3.5 cm) ⑤고농도의 부유물질에 의한 광선 침투의 부족으로 축제식 저층의 먹이 해조류 및 규조류 발생 전무 ⑥해수 교환능력 저하에 의한 저질의 악화 및 부니발생 ⑦저질부패를 우려한 사료공급 부재 등에 의한 먹이부족 등으로 여겨진다.

- 따라서 금후 축제식 양식에서 검토해야할 사항으로는 ①외해수가 직접 유출 가능하고 바다에 면한 10,000 m<sup>2</sup> 이상(수심 2~3m)의 수면적 확보 ②축제식 입식시기의 적정성(봄 입식 : 3~4월, 가을 입식 : 10~11월 이내) ③입식 종묘크기의 적정성(봄 입식 : 5~7 cm, 가을 입식 당년생으로 4 cm 이상의 우량종묘 선택) ④부유물질 농도가 낮고 대량의 강우시 담수유입 우려가 적은 곳 ⑤저층에서 먹이생물인 해조류 및 규조류의 자연번식이 가능한 곳 ⑥저질이 모래펄 및 자갈, 돌 등의 자연 은신처가 확보된 곳 ⑦해수 교환이 용이하고 사료 공급시 저질오염의 영향을 적게 받거나 침전물의 유출이 가능한 곳 등이다.

- 한편, 축양개념의 축제식양식의 성공적인 예는 봄철(4~6월) 자연에서 어획되는 해삼 중 상품크기에 미달(8~15마리/kg)하는 개체를 축제식에 넣어 연중 가격이 최고에 이르는 9월~10월 중에 출하할 경우 소득을 올릴 수 있는 것으로 나타났다. 이러한 조건을 갖추기 위해서는 여름철 수온이 낮은 외해에 면한 곳에서 외해수를 지속적으로 유입시켜 축제식 내의 수온을 26℃ 이내로 유지시키는 것이 바람직하며, 먹이생물인 자연의 규조류가 부착할 수 있는 부착기와 은신처 등의 시설이 필요하다.

#### 라. 씨뿌림 양식 기술개발

- 씨뿌림 양식은 해삼 양식에서 가장 경제적이고 환경친화적인 양식방법일 뿐만 아니라 마을어장의 자원조성 및 회복을 위해 매우 중요하다.

- 씨뿌림 양식 기초시험 결과 짧은 시험기간인데도 불구하고 성장과 생존율이 높게 나타나 양식 적지에 씨뿌림 될 경우 경제성이 있는 것으로 판단되었으며, 씨뿌림 방류 등 자원회복을 위한 행정업무 집행에 필요한 자료가 제공되었다.

씨뿌림 양식종묘는 성장이 부진하고 유전적으로 열악한 개체가 방류될 경우 생존율이 낮아지고 자연산과의 교배에 의해 생태환경을 열성화 시킬 가능성이 있으므로 전장 4 cm

이상 크기의 우량한 개체를 방류하는 것이 바람직 한 것으로 나타났다. 씨뿌림 밀도는 평균 전장 4cm를 기준으로 8~10마리/m<sup>2</sup> 가 적정한 것으로 밝혀졌으나 해역의 환경조건에 따른 씨뿌림 밀도와 자원회복 기술 등의 지속적인 시험이 요구되고 있다. 한편 서해안산해삼의 주 산란기는 6월인 것으로 밝혀졌다.

## 제 5 장 양식 기술개발 결과의 활용계획

해삼 양식 기술개발(2003. 8~2006. 8월)은 2004년에는 해삼양식 산업화의 필수적인 요소인 한국형 인공종묘의 대량생산 기술개발에 주력하여 국내 양식용 종묘의 완전 자급화 목표를 달성하였다.

그러나 2005년 이후부터 추진된 육상 수조식 및 축제식, 씨뿌림 양식 등은 기술개발 기간이 짧고 예산부족 등으로 기초 기술연구만 추진되었을 뿐 경제성 있는 양식 기술개발에 이르지 못해 산업화 양식의 확산이 지연되고 있다. 따라서 우량 종묘생산을 위한 중간육성 기술개발 및 축제식 양식, 씨뿌림 양식 등의 산업화 정착을 위한 2단계의 후속 연구추진 자료로 활용할 계획이다.

해삼 양식 기술개발 결과의 활용계획은 다음과 같다.

1. 본 연구에 의해 개발이 완료된 한국형 대량 인공종묘 생산기술의 신속한 이전으로 우량종묘의 완전 자급화를 이루고, 양식 중 폐사가 증가하고 있는 중국산 저급 불법종묘의 수입 억제 및 중국인 종묘생산 기술자의 유입을 완전 차단한다.

2. 국내 최초로 홍해삼 인공종묘생산 기술 이전을 통한 대량생산으로 멸종 위기종인 홍해삼의 양식과 자원조성 및 자원회복을 유도한다.

3. 해삼 종묘의 중간육성 기술개발로 중간육성 어업인을 활성화시켜 우량 종묘의 안정생산을 확대한다.

4. 기술개발단계 수준에 머무르고 있는 육상수조를 이용한 해삼양식 기술개선 연구를 지속적으로 추진하여 유희 육상 넙치 및 전복 양식장의 재활용을 통한 생산성 향상 자료로 활용한다.

5. 씨뿌림 양식 기술개선 연구의 지속적 추진과 적지선정 기준제시 및 씨뿌림 종묘의 크기, 방류시기 등 수산행정에 필요한 지침자료를 제공하여 생산성과 자원회복 증대를 유도한다.

6. 축제식 양식의 적지선정 기술 및 생산성 향상 연구의 지속적 추진으로 부적지에서 양식손실을 차단하고 양식의 경제성을 확보한다.

7. 해삼과 전복의 복합양식 및 지하해수 활용에 의한 고수온기의 하면(夏眠) 억제와 저수온기의 성장 및 생존율 향상연구를 지속적으로 추진, 양식의 경제성 확보자료로 활용한다.

8. 해삼양식 산업화에 필수적인 양식단계별 적정사료 기술개발 및 가공, 유통 등의 기

술지원 자료로 제공한다.

9. 양식어업인에 대한 양식기술 컨설팅 및 업체와의 기술개발 지원 협력, 수산행정에 필요한 정책 제언을 실시한다.

10. 짧은 연구기간(2003~2006년)으로 인해 기초 기술개발 수준에 머무르고 있는 종묘의 중간육성 기술, 육상수조 양식과 축제식 양식, 씨뿌림 양식 등의 생산성 향상 연구를 본 연구사업의 종료 이후에도 지속적으로 추진하여 안정적인 양식 산업화 정착을 유도한다.

11. 해삼 양식 기술개발 사업의 지속적인 추진으로 2010년까지 인공 종묘생산 3억 마리, 양식 생산 7,000톤의 목표 달성을 위한 자료로 활용하고자 한다.

## 제 6 장 국외 해삼양식 기술 동향

### 제1절 중국 해삼양식 기술

〈徐 朋 運 (XU PENG YUN), 서해수산연구소 세미나 발표(06. 7. 21)자료 편집〉

#### 1. 중국의 해삼양식 현황

가. 종묘 생산량

- 2005년 : 218억 마리(4,000~5,000마리/kg)

나. 양식 생산량

- 2005년 : 207,000톤(자료에 따라서는 10만톤 내외로 조사되고 있음)

다. 해삼 사육량 : 102억 마리(5~6마리/kg) ※ 자료 : 산둥성 수산연구소

#### 2. 종묘생산 기술

가. 인공 종묘생산 시설

○ 육묘실 (유생 사육동)

- 장소 : 수질이 맑고 오염이 없는 곳, 풍량이 적은 곳, 교통 편리한 곳

- 조건 : 광선 충분, 보온효과 좋고 지붕은 직사광선 차단(기와)

○ 사료실 : 식물플랑크톤 중 보존 및 배양

- 면적 : 육묘 못의 1:4~1:3

- 충분한 광선, 통풍이 잘 되는 곳

- 먹이생물인 부착규조류 대량 배양

○ 침전지 : 흙, 유기물질, 찌꺼기, 각종 생물침전

○ 여과설비 : 침전수 → 여과 →육묘실로 공급

○ 정수지 : 여과해수 저장

○ 부화, 유생사육

- 수조를 함께 사용

- 형태 : 장방형, 정방형, 원형, 타원형

- 시설 : air 공급, 주·배수관 설치



- 가온시설
  - 조기 채란시 활용
  - 어미해삼은 가온 사육으로 성숙 촉진

나. 어미 해삼 사육 (축양)

- 목적 : 산란용 어미로 활용
- 체표면이 깨끗하고 상처가 없는 개체
- 축양 중 궤양, 체표가 괴사되는 개체 즉시 제거
- 수용밀도 : 적정 밀도 유지
  - 과밀시 : 산소부족-성숙에 악 영향
- 축양 중 활동 관찰 철저 : 사육조 표면 벽에서 활동이 빈번하고 머리를 들고 흔들거나 수컷이 방란하면 즉시 채란 준비
- 성숙촉진 : 수온 상승법 이용
  - 입식 3일간은 안정시킨 후 1℃/일 내외로 상승
  - 13~16℃일 때 항온 사육, 채란 7~10일전 까지 17~18℃ 상승
  - 적산수온이 800℃이면 성숙 자연산란

다. 부유유생의 먹이

- 종류
  - 각모조(규조류, *Chaetoceros muelleri*) : 유생사육 적정 수온 18~28℃에서 가장 잘 번식.
  - 삼각갈지조 (미세 플랑크톤, *Phaeodactylum sp.*)
  - 해양효모 : 생효모(계속 생존 유생 먹이로 이용)
  - 부착규조 : 부착기 유생 공급
  - 마미조 : 모자반류, *Sargassum sp.*
  - 대엽조 : 거머리말, *Zostera marina*(해산 현화식물)

라. 채란 및 부화

- 채란
  - 자연채란 : 충분한 인공성숙 유도필요
    - 저녁, 밤중에 방란, 방정
    - 수시로 관찰하여 적정 산란량 조절 필요
  - 인공자극 채란 : 온도차법, 자외선 해수 침포법, 음간 유수 자극법, 절개법, 해부법

○ 수정

- 수정 : 수조 내 방란 + 방정 = 자연 수정

많은 방란, 방정으로 인한 수질악화 및 용존산소 결핍주의 → 부화율 저하

- 수정란 처리 : 대 용량 생산시
- 산란 수조에서 방정한 수컷을 제거하고 암컷의 산란을 유도
- 산란박스 이용 : 100 L 투명박스 + 여과 해수
  - 부화 수조 주변에 산란박스를 배치하여 어미 사육수조 안에서 산란 어미 발견 즉시 산란 박스에 수용하여 산란유도

○ 세란

- 산란된 알은 분리 침성란
- 상층 및 중층의 물을 서서히 배수
- 산란한 어미제거 → 알 수거 → 새로운 해수 주수 → 수정란 관리 → 부화유도
- 온도차 1~2 °C (3 °C)이내
- 적정 수용밀도 준수

○ 부화

- 수정란 밀도 : 10~20개/mL
- 약한 air로 부화수조의 물이 약하게 유동하게 함

○ 우량 유생 선별

- 건강한 유생 : 지수상태에서 물 표면으로 부상
- 기형 불량한 유생 : 바닥에 가라앉음

○ 부화 수조안에서 부화된 유생

- 산란 수조안에서 산란 후 유생 사육수조에서의 부화율은 70%
- 이상, 기형, 폐사개체는 사이펀으로 제거 → 우량 유생 선별

○ 사육수조에서 산란하고 부화된 유생

- 우량한 유생은 다른 수조로 이동, 분조하여 사육
- 사이펀, 농축, 망지(그물채) 이용.

마. 부유유생 사육

- 귀 모양 유생 → 어린 해삼으로 발달
- 부화 유생의 사육밀도 : 10,000~20,000개체/m<sup>3</sup>

- 수온조절 : 유생발육에 중요한 작용
  - 적정수온 : 18~22 °C (20 °C 내외)
  - 사육수 교환시 수온 차 1 °C 이내
  - 저수온 : 유생 발달이 늦고, 기형을 증가, 생존율 저하
  - 고수온 : 유해생물 (세균 등) 번식 용이, 기형을 증가, 생존율 저하
  - 적절한 공기(aeration) 교반 (지수상태에서 부화유생은 물 표면에 집중분포)

○ 유생의 먹이공급

- 종류 : 단세포 해조류(식물플랑크톤)
  - √염해조 (*Dunaliella salina*) : 소형크기, 소화용이
  - √각모조 (규조류, *Chaetoceros muelleri*)
    - 소형유생 : 3~4회/일, 20,000세포/mL
    - 중형유생 : 3~4회/일, 25,000~30,000세포/mL
    - 대형유생 : 4회/일, 40,000세포/mL
    - 공급시기 : 매일 환수 후 신선한 해수 주수와 함께 공급

○ 유생발달

- 부유유생 후기에 도달하면 수체강에 5개 촉수원기가 출현
- 몸 양측에 5대 구상체가 나타나 변태시작
- 유체팔은 고슬하게 구부러져 급속히 수축 → 1/2길이
- 술잔 모양 → 1~2일 경과 후 5개의 촉수가 전정에서 출현
- 체후단의 복부에서 관족이 돌출 → 어린 해삼으로 발달

바. 부착기(附着器)

- 조건 : 유생부착 유리, 관찰, 작업, 관리용이, 무독성, 수질오염에 영향 없는 재질
  - 종류 : 폴리에틸렌 파관(전복 파관) , 투명 폴리에틸렌 막, 투명 폴리에틸렌 파도문 그물 (30~60 目), 낚은 그물, 조개 가두리
- 바닥에 해조류 번식 : 부착기 투입 전에 규조류 번식, 먹이이용, 수질 안정
- 부착기 투입
  - 조기 투입 : 유생 분포 불균형 유발
  - 늦은 투입 : 촉수유생, 어린 해삼이 침전 → 부착율 감소
  - 고대 술잔 모양의 유생이 출현하면 바닥에 폴리에틸렌 막을 펴고 바닥으로 내려오는 어린 해삼을 받아 다음날 부착기 투입

- 부착밀도 : 생존율, 종묘육성의 중요기술
  - 고밀도 : 활동 공간 좁아, 먹이섭취 불량, 성장 불량, 폐사증가
- 어린 해삼의 먹이
  - 변태직후의 어린해삼은 활동 능력이 약하고, 촉수가 짧다. 먹이부족 및 부적합 시 대량폐사 발생.
  - 주요먹이 : 바닥 부착규조류, 서미해조(지충이) 분쇄액, 인공사료, 펄 등

#### 사. 어린 해삼의 사육관리

- 방법
  - ① 채묘부터 끝까지 원래 부착기에서 사육
  - ② 채묘 후 일정기간 사육 후 털어서 가두리에서 사육
- 사육환경 관리
  - 수온 : 생존율에 영향 24~27 ℃에서 성장 양호 1개월 사육하면 체장 5~6 mm로 성장
  - 체장 2 cm : 19 ~23 ℃(최적 19 ℃), 체장 5~15 cm : 10~15 ℃
  - 조도 : 조도 변화에 민감하지 않음. 그러나 장시간 조도가 높으면 폐사율 증가하거나 대량 폐사 가능성이 있음
  - 염분 : 체장 0.4 mm 크기에서 수온 15 ℃, 염분 농도 29~33 ‰와 25 ‰에서는 폐사가 없었으나 20 ‰ 이하에서는 폐사 출현

### 3. 축제식 해삼 양식

- 1986년 1월 산동성 위해서 쌍둥만 염전에서 처음 시도 ⇒양호한 성과
- '85년 4월 : 염전을 새우 축제식 못(양식장)으로 개조
  - 형태 : 장방형, 면적: 2,607 m<sup>2</sup>, 수심:70~120 cm
- 86년 1월 : 종묘입식(1만 마리)
  - 가두리에 입식 → 해삼서식 환경인 초석이 없어 실패
- '87년 11월 완전 배수 후 기와, 사과광주리, 낡은 플라스틱으로 해삼 초석 제작 투입-종묘입식
  - '00년 12월 수확 (생존율 35%, 최대크기 25 cm, 최대 체중 410 g)
  - 새우 축제식 양식장에서 해삼종묘 입식시 여름과 겨울나기 → 가능성 확인

□ 장소 선택

- 토지조건 : 새우 축제식 못(양식장), 새로 만든 못(축제식)
- 장소 : 해수 소통이 좋고, 풍랑 적은 내만의 조간대, 조상대 수질 깨끗한 곳, 오염이 없는 곳, 담수 유입이 없는 곳
- pH : 7.5~8.5, 염분: 27~35 ‰ (최적 28~32 ‰)
- 염분 : 저염분, 고염분 시 해삼 성장에 악영향
- 취·배수편리
- 바닥 : 흙모래, 흙모래 + 자갈
  - 순 모래, 순 흙, 진흙땅은 부적합
  - 순 모래 : 먹이 부족으로 성장 불리
  - 순 흙, 진흙땅: 성장에 불리
- 사육 못(축제식) 만들기
  - 형태 : 장방형의 못이 환수에 유리
  - 방향 : 동서방향으로 하여 햇볕 받는 면적을 최대한
  - 못의 수심 : 1.5 m이상, 2~3 m가 최적
  - 못의 바닥 : 30~40 cm 깊이의 환형 도랑 → 하면과 월동에 유리
  - 취·배수문 설치 : 바닥보다 낮게 경사, 배수구 설치, 배수문은 2중
  - 바닥 흙이 50% 이상일 경우 모래를 투입
- 은신처 설치
  - 은신처 : 은신 및 서식장소 설치, 하면 및 월동에 유리

□ 투석식 해삼 양식

- 이랑식 투석 : 넓이 0.5~1.0 m, 높이 30~50 cm, 3~4 m간격 → 합리적, 청소에 유리
- 무더기 투석 : 1~2 m<sup>3</sup>크기, 무더기 거리 2~3 m, 행거리 3~4 m
- 하늘별 모양 투석 : 살포투석
- 인공해삼 초석
  - 실용적인 부착물 및 은신처 설치
  - 재질 : 콘크리트 플라스틱 제품 → 다공형, 다면체
- 기타재료 : 저가로 구입이 용이한 재료
  - 도기관, 블록, 도자기관, 기와, 나뭇가지 묶음, 상자, 비닐포대 등

- 대형 갈색해조 이식 : 마미해조(모자반류, 팽생이모자반, 비틀대모자반 등 *Sargassum sp.*),  
서미해조(지충이, *Sargassum thunbergii*)  
대엽해조(거머리말, 해산 현화식물 *Zostera marina*)

※ 부착물 면적 : 전체 바닥 면적의 50~70% 차지

○ 사육지 청소 및 소독

- 노후된 새우양식장 개조 시 진흙제거 : 먹이 찌꺼기, 배설물, 사체, 바닥 노화, 유독물질 ⇒ 성장에 악영향
- 못 소독, 유해생물 제거 : 생석회, 표백분 이용
  - 생석회 : 400 mg/L
  - 표백분 : 50~80 mg/L

○ 어린 해삼 입식

- 종묘크기 : 기존 3 cm 이상 (1,000~2,000마리/kg), 최근에는 5~8 cm 크기로 양식
  - 대형 : 종묘가격 높아, 원가상승
  - 소형 : 생존율 저하, 경제적 이익 저하
- 좋은 종묘조건 : 활력이 있고, 신축이 양호하며, 신체가 웅장, 가시가 뾰족하고 높으며, 체색이 선명한 개체, 또한 배설물이 흘러져 있고 붙지 않으면 섭식이 왕성한 개체로 양호

○ 종묘 운송

- 물 없이 운반
  - 근거리, 단시간
  - 스티로폼 상자 내 바닥에 다시마를 깔고+어린해삼+다시마로 덮어준다
- 물에 넣어 운반
  - 4시간 이상 운반시
  - 두꺼운 폴리에틸렌 주머니 이용
  - 신선한 해수를 1/3 채우고, 2~3kg 해삼을 넣고 + 산소주입+봉입 = 스티로폼 상자
    - ※ 고온시 얼음 주머니 주입 (직접 접촉 방지 - 동상우려)

○ 종묘 입식

- 방양밀도 : 10~20마리/m<sup>2</sup>
- 방양방법
  - 직접방양 : 큰 개체, 전장 4~5 cm, 돌무더기에 방양

- 작은 그물주머니 이용한 방양 : 그물주머니(20目)+ 작은 돌 1개 넣고 → 입구 개방 → 자연 분산
- ※ 종묘 구입 후 큰 그물상자에서 중간육성(1개월) → 전장 4~5cm 종묘 방양 하면 생존율 80~90%(중국 축제식 환경조건)
- 어린 해삼의 일상관리
  - 종묘 방양 1개월 전에 물 만들기
    - ※ 플랑크톤, 해조류 번식에 유리, 수질환경 안정
  - 수색 : 황록색(규조류 발생), 흑갈색
  - 투명도 : 40~60 cm
  - 성장 및 생존율 향상에 기여
  - 정기적인 환경조사 및 관찰
  - 방양 1주일 내에 활력, 활동상황 관찰
    - 부착기에 부착여부, 활동력, 이동상황, 먹이섭취, 배설상황 등
  - 먹이섭취 흔적
    - 사육밀도가 높으면 바닥질 표면층이 회색, 회백색
    - 사육밀도가 낮거나 없으면 바닥질이 흑회색, 흑색
- 하계 고수온기, 동계 저수온기 관리
  - 사육수위를 최대한 함
  - 여름철에는 물 교환량을 최대한 함
  - 겨울철에는 얼음 위의 제설 → 광선투과 → 식물과 해조류 광합성 촉진
  - 춘계에는 소독
  - 양식기간 연장 또는 양식 규모 확대시 새로운 질병 발생
    - 입이 붓고 창자 부식, 피부변화 : 원인 미 규명 (수질관리, 암모니아와 유화수소 생성 억제 요구)
  - 양식기술 축적으로 전장 5~6cm 종묘 방양 시 당년에 30% 이상 → 상품수확 가능
    - 종묘 크기와 양식주기, 먹이와 양식주기 등의 노하우 축적으로 경제적 이익 증진 및 양식 기간 단축

#### 4. 수조식 해삼 양식

가. 여름철에는 하면(夏眠) : 절식, 활동중지

○ 수분 부족으로 체중감소

○ 지속성장을 위한 호적환경 조성으로 생산주기 단축 → 夏眠을 못하게..

※ 수온영향 - 수온 하강으로 체중 감소 최소화 및 생산주기 단축

○ 생산주기 단축

- 온도 조절방법: 현재 가장 경제적

· 하계 : 다시마 양식장, 동계 : 전복양식장

· 갯도를 이용 겨울철에는 따뜻하고 여름철에는 선선한 환경 유지 가능  
(여름철에는 21 °C 이하 유지, 겨울철에는 7~8 °C내외 유지)

· 지하해수 이용

(여름철에는 15~16 °C, 겨울철에는 12~13 °C내외)

※ 염분 농도 주의 : 26 ‰ 이상 유지

○ 해삼 양성시설

- 사육수조

· 형태 : 타원형 시멘트 못이 적합. 장방형 모양 좋음.

· 크기 : 30~50 m<sup>2</sup> 적합 (수심 1.0~1.2 m)

· 바닥 : 가마형, 중앙배수, 배수망 설치

· 주수 : 상·하 2개, 냉·온수관 (사육 수 회전 방향 고려-오물배출)

· 공기주입(aeration) : 1개소/m<sup>2</sup>

· 구조물 설치 : 상·하로 그물망, 기와, 도자기관, 비닐관 투입

배수구 입구는 2겹의 그물로 해야 함

· 수온조절 : 15~16 °C

· 환수(수조 옮김) : 여름 (고수온기) → 1회/4~6일, 겨울 → 1회/10일

즉, 여름에는 4~6일에 1회 수조 옮김, 겨울에는 10일에 1회 수조 옮김

○ 종묘 방양(입식) 사육

- 산업화 양식용 종묘 크기 : 5 cm 이상

- 방양(입식)양식 : 50 g/마리

- 입식밀도

· 5 cm → 1~2 kg/m<sup>3</sup> (500~1,000마리/m<sup>3</sup>)



- 50 g/마리 → 3~5 kg/m<sup>3</sup>(60~100마리/m<sup>3</sup>)
- 50 g 이상/마리 → 5~8 kg/m<sup>3</sup>
- ※ 입식량 증가에 따라 환수량 및 air량 증가

○ 사양 관리

- 지하해수 사용이 가장 경제적
  - 사육수의 가온, 감온 에너지 최소화
  - 생산 원가절약, 안정된 성장
  - 유수식 사육시 에너지 절약을 위해 회수저수 정화 못 설치
  - 환수 : 2~3회/일 → 오물배출
- 먹이공급
  - 사료 종류: 배합사료
  - 공급횟수 및 공급량 : 1~2회/일, 체중의 3~10%를 급이하고 매일 오염 없도록 청소
- 해삼의 크기, 수온, 섭취상태, 잔이, 배설물 등을 관찰하면서 조절
- 사육환경 : 충분한 공기 공급, 암모니아질소 제거 → 매일 청소하며 7~10일 간격으로 완전 청소 실시
- 질병예방 : 피부궤양, 체색, 섭취상태, 배설물, 활동상황 등을 수시 관찰

**5. 중국 해삼 양식장 현장 방문 동향**

전 세계적으로 식용이 가능한 해삼은 80여 종으로 알려져 있으며, 돌기가 선명하게 튀어 나온 해삼이 품질이 좋다고 알려져 있다.

중국 산둥성의 해삼 생산량은 중국 전체 생산량의 30%에 달하는 해삼의 주요 생산지이다. 산둥성의 해삼양식 면적은 2002년보다 38%가 증가해 2003년 현재 1만7천ha에 이르고 있으며 어린 해삼의 생산량도 지난해보다 320%가 증가한 약 3억마리로 추산되어 2003년의 생산량은 약 2,250톤에 달할 것으로 기대하고 있었다. 산둥성의 해삼 생산량이 이처럼 증가하고 있는 것은 최근까지 주 생산 어종이었던 새우가 1993년 이후 바이러스에 의한 질병으로 심각한 타격을 받으면서 그 대체 품종으로 해삼을 양식하고 있기 때문이다.

#### 가. 천원실업유한공사 방문

천원실업유한공사는 해삼, 전복, 조개류를 주요 생산품목으로 하고 있으며 이중에서 해삼이 80%를 차지하고 있다. 유한공사 총경리 면담 중 한국은 해삼이 인기가 없다는 것으로 잘못 알려져 있었으나 한국의 시장 가격이 중국보다 낮다는 것을 이해하고 수입 의사를 피력하였다. 한국은 kg당 7,000~8,000원(봄철 가격이 가장 낮을 때) 정도이나 중국은 1kg당 중국 위엔화로 140~160원에 거래되고 있어 우리나라 보다 2배 이상 가격이 높다. 중국의 해삼 가격은 '98년부터 위엔화 기준으로 20원에서부터 2003년 현재 산지 가격이 500g당 60원 이하로 내려간 적이 없다고 한다.

#### 나. 威海龍億公司 해삼 부화장 방문

수면적 2,000평 내외의 종묘 배양장으로 해삼 종묘는 약 1,000평 규모에서 600만 마리를 사육 중에 있었다. 사료는 자체에서 해조류를 이용한 사료를 만들어 공급하고 있었으며 전복용 파판과 천으로 만든 부착기로 양식하고 있었다. 현재 종묘 크기는 3~10cm 정도였으며 3~5cm 크기는 마리당 50원, 5~10cm 크기는 100원 정도에 거래되고 있었다.

#### 다. 해삼 축제식 양식장 방문

해삼은 환경(수온, 염분) 변화에 민감한 종으로서 성장 수온은 10~20℃이다. 고수온기에 중국 축제식 양식장의 수온은 27~28℃까지 상승하고 겨울에는 -1~2℃까지 낮아지나 생존에는 지장이 없다고 한다. 사료는 해조류와 조개 껍데기 등을 섞어서 만든 인공사료를 공급하면서 사육하고 있었고, 저질은 모래질이며, 수심은 약 1.6m 내외였다. 40,000평의 수면적에서 2년간 약 10톤을 생산하였다고 한다.

○ 위해시 천원실업 유한공사 방문 사진



그림 6-1-1. 해삼 양식현황 청취(천원실업).



그림 6-1-2. 해삼 종묘 배양장 입구.

○ 威海龍億公司 해삼 부화장 방문사진



그림 6-1-3. 종묘배양 중인 해삼.  
(부착용 망사 천).



그림 6-1-4. 종묘배양 중인 해삼.  
(수조벽).

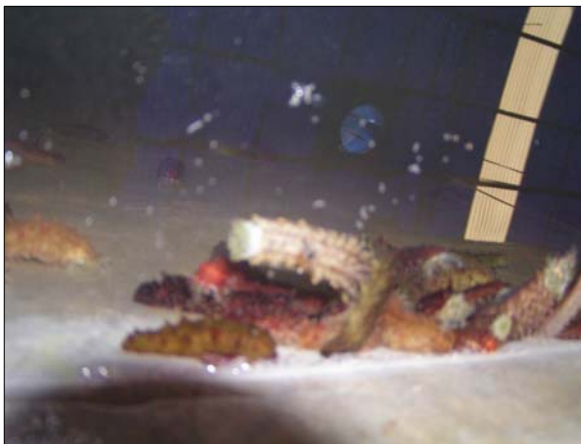


그림 6-1-5. 종묘배양 중인 해삼.  
(수조 바닥 쪽).



그림 6-1-6. 종묘배양 중인 해삼.  
(배수구 쪽).



그림 6-1-7. 배양 셸터 1.  
(재질이 얇은 망사 천)

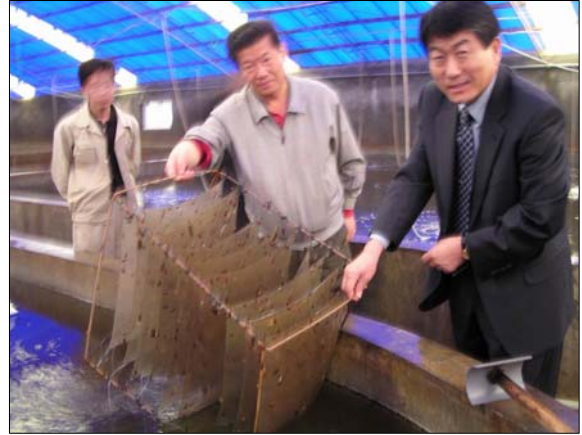


그림 6-1-8. 배양 셸터 2.  
(재질이 얇은 망사 천)



그림 6-1-9. 해삼 종묘 배양 중인 망사 천.



그림 6-1-10. 해삼 종묘배양 셸터.  
(전복용 파판)

○ 해삼 축제식 양식장 전경과 양식 중인 해삼



그림 6-1-11. 해삼 축제식 양식장(4만평).



그림 6-1-12. 해삼 축제식 양식 셸터(페그물).





그림 6-1-13. 축제식 양식 중인 해삼 채취.



그림 6-1-14. 축제식 양식 해삼.

라. 해삼 배합사료(양식장 자체개발)

중국의 수산양식은 일부 품종(전복, 해삼, 꽃게, 부세, 쥐치 등)에 있어 우리나라에 비해 기술이 앞서고 있는데 이것은 양식생물에게 공급할 배합사료의 자체 개발에서 기인된 것으로 여겨진다. 따라서 우리나라도 해삼의 생리 생태에 따른 자체 사료개발이 이루어져야 할 것으로 여겨진다.

○ 해삼종묘 및 양성용 인공배합사료



그림 6-1-15. 축제식 양성용 배합사료.



그림 6-1-16. 축제식 양성용 배합사료.



그림 6-1-17. 해삼 종묘생산용 배합사료.



그림 6-1-18. 해삼 종묘생산용 배합사료.



그림 6-1-19. 해삼 종묘용 배합사료  
(완성품).



그림 6-1-20. 해삼 종묘용 배합사료  
분쇄광경.



○ 중국 해삼과 가공식품



그림 6-1-21. 어시장내 해삼.



그림 6-1-22. 어시장내 해삼.



그림 6-1-23. 염장자숙(鹽藏煮熟) 해삼.



그림 6-1-24. 건(乾)해삼.

마. 위해시 환취구 수산국장 면담

위해시 어업인구는 30만 명으로 주 생산품종은 민물장어, 조기류, 갈치, 우럭, 도미, 농어 등이다. 가자미(도다리)는 연간 1,000톤 정도 수출하며 농어와 점성어는 2,500톤 정도 수출하는데 주로 한국에서 수입해 간다고 함. 해삼은 주로 투석식 양식으로 하고 있으며 최근엔 축제식 양식도 병행(張仁珠 수산국장)하고 있다.

바. 해삼 양식의 경쟁력 검토

해삼 양식은 중국에서는 축제식 양식장 또는 지선어장에서 종묘를 씨뿌림하여 양식하고 있으며 해삼 종묘생산도 대량 생산체제를 갖추고 400평 규모의 배양장에서 600만 마리 이상의 종묘를 생산하고 있었다. 종묘생산 및 축제식 양식장의 먹이사료를 자체 생산

공급하고 있으며 사료원료로는 해조류, 조개껍데기, 갑각류, 어분 등을 건조 분쇄하여 사용하고 있었다.

해삼은 고문헌(이시진/본초강목)에 건강식품으로 기록되어 있어, 매년 일정량 이상의 소비가 보편화 되어있다. 2003년에는 “사스” 영향으로 소비와 가격이 전년에 비해 많이 상승한 상태였으며, 길거리 가게에서도 해삼영양소라는 간판으로 캡슐 등 다양한 형태의 건강 보조식품이 판매되고 있었다. 중국에서의 해삼은 면역기능 강화제, 노화방지제, 정력제 등으로 중국인들이 좋아하는 최고급 식품으로 인식되어 꾸준한 소비가 이루어지고 있었다.

2003년의 해삼 가격은 생해삼 18,000 원/kg, 건해삼은 285,000 원/kg, 염장자숙 해삼은 54,000 원/kg으로 가격면에서도 고가로 우리나라보다 2배 정도 비싼 가격에 판매되고 있었다.

해삼양식은 사료비가 적게 들고 고가로 판매할 수 있어 마을어장의 씨뿌림 양식과 축제식 양식장 등을 활용할 경우 대량생산이 가능한 경쟁력 있는 품종이다. 그러나 양식의 경쟁력을 갖추기 위해서는 양식장의 적지 선정이 매우 중요한 것으로 나타났다.

#### 사. 大連獐子島漁業集團有限公司

대련 장자도 어업집단 유한공사는 중국 국가 863계획 합작단위로 설립되었다. 특히 해삼, 참가리비, 전복, 성게 등 중국 북방 최대의 대량 인공종묘생산 및 양식기지일 뿐만 아니라 위생적으로 안전한 가공 제품을 생산하고 있다.

본 집단에서의 해삼 양식 산업은 기업규모의 대량종묘생산과 양식이 정착되어 있으며, 종묘로부터 양식, 가공, 상품출하까지 일관된 공정으로 생산이 이루어지고 있다.





그림 6-1-25. 대런 장자도 해삼 먹이 원료.



그림 6-1-26. 장자도 먹이생물 원종 보관.



그림 6-1-27. 장자도 해삼 먹이 가공.



그림 6-1-28. 장자도 해삼 먹이 공급.



그림 6-1-29. 어린 해삼 종묘의 대량부착.



그림 6-1-30. 장자도 해삼 축제식 양식장.

해삼 종묘생산 시설은 기존의 참가리비와 전복 종묘생산 시설을 공동으로 활용하여 생산비용을 절감시키고 있다. 해삼 유생사육은 규조류 등 대량의 먹이생물 배양시설을 갖추고 있으며, 해삼 종묘생산용 사료는 지충이 등의 해조류를 대량으로 건조 저장한 후 분쇄즙을 발효시키는 방법으로 자체에서 생산 공급하고 있다.

또한 생산된 종묘는 바닷가에 둑을 막아 만든 축제식 양식장에서 성장시키는 한편, 연안에서는 씨뿌림에 의해 참가리비와 함께 대량으로 혼합양식이 이루어지고 있다.

## 제2절 러시아 해삼 양식 기술

러시아에서 해삼은 내만(內灣)에서의 일부 양식을 제외하고는 생산쿼터 자체가 없을 뿐만 아니라 바닥의 유기물 섭취 등 어장정화 기능 역할을 하기 때문에 원칙적으로 해삼의 채취가 금지되어 있다. 러시아에서 해삼은 가격이 비싸 마약 다음으로 중요한 단속대상 품종이었으나 일부 유통업자와 어민의 이해결집에 의해 중국으로 비공식적인 수출이 이루어지고 있다. 쿠릴산 건해삼(80% 건조)은 kg당 300~330 \$, 블라디보스토크 산은 260~280 \$에 거래되고 있었으며, 통조림, 냉동 진공포장으로 상품화하여 러시아 국내에서 판매하고 있다.



그림 6-2-1. 사할린산 건해삼.

해삼 인공종묘는 3~4 cm 크기로 자랐을 때 바다에 씨뿌림하여 3~4년 양성 후 스퀴버에 의해 수확되며 채포 회수율은 20% 정도에 이른다. 해삼의 성장은 낮은 수온으로 인해 3년 이상 경과되어야 만 상품크기로 성장(한국 2년, 200 g)한다.

해삼의 생산 및 가공수출은 쿼터가 있어야 가능하나 쿼터를 할당해주지 않아 현재 거래되고 있는 해삼은 밀수로 간주된다고 한다. 사할린 지역의 7톤의 쿼터량은 내만에서 양식하여 가공 수출하는 것이기 때문에 가능하며 러시아와 한국인이 합작사업으로 해삼, 참가리비 등의 양식장을 운영하고 있었다.



그림 6-2-2. 쿠릴산 해삼.

러시아의 가공용 해삼 샘플은 사할린 거주 한국인을 통해 구입 조사하였으며, 생해삼은 블라디보스토크 외곽 바닷가에서 어민을 통해 구입(5 kg, 100 \$)하여 비만도와 상품가치를 결정짓는 체색을 측정하였다.



그림 6-2-3. 블라디보스토크산 생해삼 측정.



가. 블라디보스토크산 해삼



그림 6-2-4. 생해삼



그림 6-2-5. 측정.



그림 6-2-6. 삶아서 측정.



그림 6-2-7. 창자를 제거한 모습.



그림 6-2-8. 해삼 통조림.



그림 6-2-9. 해삼 비닐팩 포장.

#### 나. 러시아 해삼 양식장 방문 결과

수산특정연구개발과제(해삼 축제식 양식시험) 수행의 효율적인 추진과 경제성 검토를 위해 러시아 연해주(블라디보스토크, 캄차카)를 방문한 결과 러시아 연안의 자연산 해삼은 아직 풍부함에도 불구하고 바다 저질유기물을 섭취하면서 성장하는 특성 때문에 마약 다음으로 중요한 자원관리 대상 품종으로 엄격히 관리하고 있었다.

해삼은 습성상 한해성으로 저수온에서 성장이 빠르고 강해 우리나라를 비롯하여 중국, 일본 홋카이도, 러시아 쿠릴지역에서 많이 생산되는 품종이다.

해삼의 최대 소비국인 중국은 동남아시아 지역의 남방산, 러시아산 등을 수입하고 있으며, 현재 중국 해삼 가격이 국내산 해삼 가격보다 높아 대 중국 수출이 가능한 품종이다.

동아시아 지역에서 생산되는 해삼 중 가장 우수한 품질이 생산되는 곳은 일본 홋카이도 북부와 러시아 쿠릴산 해삼으로 국내 수입업자가 건해삼 가격으로 현재 kg당 1,000불로 중국 및 홍콩으로 수출하고 있었다.

러시아 지역의 해삼 실태조사 결과 쿠릴산 해삼은 육질이 두껍고 색택이 좋으며, 특히 해삼 표면에 나온 가시(돌기)가 크고 줄이 일정한 간격으로 나타나고 있어 고가로 판매되고 있었다.

따라서 사육이 쉽고, 유지비가 적으며 수출 경쟁력이 있는 해삼양식을 활성화 시켜야 할 것으로 판단되었으며, 장기적으로는 형질이 우수한 해삼을 이식하거나 품종개량을 통한 보급으로 침체된 국내 수산 양식업계를 활성화 시켜야 할 것으로 여겨졌다.

또한 러시아는 바다에서의 모든 자원관리를 어획 쿼터제로 운영하고 있었으며, 심지어는 국가기관의 자원조사에서도 과학쿼터를 주어 자원관리를 철저히 하고 있었다. 따라서 우리나라도 해삼자원 관리를 위한 체계적인 시스템 구축과 회복 방안을 시급히 마련하여야 할 것으로 본다.

다. 러시아 수산물 가격표

조사장소 : 블라디보스토크 대형 수산마트

조사일시 : 2006. 5. 22

| 품 종<br>(블라디보스토크) | 단위<br>(g) | 가 격<br>(루블화) | 품 종<br>(캄차카) | 단위<br>(g) | 가 격<br>(루블화) |
|------------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|
| 가리비(게이지)         | 1,000     | 550          | 넙치훈제품        | 1,000     | 360          |
| 문어               | 1,000     | 300          | 킹크랩(냉동)      | 1,000     | 500          |
| 가자미              | 1,000     | 150          | 냉동가제         | 1,000     | 350          |
| 대구               | 1,000     | 35           | 냉동연어         | 1,000     | 280          |
| 연어               | 1,000     | 300          | 연어훈제품        | 1,000     | 400          |
| 명태(필렛)           | 1,000     | 175          | 명태알(통조림)     | 1,000     | 35           |
| 넙치(cut)          | 1,000     | 60           | 송어(냉동)       | 1,000     | 35           |
| 넙치               | 1,000     | 65           | 빙어           | 1,000     | 55           |
| 바다가제(활어)         | 1,000     | 550          | 임연수어(냉동)     | 1,000     | 30           |
| 문어(건조)           | 1,000     | 25           | 청어(냉동)       | 1,000     | 25           |
| 철갑상어 알           | 1,000     | 1,350        | 명태(냉동)       | 1,000     | 20           |
| 북쪽 분홍새우          | 1,000     | 450          | 정어리(냉동)      | 1,000     | 30           |
| <b>해삼 병조림</b>    | 200       | 80           | 가자미(냉동)      | 1,000     | 45           |
| <b>해삼 진공포장</b>   | 400       | 130          | 연어           | 1,000     | 360          |
| 연어훈제품            | 1,000     | 800          | 냉동가자미        | 1,000     | 25           |

※ 환율 1불(25루블).

## 제 7 장 참고문헌

- 강원도. 1995. 해삼 인공종묘생산 기술개발에 관한 연구, pp. 1~39.
- 이채성, 박영제. 1999. 해삼, *Stichopus japonicus* 유생의 성장과 생존에 미치는 먹이 및 수용밀도의 영향. 한국양식학회지. 12(1): 39-45.
- 유성규. 2000. 천해양식. 부산, 구덕출판사, 부산, pp. 362-368.
- 해양수산부, 2004. 해삼종묘생산, pp. 40.
- 張群采. '1998. 海參 海潭 增養殖技術. 青島海洋大學出版社, pp. 157.
- 王如才 等. 2001. 海水養殖. 上海科學技術出版社.
- 王春生·張建東·等. 2005. 无公害刺參, 鮑 養殖技術. 山東科學技術出版社, pp. 281.
- 謝忠明. 2002. 海水經濟蟹類. 中國農業出版社 pp. 304.
- 謝忠明 等. 2005. 海參海胆 增養殖技術. 金盾出版社, pp. 1-175.
- 崔 相, 1963. ナマコの研究. 海文堂. 東京, pp. 57-60.
- 河合博, 1985. マナマコの種苗生産-V. 1983年度 三重縣浜島水産試験場事業報告, pp. 7-13.
- 今井丈夫·稻葉伝三郎·左藤隆平·田中正吉, 1950. 無色鞭毛虫に依るナマコ (*Stichopus japonica*)의 人工飼育. 東北大學農學研究所彙報 2: 269-277.
- 稻葉伝三郎, 1937. ナマコの 人工受精について. 水産研究誌. 32: 241-246.
- 山本千裕, 1985. マナマコの 養殖に 關する 基礎的研究-III. 福岡縣福岡水試研報, 113-116.
- 山本 翠·渡邊 憲一郎, 1981. ナマコ幼生の初期飼育について. 山口縣内海水生試験場事業報告 8號, pp. 51-62.
- 右田雅俊, 1979. マナマコの種苗生産. 福岡縣福岡水試研報 8: 63-75.
- 小林 信·右田雅俊, 1984. 稚ナマコの減耗要因に關する二, 三の實驗. 栽培漁業技術開發研究 13, 41-48.
- 柳橋茂昭·柳澤豊重·河崎憲(1984) : マナマコ種苗生産における浮游幼生着底および着底以後の幼生個體の飼料と飼育方法について. 水産増殖 32(1): 6-14.
- 池田善平·草加耕司·植木範行(1984) : マナマコの種苗生産と稚ナマコの飼育方法の 検討. 岡山水試事報 pp. 37-42.
- 池田善平·草加耕司·植木範行(1988) : マナマコ中間育成について. 岡山水試事報 3. 47-54.
- 二島賢二, 1986. アカナマコの種苗生産基礎研究. 福岡縣福岡水試研報, pp. 163-168.



- Hamel, J. -F., Mercier, A., 1996. Early development, settlement, growth, and spatial distribution of the sea cucumber *Cucumaria frondosa* (Echinodermata; Holothuroidea). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53, 253~271.
- Ito, S., Kitamura, H., 1997. Induction of larval metamorphosis in the sea cucumber *Stichopus japonicus* by periphitic diatoms. Hydrobiologica 358, 281~284.
- Mercier, A., Battaglione, S. C., Hamel J. -F., 1999. Daily burrowing cycle and feeding activity of juvenile sea cucumber *Holothuria scabra* in response to environmental factors. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 239, 125~156.
- Mercier, A., Battaglione, S. C., Hamel J. -F., 2000. Settlement preferences and early migration of the tropical sea cucumber *Holothuria scabra*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 249, 89~110.