

해삼양식 가이드북

목 차

I. 서 언	1
1. 해삼 양식의 필요성	2
2. 외국의 해삼 양식 실태	3
3. 해삼 생산현황	6
4. 현안 문제점	7
II. 생태학적 특성	8
1. 생태 특성	8
2. 국내·외 기술 수준	11
III. 해삼 종묘생산 기술	14
1. 어미해삼 확보와 성숙	14
가. 조기종묘생산	14
(1) 적산수온 산정에 의한 구입시기 결정	14
(2) 크 기	14
(3) 수용 밀도	14
(4) 사육환경	15
(5) 배합사료 급여	15
나. 일반종묘생산(자연 산란기)	17
(1) 구입 수량 산정	17
(2) 구입 방법	17
(3) 운 송	19
다. 어미해삼 사육시설(자연 산란기)	20
(1) 기반시설 준비	20
(2) 채란전 어미해삼 수조수용 관리	22

2. 산란과 유생사육	23
가. 산란자극	23
(1) 간출자극	24
(2) 표면자극	24
(3) 수온자극	24
(4) 정자현탁액 살포	24
나. 산란수조 관리	26
다. 수정란 관리	26
라. 부유유생 관리	27
(1) 먹이생물 급이	27
(2) 분조 및 사육밀도 관리	31
마. 착저유생 관리	33
(1) 채묘기 준비	33
(2) 채묘시기 결정 및 채묘	34
(3) 사육수 관리 및 급이	36
바. 어린해삼 관리	38
3. 선별 및 출하	39
4. 국외 사례	43
가. 중국 종묘생산 방법	43
(1) 종묘 조기생산 필요성	43
(2) 어미해삼 사육관리	43
(3) 해삼의 발생학적 특성	44
(4) 종묘생산 시설 및 환경	48
(5) 산란용 어미해삼(일반종묘)의 수집과 관리/산란	50
(6) 부화기술 및 유생의 선별	51
(7) 어린해삼 사육	53
(8) 양식기술	54
나. 일본 종묘생산 방법	57
(1) 어미해삼 채취 및 관리	58
(2) 산란	60
(3) 부유유생 관리	61
(4) 채묘 및 어린해삼 관리	64
(5) 요각류 구제	66
(6) 중간육성 및 방류	67

IV. 해삼 중간육성 기술	69
1. 중간종묘 관리	69
가. 급이방법	69
나. 사육관리	69
(1) 청 소	69
(2) 선 별	70
(3) 사육량 기준 및 질병관리	71
2. 월동 관리	72
3. 출 하	73
V. 해삼 먹이생물 배양 및 사료 제조 기술	74
1. 먹이생물 배양	74
가. 배양수 처리 및 영양배지 제조	74
나. 배양방법	78
(1) 원종보존	79
(2) 중간 · 대량배양	79
(3) 먹이생물 장기보존방법	82
2. 부유유생 먹이급이	82
3. 어린해삼 사료제조	86
VI. 해삼 양성기술	91
1. 씨뿌림식 양식	91
가. 적지조사	91
나. 씨뿌림 방법	97
(1) 포장 및 운반	97
(2) 선상 운반 및 방류	98
다. 사후관리	99
라. 채 취	99

2. 축제식 양식.....	103
가. 축제식 해삼 양식.....	103
(1) 양식 방법.....	103
3. 육상수조식 양식.....	110
Ⅶ. 해삼 인공어초 제작 및 배치.....	114
1. 파균형 다층 해삼 인공어초.....	114
가. 콘크리트 블록.....	114
(1) 재질/구조.....	114
(2) 형 상.....	115
나. 합성수지 블록.....	116
2. 해삼 인공어초의 배치.....	119
Ⅷ. 건해삼 가공 기술.....	120
1. 해삼 영양학적 성분.....	121
2. 건해삼 제조.....	121
가. 해삼 채취.....	121
나. 가공해삼 선별 및 전처리.....	122
다. 해삼 삶기.....	125
라. 해삼 염장.....	127
(1) 염장수로 삶기.....	128
(2) 직접 염장.....	128
(3) 염장해삼 보관.....	129
마. 건조방법.....	130
(1) 무염수 삶기.....	130
(2) 건 조.....	130
(3) 선별, 포장.....	132
바. 건해삼 제조공정도.....	132
사. 건해삼 불리기.....	133

I

서 언



제 3의 물결을 집필한 앨빈 토플러를 비롯한 미래 학자들은 컴퓨터, 휴대전화 등 아이티 산업에 이어 차세대 전략산업으로 양식업을 제시했다. 고갈되어 가는 수산물을 양식 산업에서 해결해야 한다는 미래 지향적 발상이다. 선진국을 비롯해 세계 각국은 벌써부터 다양한 수산물의 대량생산을 위한 기술개발에 박차를 가하고 있다. 특히, 중국에서 소비량이 급증하고 있는 해삼은 유럽과 남미를 비롯해 동남아시아에서 중점적으로 기술개발에 착수하고 있다.

전 세계적으로 1,500여 종이 넘는 해삼이 있는 것으로 알려져 있다. 중국에는 100여 종이 있으나 이들 가운데 식용 가능한 종은 20여 종이다. 우리나라의 경우 해삼은 크게 청해삼, 홍해삼, 흑해삼으로 구분하고 있으며 우리나라 전 해역에 서식하고 있다. 우리나라 해삼(*Stichopus japonicus*)은 순수목(Aspidochirota), 돌기해삼과(Stichopodidae), 돌기해삼속(*Stichopus*)에 속한다. 국내에서는 약 14종이 서식하는 것으로 알려져 있는데 그 중 산업적·경제적으로 중요한 종은 해삼(*Stichopus japonicus*)이다. 해삼은 영어권에서는 오이처럼 생겼다고 하여 Sea Cucumber라 부르며, 중국에서는 해삼으로 일본에서는 표면이 미끄럽다고 하여 나마코로 불린다.

해삼의 산업화가 이루어지기 위해서는 기본적으로 저가의 우량종묘가 대량으로 공급되어야 한다. 본 해삼양식 가이드북 자료집은 지금까지 연구한 결과를 토대로 해삼양식의 기반을 구축하고자 제시하였다. 진행 중인 개발기술이라 차후 많은 부분이 보완되어야 할 것으로 판단된다.

1. 해삼 양식의 필요성

▣ 기술적 측면

- 우리나라 수산업은 3면이 바다이고 세계적인 5대 갯벌 등 풍부한 바다자원을 보유하고 있음에도 불구하고 갯벌생물인 패류를 비롯한 연체동물 및 무척추동물의 양식기술은 녹색성장 고부가가치 산업분야이나 일본과 중국에 견주어 볼 때 기초수준에 머물러 있다.
- 해삼은 우리나라를 비롯한 중국, 일본에서 고소득 품종이나 대량양식 기술이 개발되지 않아 산업화에 걸림돌로 작용하고 있다.
- 우리나라의 해삼양식기술 수준은 인공종묘 대량생산기술과 씨뿌림 양식기술이 정착단계에 있으나, 종묘수요량이 많은 축제식과 육상수조식 양식과 같은 대량생산 기술개발이 미흡한 실정이다.

▣ 경제·산업적 측면

- 국가 간 자유무역협정 등 FTA 환경에서 영세 어업인의 소득 대체 품목을 개발하기 위해 세계적으로 총력을 기울이고 있다.
- 해삼은 국제적인 자원관리 위기종으로 위협받고 있으나 최근 웰빙(well-being) 수산물로 인식되면서 세계적으로 소비량이 꾸준히 증가하고 있는 추세이다.
- 우리나라의 해삼 생산량은 1990년 2,491톤을 정점으로 2002년에는 833톤까지 격감하였으나, 2003년 이후에는 해삼종묘 씨뿌림 방류량이 증가하면서 2007년에는 2,936톤으로 빠르게 회복되고 있지만, 수출수요에 비해 생산량이 과부족 상태이다.

▣ 사회·문화적 측면

- 우리나라 갯벌은 청정갯벌로 위상이 높고 이곳에서 생산되는 수산물은 가히 친환경 수산물로 경쟁력이 높으며, 특히 갯벌에서 패류양식은 종패살포 후 환경관리를 잘해 주면 자연에 의존하는 양식으로 별도의 화석에너지가 필요하지 않아 녹색성장 산업으로 기대가치가 크다고 할 수 있다.
- 특히 해삼은 바다의 인삼으로 불리며 건강 및 웰빙 식품으로써의 선호도가 점차 높아지고 있으며 이와 함께 고품질 수산물에 대한 소비자의 요구도 증가하고 있다.
- 북미에서는 항암물질로, 중국 및 아시아권에서는 고관절염, 류마티스, 당뇨병, 간질, 습진, 고혈압, 백일해 약제로 사용되고 있다.

2. 외국의 해삼 양식 실태

▣ 영국

영국은 바다 양식을 지속적으로 추진할 수 있도록 양식 과정에서 발생하는 유기물이 쌓여 저면의 오염을 유발하는 원인을 해삼을 통해 감소시키거나 원천적으로 제거해 나간다는 계획을 수립했다. 다시 말해 해삼을 청소부로 활용하면서 영양분이 풍부한 해삼을 동시에 생산한다는 일석이조의 발상이다. 따라서, 과학자를 중심으로 해삼이 얼마만큼 어류 양식장 유기오염물질을 자연적으로 정화시킬 수 있는지 그 잠재력에 대해 연구하고 있다.

▣ 멕시코

멕시코는 해삼 자원의 지속적인 자연 생산력 유지를 위해 한 지역에서 해삼을 어획할 수 있는 시기를 10일 내외로 엄격히 정해 놓고 있으며 한 어선이 최대로

어획할 수 있는 수량도 정해 놓고 있다. 정부차원에서 해삼 산업화 개발을 위한 종합적인 정책이 수립되고 있으며, 기술 전문가들로 구성된 기술자문위원회를 구성하여 면허제도 개발, 관리안(생산량 모니터링, 해삼 어획 어선의 향해 동향 등) 및 감시 강화 등 제반 사항을 개발하고 있다. 즉 양식으로 생산량을 증대시키기 보다 자원관리를 통해 지속적으로 해삼 생산량을 유지해 간다는 정책을 세우고 있다.

▣ 동남아시아

베트남, 필리핀, 솔로몬군도, 뉴칼레도니아, 피지, 오스트레일리아에서 해삼양식에 관한 연구에 투자를 확대해 가고 있다. 현재 추진 중인 과제는 주로 종묘생산과 방류 및 축제식 양식에 중점을 두고 있다(그림 1-1). 해삼과 관련한 세계 학술회의 및 세미나가 동남아시아를 중심으로 개최되고 있으며 동아프리카에서 중미에 이르는 태평양 해역 일원에서 해삼양식에 대한 열풍이 불고 있다. 필리핀의 경우 해삼 수출국이지만 남획에 의해 생산량이 급감하고 있어 어민들의 수익 보조수단으로 해삼양식 전략을 세워 종묘생산 및 방류에 의한 해삼 자원의 회복에 역점을 두고 있다.

▣ 일본

일본은 중국 등지의 건해삼 수요 증가로 7년간 평균 단가가 4배 이상 상승하면서 거대 수산기업을 중심으로 마을어장과 연계하여 해삼 생산량을 확대해 가고 있다. 일본의 연간 해삼 생산량 통계는 정확하지 않지만 최대 1만 톤 내외로 추정하고 있다. 앞으로 중국의 건해삼 시장을 감안한다면 잠재성이 보장된 사업으로 생각하고 있는 것이다. 기업은 마을어장에 종묘를 방류해 주고 생산된 해삼을 수거하여 가공 수출한다는 전략이다. 즉 기업과 어업인이 공존할 수 있는 방법을 합리적으로 찾아 가고 있는 사례로 볼 수 있다.

뉴질랜드

뉴질랜드는 새로 개정된 양식법규로 인해 바다양식이 용이해짐에 따라 해삼양식을 시작하였다. 해삼 가격이 상승하면서 기존의 양식면적을 증대하여 굴과 담치 양식장을 해삼 양식장으로 전환해 가고 있다.

이와 같이 중국 시장을 겨냥해 세계적으로 해삼에 대한 수출 전략 유망품종으로 관심이 높다. 우리나라도 인접한 지리적 조건과 지금까지 수산양식기술을 바탕으로 어느 나라보다도 빨리 해삼산업화를 달성할 수 있을 것으로 보인다.



베트남의 해삼수확 및 내장제거



베트남의 새우 양식호지에
해삼양식 시험용 가두리 설치

(출처 : 2012년 3월 탄해수산자원연구소)

그림 I-1. 베트남 해삼양식

3. 해삼 생산현황

- ☐ 우리나라의 자연산 해삼생산량은 1990년 2,491톤, 2000년에는 1,419톤, 2002년 833톤으로 줄어들다가, 최근에는 인공종묘에 의한 소규모의 씨뿌림 양식이 시도되면서 약간씩 회복되어 2005년에는 1,136톤, 2007년 2,936톤, 2010년에는 최고 2,687톤 수준을 유지하고 있다(표 I-1).

표 I-1. 해삼 생산량 현황

구 분	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
생산량	2,491	1,892	1,419	900	833	1,281	1,154	1,136	1,614	2,936	2,256	2,789	2,687
생산 금액	65	140	102	83	80	111	114	115	158	276	207	268	333

(출처 : 통계청 수산물생산 통계자료)

- ☐ 해삼은 개체군 보존관리 보호종에 속하지만 실제로 고부가가치 품종이다. 특히 중화권 시장에서는 고가로 판매되고 있는 판매자 수요 품목으로 수출전략 품종으로서 상당히 가치가 있다. 따라서 지속적인 자원회복 뿐만 아니라 수산업 경제에 활력을 불어넣기 위해서는 인공종묘의 대량생산 및 씨뿌림 방류에 의한 자원조성과 함께 수요증가에 대응하기 위한 대량 양식생산이 필수적이다.
- ☐ 국내·외 해삼 수요는 지속적으로 증가하고 있으나 해삼양식에 기술은 미흡하여 소극적 방법에 의한 양식으로 안정적 대량생산을 위한 현장 어업인의 요구가 매우 큰 실정으로 고부가 생산을 위한 양식기술의 개발이 시급한 실정이다.
- ☐ 국내 해삼양식은 초기 개발단계로 국내 수요에 한정적이나 해외 시장 잠재력이 큰 양식산업으로 새로운 고밀도 환경 친화적 양식방법 개발로 대량생산 산업화가 시급하다.
- ☐ 기술 집약형 해삼양식 산업화 기술개발로 신성장동력산업으로 육성하는 방안이 절실하다.

4. 현안 문제점

☐ 행정·제도적인 측면

- 현재 해삼종묘 가격은 씨뿌림용의 경우 3~4cm 크기의 납품가격이 1마리당 200~500원 내외이며, 양식 어업인이 필요로 하는 5~7cm 크기는 1마리당 400원을 상회하고 있어 경제논리상 해삼을 양식하려는 어업인이 거의 없는 상태이다.
- 수산식품 안전성 확보 및 수출을 통한 고부가가치 창출을 위해서는 대규모의 적지 해역을 대상으로 “수출용 위생해역 지정” 추진이 필수적이나 해삼 수출을 위한 위생해역의 미지정으로 대량양식 생산 시 가격경쟁력이 저하될 가능성이 있다.
- 중국 기술자에 의해 양식규격에 미달하는 과잉의 종묘생산이 이루어지고 있어 지방자치단체의 씨뿌림 종묘수요를 제외하고는 양식용으로 출하가 어려워 종묘생산 어업인의 대규모 손실이 우려된다.

☐ 기술적 측면

- 중국 자체에서 종묘용으로 폐기시키고 있는 중국산의 열성화 된 불법종묘가 국내에 반입되고 있는 것으로 추정되고 있어 불법종묘의 반입을 차단하지 않을 경우 우리나라 자연산 해삼과의 교배를 통한 열성화가 우려된다.
- 대량생산을 위한 우량 인공종묘 안정화 기술 및 대량 상품생산 기술개발 미흡하다.
- 축제식 및 육상수조식 양식, 채롱가두리 양식기술, 하면(夏眠) 억제기술 등의 개발이 미흡하다.

II

생태학적 특성



1. 생태 특성

▣ 명칭

- 학명 : *Stichopus japonicus*
- 영명 : sea cucumber
- 일명 : Ma-namako(マナマコ), 중 명 : cì-shēn(刺參), 海蔘

▣ 분포

- 전 세계적으로 해삼은 1,500여 종이 알려져 있으며, 그 중, 우리나라에 분포 서식하는 해삼류는 약 14종이 있다. 해삼은 색깔에 따라 해삼(청해삼), 홍해삼, 흑해삼으로 불리고 있는데 지금까지는 이들 3종을 일부 학자들은 같은 종으로 인식해 왔다. 그러나 최근 Isozyme 연구결과 1개의 유전자 좌에 유전적 다형이 존재하는 것이 알려지면서 산업적으로는 형태적·생태적 특성이 다른 것들을 별개의 종으로 구분하여 취급하고 있다.
- 해삼은 외해수의 영향을 받는 우리나라의 전 연안에 분포한다. 국외에서는 북동태평양 전역과 연해주, 사할린, 알레스카 연안부터 홋카이도, 일본열도, 황해, 발해만, 동지나해 등의 연안 수심 0~40m에서 광범위하게 분포한다.
- 종류별 분포를 보면 해삼(청해삼)은 순수한 펄 지역을 제외한 암반, 작은 돌, 조약돌과 연결된, 모래 또는 사니질 지역으로 홍해삼보다 넓게 분포하

며, 조류소통이 좋고 용존산소가 풍부한 해역에 많다. 특히 어릴 때에는 내만의 해조류가 많은 곳 또는 암초지대에서 홍해삼과 섞여 생활하지만 성장과 함께 외해의 사니질이 있는 깊은 곳으로 이동하기도 한다. 일반적으로 청해삼의 분포 경향은 수심이 얕은 장소에서 소형의 개체, 깊은 장소에 대형개체가 많이 서식하고 있다. 이것은 저질의 구성과도 밀접하게 관련이 있으며, 수심이 깊어지면서 펄 성분이 많아지고 해삼의 먹이가 되는 유기탄소나 유기질소를 많이 함유하기 때문이다. 따라서 수심에 의한 해삼의 층별 분포는 생리적 또는 생태적인 현상이라 할 수 있다.

- 홍해삼은 일반적으로 외해수의 영향을 강하게 받는 암초지대나 그 주변의 여울과 같은 작은 돌 또는 조약돌로 된 저질이 비교적 외해까지 발달된 해역에서 주로 서식한다.

서식환경

- 자연서식지의 수온은 3~26℃(극한 수온 0~30℃), 염분은 22.77~32.34psu(평균 30.71psu)이다.

산란

- 일반적으로 해삼은 자연환경에서 5~8월(주 산란기 6~7월)에 산란하는 것으로 알려져 있다. 산란시작 수온범위는 13~16℃와 같고 18~22℃에서 산란을 거의 종료한다. 산란기의 생식소 중량은 해삼 전체 중량의 약 10~20%이고, 성숙난소 1g의 난수는 평균 209,000개이다. 산란 중 100g의 난소를 가진 대형 해삼의 방란수는 약 183만개이다. 산란 가능한 최소크기는 중량 58~60g 정도이다.

성장

- 자연에서 유생 부착 후 1년에 5.9cm(15.5g), 2년 13.3cm(122.5g), 3년 17.6cm

(307.0g), 4년 20.8cm(472.5g)이지만 인공먹이로 양식할 경우에는 이보다 성장량이 더 증가한다.

- 해삼의 적수온 상한은 17.5~19℃로 이때까지는 자연 서식하는 것을 볼 수 있다. 해삼의 성장은 16~17℃이하에서 나타나며, 연간을 통하여 실질적으로 성장이 이루어지는 시기는 10~12월, 3~6월까지 7개월에 불과하다. 그러나 17℃ 이상에서는 체중은 역으로 감소하는 경향을 보인다.

식성

- 체중 2~3g의 어린해삼은 주로 부착성 미세조류 등을 섭이하고 성장함에 따라 미역, 다시마, 모자반, 파래 등의 해조류와 펄 속의 유기물, 원생동물 및 갑각류, 연체동물의 유생, 분해과정에 있는 어류의 사체 등을 섭이한다. 수온 7℃ 이하에서는 먹이섭이량이 감소한다.
- 연중 식욕이 왕성하고 운동이 활발한 시기의 수온은 19℃ 이하이며 활동성기의 수온은 10~16℃ 내외이다. 그러나 수온이 19℃ 이상에 달하면 운동이 부진해지고 식욕이 감퇴하여 소화관이 위축된다. 이것을 하면전기(夏眠前期)라 하며, 수온이 24.5℃에서는 단식 상태에 돌입하고 소화관이 위축되면서 거의 움직임이 없어진다. 이때가 하면성기로 완전휴면시기이다. 이후 가을에 들어 수온이 19~20℃아래로 하강하면 다시 운동이 활발해지는데 이때가 재활동기이다.

양식방법

- 양성은 현재까지는 주로 마을어장 씨부림 방류에만 의존하고 있으나, 향후 우량종묘생산 증가와 종묘가격이 양식이 가능한 수준으로 낮아질 경우 육상 수조식 및 갯벌 축제식, 해면가두리, 전복가두리 복합양식, 해면 채롱식 양식 등의 활성화가 예상된다.

- 양식지역은 주로 서해안, 남해안, 동해안이며, 양식 시기는 연중(주 성장기는 봄, 가을, 수온 10~16℃ 내외일 때)가능하다.

▣ 먹이

- 주성분인 다시마, 미역, 지렁이 등의 해조류에 미세 펄, 동·식물성 단백질을 보강한 생사료(발효사료) 등

2. 국내·외 기술 수준

▣ 한국

- 1990년 국립수산물과학원에 의해 국내 최초로 해삼 인공종묘생산 성공하였고, 2004년 한국형 해삼 인공종묘 대량생산 기술개발로 산업화 정착 진입 단계에 있다.
- 2006년부터 씨뿌림 양식, 축제식 양식 및 육상수조식 양식 산업화 기술개발 추진되었다.
- 우리나라와 일본은 종묘생산과 양식 산업화가 초기 수준에 머물러 있으나, 중국은 종묘생산과 양성기술에서 대량생산 산업화가 이루어지고 있다.
- 산란기 조업금지와 어획체장 및 체중제한이 지켜지지 않아 남획에 의한 자원감소가 우려되고 있다.

▣ 일본

- 일본에서는 1950년대부터 인공종묘생산 기술개발 후 한국과 중국에 종묘생산 기술을 전파하기 시작하였다. 현재는 인공종묘 생산기술은 정착되었으나 생산된 종묘를 대부분 연안 자원 조성용으로만 씨뿌림 방류를 실시하고 있으나, 축제식 및 육상수조식 양식은 거의 시행하지 않고 있다.

중국

- 인공종묘생산 기술을 일본에서 도입하여 연간 해삼 인공종묘 생산량은 200 억 마리를 초과하고 있다. 중국에서의 해삼양식은 축제식 양식 75%, 씨뿌림 양식 25% 정도이며, 소량이 육상수조에서 양식되고 있다.

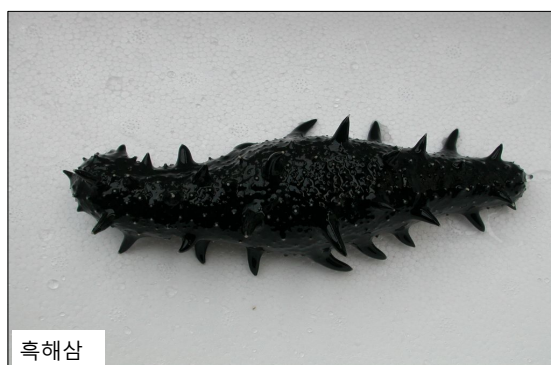
한국과 중국, 일본의 해삼양식기술 수준

- 종묘생산 기술

구분 국별	인공종묘 생산기술
한 국	한국형 인공종묘 대량생산 기술 산업화 정착 단계 홍해삼 인공종묘생산기술
중 국	인공종묘 대량생산 기술 산업화 정착(2000년)
일 본	인공종묘 생산기술 정착 홍해삼 인공종묘생산기술

- 양식 기술

구분 국별	양 식 방 법		
	육상수조식	축제식	씨뿌림(방류)
한 국	산업화 기술개발 초기단계(2008년)	산업화 기술개발 초기단계(2008년)	산업화 기술개발 (2004년)
중 국	산업화 기술개발 단계(2008년)	산업화 기술정착 (2002년)	산업화 기술정착 단계(2002년)
일 본	산업화 기술개발 단계(2008년)	산업화 기술개발 초기단계(2008년)	자원회복기술정착 (2000년)



해삼 씨뿌림 종묘(체장 5~7cm)



씨뿌림 양식으로 생산된 해삼

그림 Ⅱ-1. 해삼 사진

Ⅲ

해삼 종묘생산 기술



1. 어미해삼 확보와 성숙

가. 조기종묘생산

(1) 적산수온 산정에 의한 구입시기 결정

자연 산란기에 비해 3개월 정도 앞당겨 종묘생산을 할 경우에는 어미를 구입하여 성숙관리를 해야 한다. 어미해삼 구입 시기는 10~11월이 적당하며 수정란 생산시기에 맞춰 적산수온을 계산하고 계산된 일수에 맞춰 사육수온을 15~18℃로 관리한다. 이때 기초 수온은 8℃로 하며, 이보다 높은 수온을 누적수온으로 합산해 간다. 전복의 적산수온 1,500℃ 계산하는 방법과 유사하다고 볼 수 있다. 사육수온을 높여갈 때는 매일 0.5~1.0℃씩 상승시켜 준다. 참고적으로 중국은 800℃를 적산수온으로 보고 있다. 일본은 10월 정도에 소화기관이 형성되는 시기부터 적산수온을 계산하여 1,800~2,000℃를 산란 적기의 적산수온으로 보고 있다.

(2) 크 기

어미해삼으로 이용할 수 있는 적정 크기는 200g/마리 이상이 좋다. 이보다 작은 개체도 방란·방정을 하지만 산란량도 적고 난질도 떨어지기 때문이다.

(3) 수용 밀도

어미해삼의 수용 밀도는 사육수 1톤당 500~1,000g 내외로 수용하는 것이 적당하다. 보통 45톤 수조에 200g 이상의 어미해삼 300마리 정도를 수용하며 여기에

성숙된 수컷 최소 10~20마리 정도를 수용한다.

(4) 사육환경

배합사료 급이에 의해 발생하는 암모니아성 질소는 해삼에게 좋지 않은 영향을 미치므로 사육수는 매일 100% 교체를 한다. 매일 오전에 사육수 전체를 배수하고 사육수온을 맞춘 새로운 여과해수를 채워 준다. 은신처를 제공하지 않아도 되나 쉼터와 같은 은신할 수 있는 공간을 제공하여 주는 것도 나쁘지 않다. 용존 산소는 7mg/L 이상 유지할 수 있도록 에어스톤을 배치하고 조도는 600lux 이하로 유지하여 빛에 의한 스트레스를 받지 않도록 한다(그림 Ⅲ-1).

(5) 배합사료 급이

배합사료는 총 체중의 3~7%를 급이한다(그림 Ⅲ-1). 매일 수조 청소를 하기 때문에 조금 과다하게 투여하여도 무방하다. 배합사료의 조성은 해조분말, 어분 등 단백질 분말, 활성흙(머드 분말) 성분을 기본 사료로 하고, 다당류, 효모(이스트), 스피룰리나, 바실러스 제제를 첨가제로 급이 하는 것이 좋다. 여기에 반드시 첨가할 필요성은 없으나 중간 정도 크기의 모래를 배합사료 급이 총량과 동일하게 첨가하여 주면 소화율이 높아져서 좋다. 매일 수조를 청소하면 모래가 배출되는데 이를 수거하여 재활용해도 무방하다. 배합사료 제조는 배합사료 30%, 활성흙(머드 분말) 35%, 스피룰리나 10%, 서미조(지렁이 분말) 25%로 기본 사료원을 제조하여 70℃ 정도 끓인 후 30℃로 식혀 여기에 수산효모, 면역다당, 효모다당, 복합비타민을 5% 정도 첨가하여 6시간 정도 발효시켜 사료 급이에 사용한다. 사료원이 확보가 힘들 경우 사정에 따라 기본 베이스는 변동시킬 수 있다.



어미해삼 배합사료 제조



배합사료 급이



매일 1회 수조 청소



사육수조

그림 Ⅲ-1. 어미해삼 사육관리

나. 일반종묘생산(자연 산란기)

일반 종묘의 크기나 수용밀도는 조기종묘생산용 어미해삼과 동일하다. 다량의 어미해삼 보다는 적은 수량이라도 양질의 어미해삼을 구입해야 한다. 생산원가 절감도 있지만, 수정란의 품질이 종묘생산을 좌우하기 때문이다. 자연 산란기에 어미해삼을 구입하는 방법을 보면 아래와 같다.

(1) 구입 수량 산정

어미해삼 1마리는 약 2~3백 만 개의 수정란을 방란한다. 자연 산란시기에 어미해삼을 구입하여 산란시키면 총 구입 수량의 20~30%가 산란하기 때문에 필요한 수정란을 계산하여 어미해삼 구입 수량을 결정하도록 한다. 예를 들어 1억 개의 수정란을 필요로 할 경우, 산란가능 한 어미해삼 50마리가 필요하며, 이 중 약 20%의 어미해삼이 산란한다고 가정할 경우 250마리가 필요하다. 이때, 암수 비율이 50%라고 가정한다면 500마리의 어미해삼이 필요하다. 즉, 어미해삼 한 마리의 무게가 200g이라면 100kg 내외를 구입하면 된다.

(2) 구입 방법

가장 좋은 어미해삼은 어획한 장소에서 수거한 어미해삼을 바로 구입하여 직접 관리하는 것이다(그림 Ⅲ-2). 해삼은 적은 스트레스에도 쉽게 생식소와 내장을 배출하기 때문이다. 대부분 잠수어업으로 어획하는 해삼은 태양광에 노출되거나 용기에 고밀도로 보관되어 극도의 스트레스를 입을 수 있다. 어획해 온 해삼에서 200g 이상의 개체 중에 관족이 있는 부분이 부드럽고 통통한 개체를 골라 플라스틱 용기에 수용하여 수중에 관리하는 것이 좋다.

어획 현장에서 구입할 수 없는 경우에는 대규모 수집장에서 선별하여 구입한다(그림 Ⅲ-3). 수집장에 있는 해삼은 1~3일정도 관리된 해삼으로 이미 내장과 생식소를 배출한 개체는 체형이 훌쭉하여 구분이 가기 때문에 쉽게 선별할 수 있다.



해삼 어획



선상 보관



아이스팩 포장



연구소 수조 수용

그림 Ⅲ-2. 어미해삼 구입 및 아이스박스 이용 운반



그림 Ⅲ-3. 채집 장소에서의 어미해삼 구입

(3) 운 송

가장 안전한 운송 방법은 활어차를 이용하는 것이다. 해삼은 적은 양의 용존산소에도 피해를 받지 않기 때문에 고밀도 운송이 가능하다. 일반적으로 200L 활어수조에 최대 50kg까지 수용할 수 있다. 해삼을 수조에 수용하면 약 30분 정도 정착하여 해삼이 안정적으로 부착할 수 있는 시간을 준 후 운송하면 된다. 산소공급은 차량용 브로워를 이용하여 수조 당 에어스톤 1~2개 정도 공급하여 주면 충분하다. 대부분 산란기의 수온은 16℃ 이상으로 운송 중 수온의 상승을 예방하고 산란 억제를 위하여 비닐봉지에 포장한 얼음을 활어수조에 넣어주는 것이 좋다. 얼음의 첨가량은 운송시간에 따라 차이가 있으나 200L 활어수조일 경우 10~20kg 정도가 무방하다(그림 Ⅲ-4).



어미해삼 운송용 활어차



활어차 수조 내부



어미해삼



수조 수용

그림 Ⅲ-4. 활어차 이용 어미해삼 운송 및 수조 수용

스티로폼 박스 포장 운송 방법은 저면에 아이스팩 또는 얼음 주머니를 깔고 신문지 또는 비닐을 여러장 겹쳐 넣어서 직접적으로 차가운 기운이 해삼에 가지 않도록 한다. 비닐 포장시 가급적 해삼이 이중으로 겹치지 않게 하되 운송 중 흔들림에 의해 해삼이 움직이지 않게 한다. 해삼을 담은 봉지 위에 신문지 등을 넣어 박스 내에 빈 공간을 제거해 주는 것이 좋다. 여기서 주의 할 것은 어미해삼을 보관하고 있는 수조 수온과 운반할 아이스박스의 내부 온도를 최대한 동일하게 맞춰주어야 하며 아이스 팩이나 얼음의 냉기가 최대한 해삼에게 직접 전달되지 않도록 해야 한다. 온도차가 크게 나거나 해삼으로 직접 냉기 전달로 인해 해삼운반과정 중 내장을 토해낼 수가 있다.

다. 어미해삼 사육시설(자연 산란기)

(1) 기반시설 준비

수정란 생산과 그 이후 유생관리 및 어린해삼의 관리는 동일한 수조에서 이루어진다. 수조 내에는 에어공급을 충분히 할 수 있는 에어라인 시설이 되어 있어야 하며, 사육수의 필터를 위한 필터백 걸이 시설들을 설치해 두면 작업하기에 편리하다(그림 Ⅲ-5). 수조는 사각수조나, 팔각수조, 원형수조 형태를 사용하며 여건에 맞추어 선택한다(그림 Ⅲ-6). 또한 청소, 선별 및 양성 출하를 위해 배수구를 통한 해삼을 포집할 수 있는 공간이 배수로 등에 확보되어 있어야 작업하기에 편리하다(그림 Ⅲ-7).

어미해삼을 수용할 수조는 차아염소산나트륨(유효염소 5%, NaClO)을 100배 희석하여 브러시로 벽면 및 바닥면을 소독하고, 담수를 이용하여 충분히 세척하여 차아염소산나트륨이 잔류하여 나타나는 독성을 제거한다.

사육수는 1일 1회전 이상 환수 할 수 있을 정도 수량을 확보하는 것이 유리하며, 사정에 따라 일일 50% 환수를 할 수 있으나 되도록 1일 1회전 이상을 지켜주는 것이 좋다. 사육수는 여과해서 사용하며 최대한 여과를 하여 외부로부터 이물질 및 요각류 알 등이 들어오지 못하도록 하여야 한다. 기본적으로 사육수는 1

차 여과시설(섬유여과기 또는 모래여과기)을 거쳐 나온 해수를 2차적으로 10 μ m 필터백으로 여과해 사용한다. 사육수 여과능력이 좋을수록 해삼 종묘생산에 유리하므로 시설과 경제적 비용을 감안하여 여과시설을 갖추는 것이 좋다.



그림 Ⅲ-5. 해삼 사육수 필터관리 시설



그림 Ⅲ-6. 다양한 해삼 종묘생산 사육 수조



그림 Ⅲ-7. 해삼종묘생산 사육수조의 해삼 포집을 위한 배수구 (중앙배수로부터 작업할 수 있고 수조내 중앙배수구로부터 사육수가 배출 될 수 있도록 설치)

(2) 채란전 어미해삼 수조수용 관리

배양장에 도착한 해삼은 활어차 운송의 경우 수조내의 수온과 운송 활어통 내의 수온이 같아지도록 일정시간 수조내의 수온과 동일한 사육수를 첨가하였다가 수조에 수용하고, 스티로폼 박스 포장의 경우에는 비닐 봉지채 수조에 담귀 일정시간이 지난 후 수조에 수용한다. 운송 후에는 내장과 생식소를 체외로 배출하는 개체가 있기 때문에 사육수조에 수용 전에 제거해 준다.

되도록 종묘생산을 위한 산란 자극 전 2~3일 동안 해삼의 내장에 있는 배설물을 제거하여야 한다. 배설물을 제거하지 않고 바로 산란을 유도할 경우 내장내의 배설물도 함께 배출되어 수정란을 회수해야 하고 수정란 부화율도 많이 떨어진다.

2. 산란과 유생사육

가. 산란자극

산란에 이용할 수조는 깨끗이 소독하고, 어미해삼 수용밀도는 보통 45톤 수조에 200g 이상 300마리 정도를 수용하며 여기에 성숙된 수컷 최소 10~20마리 정도를 수용한다. 산란하기에 충분한 생식소는 볼펜 심 두께 정도이다(그림 Ⅲ-8).



어미해삼 해부



난소 두께 측정



성숙한 암컷



성숙한 수컷

그림 Ⅲ-8. 어미해삼 성숙도 조사

산란이 임박한 시기에 구입한 성숙된 해삼은 별도의 자극 없이 산란하기도 한다. 이런 경우에는 해삼이 배설한 배설물과 함께 뒤섞여 사육수가 혼탁해지기 때문에 방란·방정이 끝나는 시점에서 수정란을 물리가제로 수거하여 새로운 수조에

수용하면 된다. 단, 어미해삼을 저수온으로 운송하여 사육수조에 수용할 경우 어획한 지역보다 3~4℃ 낮은 수온으로 관리하면 일정기간 산란을 지연 시킬 수 있다.

자연에서 어획한 해삼은 3~4일 정도 배설물을 지속적으로 배출하는데 앞서 말한 것처럼 배설물이 완전히 배출되는 시점에서 산란을 유도하는 것이 바람직하다.

산란자극은 다음과 같은 방법으로 유도하면 수정란을 생산할 수 있다. 대표적인 방법이 수온자극이며 상황에 따라 성숙도가 낮은 경우에는 추가적으로 간출자극, 표면자극, 정자현탁액 살포 등의 방법을 쓸 수 있다(그림 Ⅲ-9). 기본적인 산란자극은 다음과 같은 순서로 진행되며 완전 성숙된 개체에 대해서는 수온자극만으로도 충분히 산란을 유도할 수 있다.

(1) 간출자극

어미해삼은 사육수조의 해수를 전량 배수하여 약 40분간 상온에 노출한다.

(2) 표면자극

상온에 40분간 노출된 어미해삼을 1/3HP 수증양수기에서 나오는 수압을 이용하여 20분간 어미해삼의 표면에 살포한다.

(3) 수온자극

표면자극이 완료된 후 최종 입식수온(예, 22℃) 보다 3~5℃ 높은(예, 25℃) 해수를(유효수량 45톤) 채우고, 산란이 종료되는 시점까지 유지시킨다. 수온자극 온도차는 보통 3~5℃ 정도이나 완전 성숙된 개체에 대해서는 1℃정도에서도 산란이 된다.

(4) 정자현탁액 살포

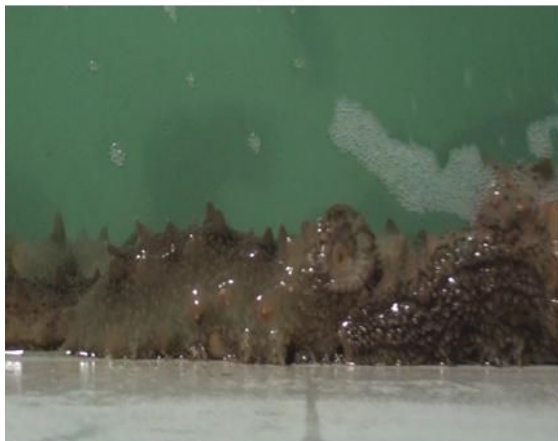
어미해삼이 수용된 수조에 생식소 중량이 체중의 8% 이상으로 육안으로 충분히 성숙한 수컷의 정소를 5마리에서 추출하여 80μm 물리가제에 담아 짜내어 여과해수 10L에 희석한 정자현탁액을 제조하여 어미해삼이 수용된 수조에 살포한다.



간출자극 40분



표면자극 20분



수온상승 22 → 25℃



정자현탁액 제조를 위한 정소 추출



물러가제를 이용한 정액 추출



정자 현탁액 살포

그림 Ⅲ-9. 어미해삼 산란 자극

나. 산란수조 관리

대부분 방정이 시작되고 방란이 시작된다. 정충의 경우 해수에서 장시간 생존하기 때문에 사육수가 육안으로 관찰하여 아주 옅은 유백색을 띄면 방정하는 수컷은 제거해야 한다(그림 Ⅲ-10). 너무 많은 정충은 수정란의 난막을 파괴하거나 어미해삼을 수거할 때 시야확보에 장애가 된다. 필요한 수량의 수정란이 생산되면 모든 암컷 어미해삼은 수조에서 제거한다.

다. 수정란 관리

수정란은 서서히 바닥에 가라앉는다. 바닥에 수정란이 쌓이면 산소공급이 되지 않아 부화율이 떨어지게 된다. 이를 방지하기 위하여 평판 PVC재질로 제작한 가로 50cm×세로 25cm의 뜬판을 이용하여 수정란을 일정시간(보통 1시간 간격)마다 부화 직전까지 부상시켜야 한다. 또한 수정란 침강을 방지하기 위하여 에어를 약하게 공급하도록 한다(그림 Ⅲ-10).



수컷의 방정



암컷의 방란



어미해삼 제거



수정란 부상 작업

그림 Ⅲ-10. 방란·방정 및 수정란 관리작업

라. 부유유생 관리

(1) 먹이생물 급이

가장 중요하면서 어려운 시기이다. 부유유생을 얼마나 잘 관리하느냐에 따라 최종 생산량이 결정되기 때문이다. 유생기간동안 적절한 사육수 관리와 먹이를 급이 해야 원활한 변태가 이루어지며 착저 후에도 생존율이 높다. 유생시기의 수온은 22~24℃를 유지해주는 것이 좋다. 이 수온 범위에서 유생은 가장 짧은 기간에 변태를 하고 착저를 한다. 유생시기에 지속적으로 위장의 상태를 관찰하여 먹이를 공급하는 시점과 급이량을 결정해야 한다. 먹이 공급 시기는 아우리쿨라리아 입과 위장이 생성되기 시작하여 연결된 후 위의 연동이 시작될 때 먹이생물을 공급한다(그림 Ⅲ-11). 수온 22℃ 조건에서 대략적으로 산란 후 40~48시간이 되는 시점이다.

먹이생물 급이는 식물플랑크톤을 배양하거나 농축제품을 이용하여 급이 하는데 최소 3종 이상을 급이 하여 영양학적 밸런스를 맞춰줘야 한다. 유생시기의 먹이 급이는 계획적으로 급이 할 수 없다. 환경조건에 따라 상황이 수시로 바뀌기 때문이다. 유생관리를 잘하는 방법은 현미경 관찰을 통해 위장내의 먹이량과 위장의 모양을 점검한다. 위장내의 내용물이 70% 내외가 소화되어 비어 있을 때 먹이생물을 급이 하면 된다(그림 Ⅲ-12). 위내용물 관찰이 힘들 경우 아우리쿨라리아 변태 후 먹이공급 시점일 경우 첫째, 둘째날은 1회, 3일~5일 사이는 2회, 그 이후는 3회 정도로 공급횟수를 늘려 가면 된다. 먹이는 본 연구에서는 아우리쿨라리아부터 초기 펜탁툴라 유생까지 중국에서 수입한 1L 용량의 농축 먹이생물 3종(홍효모 *Rhodotorula* colony Yeast 100억cells/ml, 각모조 *Chaetoceros* spp. 1억cells/ml, 염조 *Dunaliella salina* 5,000만cells/ml, 제조사 익삼보)을 급이 하였다. 냉동된 농축 먹이생물은 흐르는 해수에 용기를 담가 해동한 후 20L들이 플라스틱 용기에 여과해수 15L를 담고 희석하여 50μm 물리가제로 고형물을 제거하였다. 급이 할 수조 개수에 동일하게 분배하여 여과해수를 채운 뒤 1L 플라스틱 바가지를 이용하여 수면에 고르게 살포하여 급이 하였다(그림 Ⅲ-13). 해삼 종묘생산 시기의 부유유생 먹이생물 공급 예를 표 Ⅲ-1에 제시하였다.

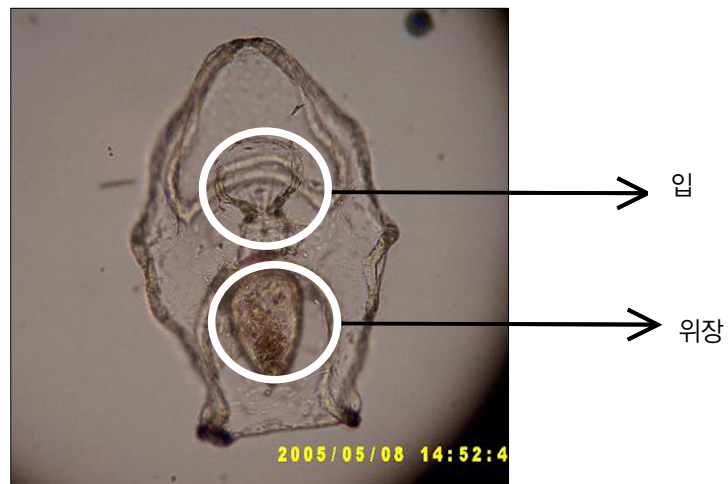


그림 Ⅲ-11. 아우리쿨라리아 입과 위장 구조

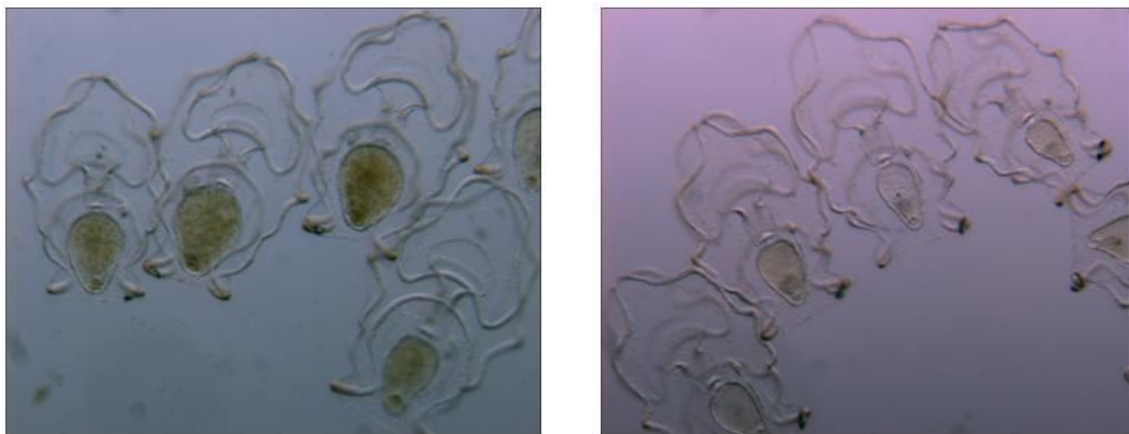


그림 Ⅲ-12. 아우리쿨라리아 위 충만도 비교. 좌) 위충만 우) 먹이 생물 소화중



초기 농축 먹이생물 3종



농축 먹이생물 해동



먹이생물 배합



먹이생물 분배

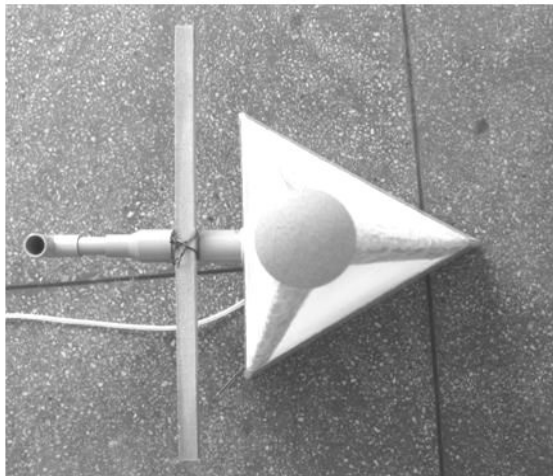
그림 Ⅲ-13. 농축먹이생물 준비 과정

표 Ⅲ-1. 부유유생 성장 단계별 밀도 조정 및 먹이생물 급이량

일 자 (2010년)	발생단계	유생수량 (만마리)	사육수조 (45ton)	총 급이량 (L/일)	급이횟수 (회/일)
6. 19	수정란	8,100	-	-	-
6. 20	아우리 쿨라리아	7,200	2개 수조	-	-
6. 21		6,750	3개 수조	각모조 6.0 홍효모 1.2	1
6. 22		5,400	4개 수조	각모조 8.0 홍효모 0.8	1
6. 23		5,400	6개 수조	각모조 12.0 홍효모 2.0	2
6. 24		5,400	8개 수조	각모조 16.0 홍효모 4.8 염 조 6.0	2
6. 25		5,400	12개 수조	각모조 16.0 홍효모 6.0 염 조 8.0	2
6. 26			12개 수조	각모조 16.0 홍효모 6.0 염 조 9.0	2
6. 27			12개 수조	각모조 20.0 홍효모 6.0 염 조 12.0	2
6. 28			12개 수조	각모조 24.0 홍효모 6.0 염 조 12.0	3
6. 29	돌리올라리아	4,320	12개 수조	각모조 24.0 홍효모 6.0 염 조 12.0	3
6. 30			12개 수조	각모조 24.0 홍효모 6.0 염 조 12.0	3
7. 1	펜탁툴라	4,100	12개 수조	각모조 24.0 홍효모 6.0 염 조 12.0	3
7. 2		4,100	12개 수조	각모조 24.0 홍효모 6.0 염 조 12.0	3

(2) 분조 및 사육밀도 관리

유생의 수용 밀도는 착저기에 임박한 후기 돌리올라리아기를 0.1~0.2개체/ml 내외로 유지하는데 환수는 매일 100% 이상(여건이 힘들 경우 최소 50% 이상 유지)을 하여 수질오염을 예방하고 먹이생물 과다공급으로 인해 사육수가 오염된 경우에는 유생전체를 물러가제로 수거하여 새로운 수조로 옮겨준다. 환수를 위해서는 환수틀을 제작하여 사용한다(그림 Ⅲ-14). 환수틀에 사용하는 망지 크기는 유생크기에 따라 유동적으로 한다. 환수시 환수틀 망목에 부착되는 유생을 떨어뜨려 주기 위해 환수틀 안쪽에서 사육수를 수시로 뿌려준다.



삼각뿔형 환수틀 외부



삼각뿔형 환수틀을 이용한 환수



정사각형 환수틀 외부



정사각형 환수틀 내부

그림 Ⅲ-14. 부유유생기 동안 사육수 환수틀 구조

현장 여건과 기술력을 감안하여 안정적인 밀도로 관리하는 것이 좋은 유생을 생산하는 가장 중요한 포인트다. 따라서 부유유생의 적정밀도를 유지하기 위하여 분조를 하여야 한다. 부유유생을 분조할 수조는 차아염소산나트륨(유효염소 5%, NaClO)을 100배 희석하여 브러시로 벽면 및 바닥면을 소독하고, 담수를 이용하여 충분히 세척하여 차아염소산나트륨이 잔류하여 나타나는 독성을 제거한다.

밀도관리를 위해서 부화 후 아우리쿨라리아 유생 변태 직후 분조를 하며 분조는 일일 두 배 이상의 수조크기로 빨리 늘려가는 것이 좋다. 분조는 사이편을 이용하여, 즉, 1개 수조에서 2개 수조로 분조하고 분조 시 미리 10~20cm 정도 높이로 수조에 사육수를 받아 놓아 분조시 유생의 충격을 최소화 할 수 있도록 한다(그림 Ⅲ-15). 1개 수조에서 2개 수조로 나누어 증수하고 이것을 다시 2개에서 4개로 늘려 앞과 같은 방식으로 늘려가 0.1~0.2마리/ml 정도로 밀도를 조절하는 것이 좋다.



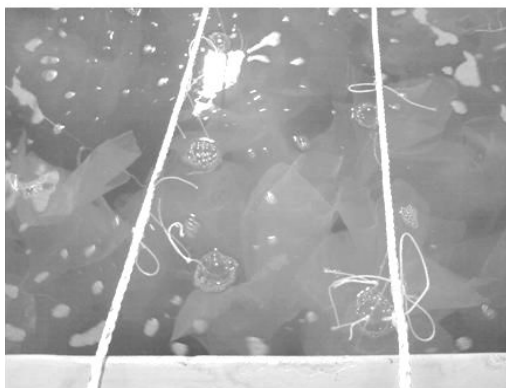
그림 Ⅲ-15. 사이편을 이용한 분조

고밀도 사육이나 수질오염에 의한 항병력 저하로 발생하는 질병 감염시에는 위장과 체표가 변형되는 현상을 볼 수 있는데 사육밀도를 감소시키고 항생제로 약육하여 치료해야 한다. 일반적으로 사용하는 항생제는 테트라사이클린 계열과 페니실린계열을 복합적으로 1~5ppm 사용한다. 항생제 사용은 어린해삼 및 중간육성에도 동일하게 적용된다.

마. 착저유생 관리

(1) 채묘기 준비

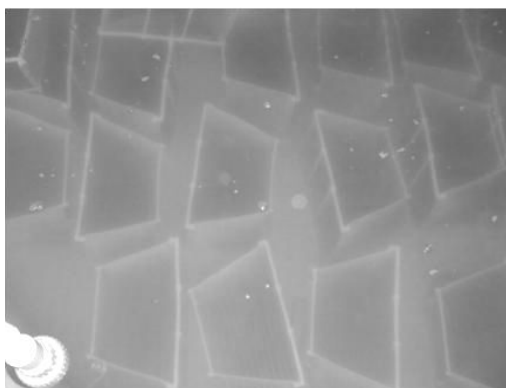
착저를 위한 채묘기는 염화비닐 골파판(가로 50cm×세로 30cm) 18장이 한 세트
로 구성된 홀터를 수평으로 투입하거나 채묘망(가로 30cm×세로 30cm, 망목사
이즈 220 μ m) 13장이 한 세트인 채묘틀을 수조 상단의 고정된 로프에 수
평으로 메달아 채묘에 이용한다(그림 Ⅲ-16). 채묘틀의 길이는 수조 유효수심에
따라 그 길이와 채묘망 개수가 변화될 수 있다. 우선 채묘전에 채묘기를 소독하
여야 한다. 해삼종묘 입식 전에 사용할 파판 및 육성망은 제품생산에서 부착하는
기름성분을 제거하기 위하여 반드시 담수를 채운 수조에 수산화나트륨(NaOH,
98%)을 500ppm 농도로 녹여 48시간을 침지한 후 담수를 이용하여 충분히 세척
하여 사용한다.



해삼 전용 채묘망



펜탁툴라 유생이 착저한 채묘망



해삼 전용 파판 및 홀더

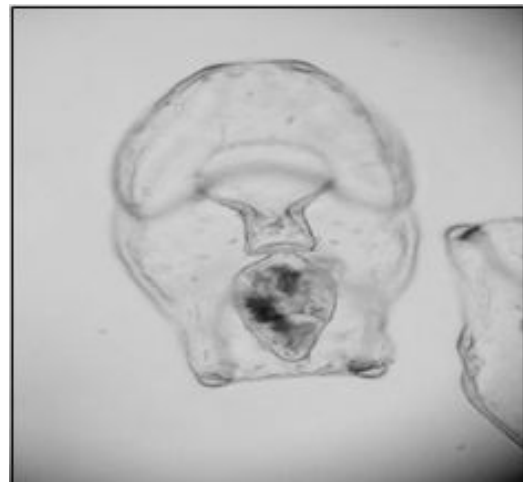


펜탁툴라 유생이 착저한 파판

그림 Ⅲ-16. 착저유생 채묘 기질

(2) 채묘시기 결정 및 채묘

부유유생이 착저를 하는 시기는 후기 돌리올라리아기며 현미경 관찰을 통해 후기 돌리올라리아가 30% 변태한 시점에서 파판이나 채묘망지를 투여한다. 따라서 해삼유생의 변태과정을 주의 깊게 수시로 관찰해야 한다(유생변태과정, 그림 Ⅲ-17~20). 보통 22℃로 부유유생 관리를 한다면 부화 후 8~9일째부터 돌리올라리아 유생이 나타나기 시작하며 이때부터 주의 깊게 살펴보아야 한다. 밀도가 높거나 수온이 낮으면 변태시기가 늦어질 수 있다. 채묘 시기가 결정되면 채묘기를 투하하고 채묘는 파판 한 장당 약 1,000~2,000마리 정도가 좋다.



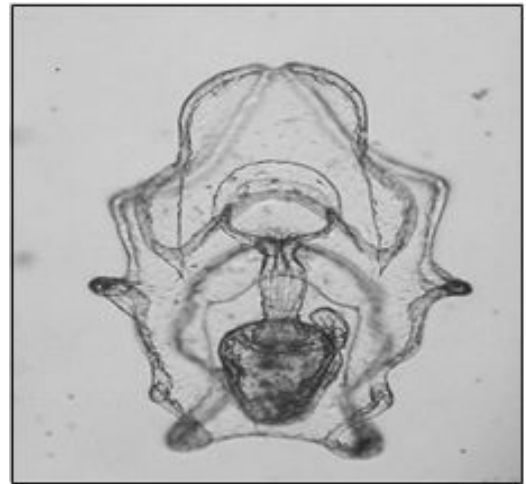
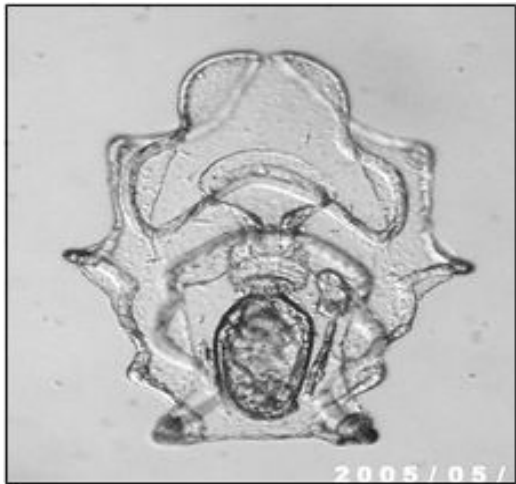
(사진자료 : 해삼양식기술개발(해양수산부, 2006))

그림 Ⅲ-17. 초기 아우리쿨라리아



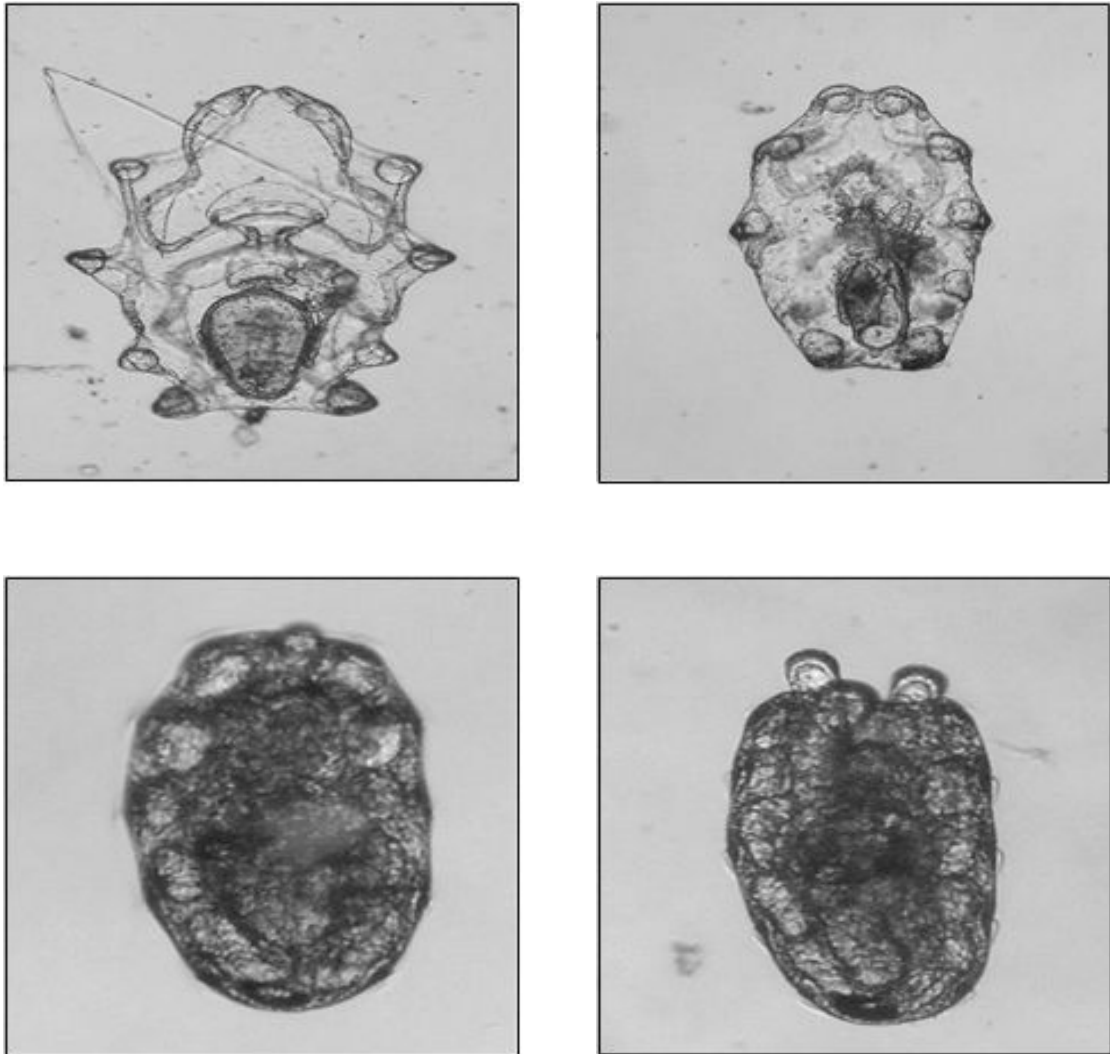
(사진자료 : 해삼양식기술개발(해양수산부, 2006))

그림 Ⅲ-18. 중기 아우리쿨라리아



(사진자료 : 해삼양식기술개발(해양수산부, 2006))

그림 Ⅲ-19. 후기 아우리쿨라리아



(사진자료 : 해삼양식기술개발(해양수산부, 2006))

그림 Ⅲ-20. 돌리올라리아 유생

(3) 사육수 관리 및 급이

착저가 완료되는 시점은 펜탁툴라 유생으로 이 시기에는 환수틀을 이용해 매일 50% 이상을 환수하여 수질 오염을 예방한다. 돌리올라리아에서 펜탁툴라까지는 하루면 변태가 완료되므로 채묘적기를 놓쳐서는 안 된다. 후기 돌리올라리아에서 초기 펜탁툴라까지는 부유하는 개체와 착저하는 개체가 동시에 발생하기 때문에 먹이생물과 배합사료를 동시에 급이한다. 배합사료 제조는 어린해삼용 배합사료, 해조류 분말, 펄 분말과 함께 복합비타민, 효모다당, 면역다당, 스피룰리

나, 효모, 수산효모 등 첨가제를 정량 배합하여 급이한다. 배합사료 제조는 기본 배합사료 30%, 활성효(머드 분말) 35%, 스피룰리나 10%, 서미조(지충이 분말) 25%로 기본 사료원을 제조하여 70℃ 정도 끓인 후 30℃로 식혀 여기에 수산효모, 면역다당, 효모다당, 복합비타민을 5% 정도 첨가하여 6시간 정도 발효 시켜 사료 급이에 사용한다. 사료원 확보가 힘들 경우 사정에 따라 기본 베이스는 변동시킬 수 있다. 배합사료 급이량은 파판 및 채모망에 남아있는 사료의 잔량을 감안하여 사육해수 1톤 당 일일 3~10g을 유동적으로 급이한다. 급이 기간은 먹이생물과 같이 일주일 정도 혼합 급이하며 채모가 완료되면 먹이생물 급이는 중지한다.

주기적인 현미경 검경을 통해 이상 현상이 발생하는 개체가 보이면 항생제 약욕을 실시하고 요각류 등 원생동물이 과다하게 발생할 경우에는(그림 Ⅲ-21) 기생충 구제제(트리클로로폰 제제 100% 역가 기준 1ppm, 6~10시간)를 이용하여 구제해야 한다.

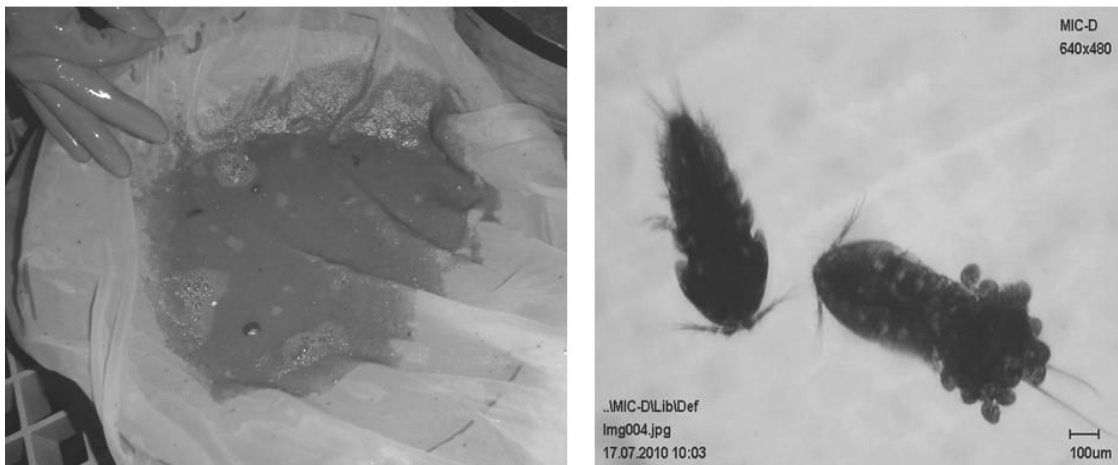


그림 Ⅲ-21. 사육수조 내에 발생한 요각류

바. 어린해삼 관리

착저가 완료된 어린해삼부터는 배합사료를 가지고 급이를 시작한다. 배합사료 제조 및 급이는 전술한 바와 같다. 급이량은 파판이나 채묘망지의 사료부산물의 잔존 여부를 보고 결정할 수 있다. 착저 후 보통 두 달 후면 1cm 종묘를 선별 선별 할 수 있다(그림 Ⅲ-22). 1cm 크기까지는 청소 및 분조를 하지 않고 일일 환수량을 100% 정도 유지하며, 여건이 안 될 경우 최소 50% 이상은 해주어야 한다. 그러나 여건에 맞추어 환수량을 늘려주어야 어린해삼 성장에 유리하다. 사료 급이 후에는 환수를 멈추고 에어를 공급하며 해삼사료가 배수되지 않고 해삼이 섭이할 수 있도록 해주어야 한다. 따라서 되도록 오후 늦게(예, 4~6시)에 사료를 급이 하고 그 다음날 아침 일찍(예, 7~8시) 환수를 시작하는 것이 좋다.

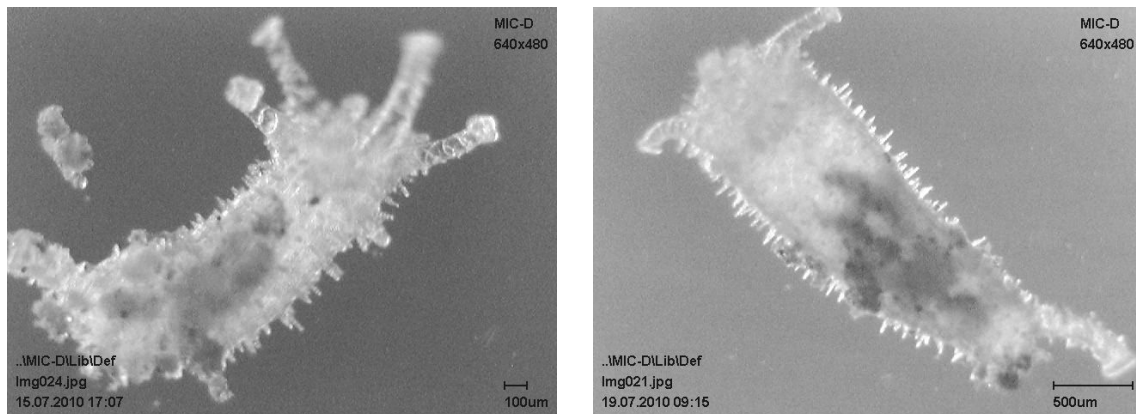


그림 Ⅲ-22. 어린해삼 성장 과정

3. 선별 및 출하

선별된 종묘에 대해서는 자체 배양장 내에서 중간육성을 연속해서 해나가거나 중간육성을 원하는 양식업자에게 출하할 수 있다. 출하를 위한 해삼 포집은 파판에 부착된 어린해삼은 직경 2m FRP 원형수조에 파판을 수용하고 1/3HP 수중양수기에서 나오는 압력을 이용하여 파판을 세척하듯 박리시키고(그림 Ⅲ-23), 나머지 붙어 있는 해삼은 수작업으로 붓을 이용하여 박리한다(그림 Ⅲ-24). 채묘망에 붙어 있는 어린해삼은 망지를 흔들어 수조내로 박리한다. 수조 바닥 또는 벽면에 남아 있는 어린해삼은 배수구를 통해 나오는 어린해삼을 279 μ m 물리가제로 제작한 채집망을 통해 수거한다. 채묘망에 부착한 어린해삼은 수조가 만수위된 상태에서 채묘망을 좌우로 흔들어 어린해삼을 박리시키고 사이편을 이용해 사육수를 배수한 후 배수구를 통해 나오는 어린해삼을 279 μ m 물리가제로 제작한 채집망을 통해 수거한다(그림 Ⅲ-25).



그림 Ⅲ-23. 수중모터를 이용한 파판에서 해삼 선별을 위한 1차 박리 작업



그림 Ⅲ-24. 파판에서 해삼 박리 선별

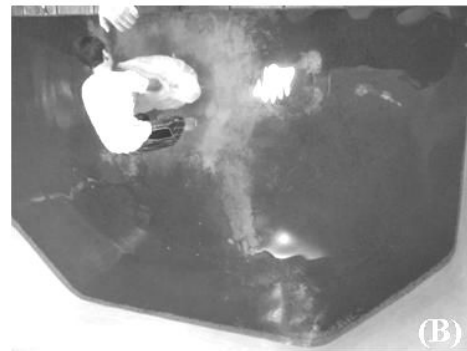


그림 Ⅲ-25. 해삼 선별을 위한 포집과정.

- (A) 물러가제를 넣기 위해 배수스탠드 제거 (B) 배수로를 통해 물러가제 통과
(C) 배수로를 통해 나온 물러가제 (D) 해삼 수거작업

출하 전에는 선별된 종묘에 대해서 2일 정도 절식을 하고 출하 포장 전에 항생제를 이용하여 약욕을 실시한다. 약욕은 항생제 기준(역가 100%) 5ppm으로 30분 정도 한다(그림 Ⅲ-26). 약욕이 끝나면 냉장상태를 유지하도록 아이스팩 또는 얼음을 채운 아이스박스를 준비하고, 비닐봉지에 물기를 제거한 해삼 종묘를 담아 운송하도록 한다(그림 Ⅲ-27). 아이스팩 또는 얼음에 직접 해삼이 접촉하지 않도록 그 사이에 신문지나 충전재를 이용한다. 운송된 해삼은 입식(그림 Ⅲ-28)하기 위한 배양장에서 재약욕을 실시하고 입식한 후 2~3일 후에 사료를 급이하도록 한다. 운반거리에 따라 이는 변동 될 수 있다.

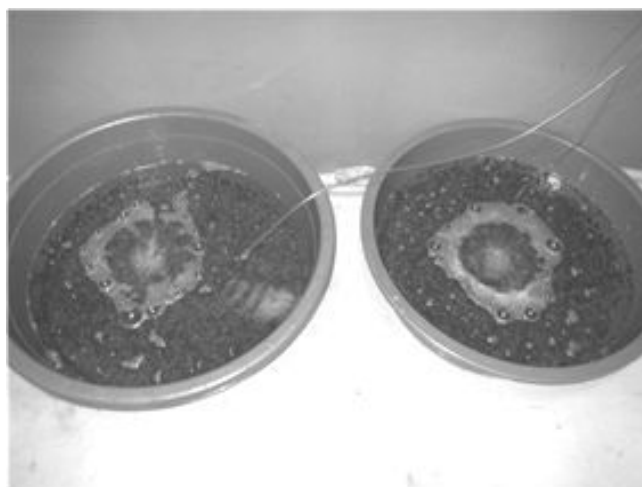


그림 Ⅲ-26. 출하전 약욕



그림 Ⅲ-27. 해삼 종묘 포장



그림 Ⅲ-28. 해삼종묘 중간육성장 입식

지금까지 설명한 종묘생산 과정에 대한 주요 순서를 아래 그림에 제시하였다 (그림 Ⅲ-29). 여기에 제시된 방법은 이번 연구 및 기존 연구결과를 바탕으로 작성된 것으로 해삼종묘생산에 참고로 활용된다.

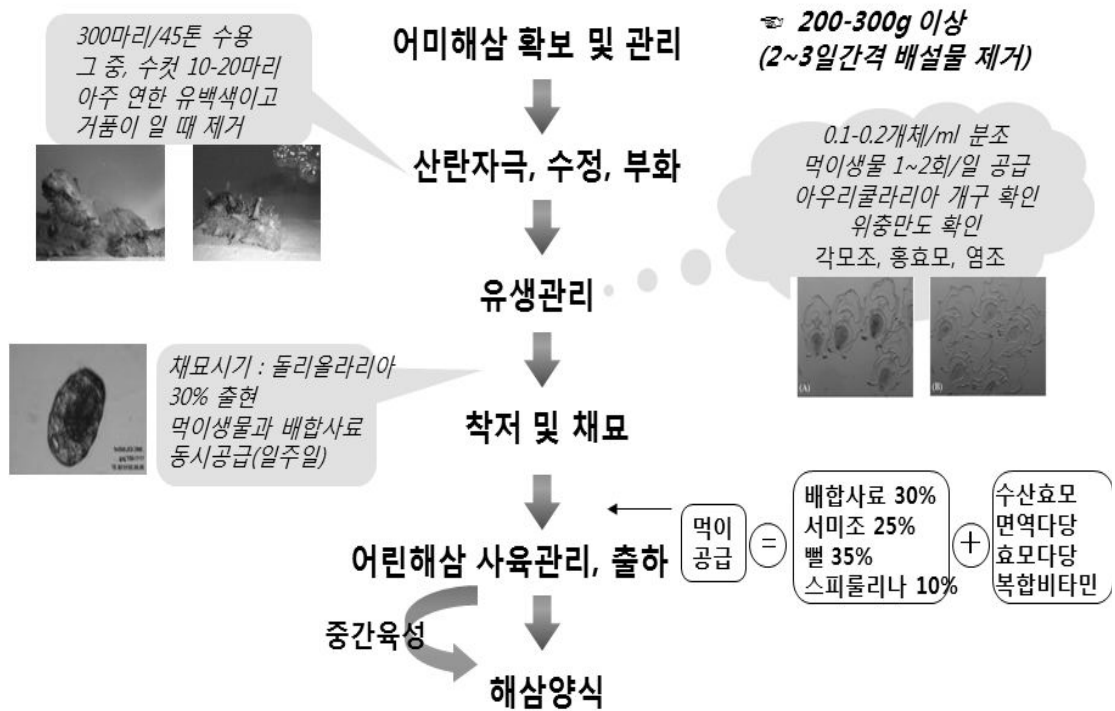


그림 Ⅲ-29. 해삼종묘생산 과정

4. 국외 사례

해삼 종묘생산에 참고할 수 있도록 중국과 일본의 종묘생산 방식을 제시하였다.

가. 중국 종묘생산 방법

(1) 종묘 조기생산 필요성

중국 요녕성 지역의 자연산 해삼이 성숙하여 어미로 활용될 수 있는 시기는 5~8월이다. 따라서 자연산 어미를 이용하여 종묘생산을 할 경우 10~11월에 개체당 1~5g의 종묘를 생산할 수 있다. 그러나 중국은 대부분 축제식과 씨뿌림식에 의해 양성을 하고 있는 추세여서 10~11월에 종묘를 입식할 경우 만 3년이 지나야 판매할 수 있는 어미해삼으로 생산가능하다. 최근 들어 중국은 11월 또는 2월 경에 축제식 양식장에서 어미해삼을 확보하여 2~5개월간 육상수조에서 성숙관리하고 3월말에서 4월말에 수정란을 생산하여 자연산란기 보다 2~3개월 앞당겨 종묘생산을 추진하고 있다. 이는 7~8월경 1~5g/마리 종묘를 생산하여 축제식 또는 씨뿌림식으로 양성하거나 육상수조에서 50g/마리의 중간종묘를 생산하여 축제식 또는 씨뿌림식으로 양성하여 할 경우 어미해삼 생산시기를 만 2년으로 단축시켜 생산성을 높일 수 있는 장점이 있다. 또한 여름철 이전에 1g 내외의 어린해삼을 방류할 경우 늦가을에 방류한 어린해삼에 비해 생존율과 성장률이 높기 때문에 생산성을 향상시킬 수 있다.

(2) 어미해삼 사육관리

생식소의 성숙과 상태는 난자와 정자의 품질과 직접적인 연관성이 있다. 과거에는 일반적으로 성숙된 자연산을 수집하여 산란에 사용하였다. 그러나 최근에는 어미해삼을 수집하여 수조에 수용하고 수온을 매일 0.5~1.0℃씩 올려서 15~16℃로 관리하면서 인위적으로 성숙을 유도하고 있다. 인위적으로 성숙관리된 어미해삼을 이용하여 조기에 종묘를 공급할 수 있다. 어미해삼은 어두운 곳에 보관하여야 하며 먹이양은 체중의 5~7%로 하지만 온도에 따라 조절해 주어야 한다. 배

합사료의 품질과 조성은 생식소의 발달에 직접적으로 영향을 미친다. 효율적인 누적수온(ETA, effective temperature accumulation)은 약 800℃이다. 이 경우에는 충분히 산란용 어미해삼을 확보할 수 있으며 산란을 또한 높일 수 있다. 즉, 종묘생산 기간을 오랫동안 지속시킬 수 있다.

지역적으로 조기종묘생산 방법은 어미해삼 관리시기에 약간 차이가 있다. 중국 산둥성 지역에서는 가을부터 이듬해 봄까지 어미해삼을 관리하여 종묘생산에 사용한다. 이에 반하여, 요녕성 지역에서는 보통 계획된 종묘생산 시기보다 한두 달 먼저 어미 해삼을 구해 성성숙을 시켜 종묘생산에 이용한다.

(3) 해삼의 발생학적 특성

해삼의 생활사는 수정란, 난할기, 포배기, 낭배기의 초기 발생단계와, 초기, 중기, 후기 아우리쿨라리아, 돌리올라리아, 펜탁툴라 유생기를 거쳐 어린해삼 및 중간종묘의 6단계로 구분할 수 있다(그림 Ⅲ-30).

(가) 해삼 발생 및 유생단계

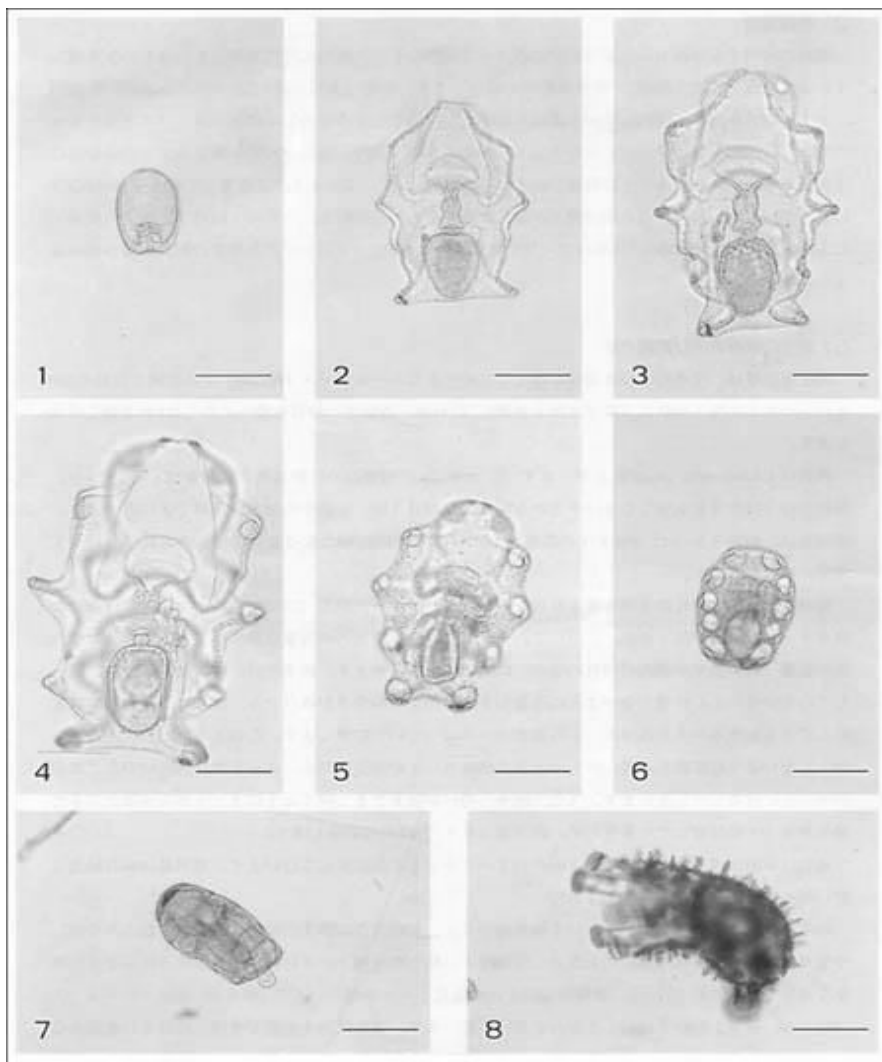
1) 발생

난이 수정되면 서서히 바닥으로 가라 앉으며 발생이 시작된다. 수온 21~24℃인 경우 수정란은 45분이 경과되면 분열을 시작하여 표 Ⅲ-2에서와 같이 포배기로 된다. 포배기의 유생에는 섬모가 있으며 매우 활발하게 회전을 한다. 2시간에서 3시간이 경과되면 부화된 유생은 체형이 길어지며 물의 표면으로 떠오른다. 물 위로 떠오르는 동안 배아에 함입이 생기면서 점진적으로 포배기로 변한다. 수정 후 24시간에서 28시간이 경과되면 포배가 수조의 표면에 나타난다. 다시 12시간에서 20시간이 경과하면 포배의 몸체가 점진적으로 신장되면서 아우리쿨라리아기로 접어들게 된다.

2) 아우리쿨라리아기(Auricularia stage)

18~26℃의 수온에서 아우리쿨라리아기는 6~7일 지속된다. 초기 아우리쿨라리아기 유생은 좌우대칭이며 길이는 320~600μm이다. 유생이 성장함에 따라 위

(stomach)의 크기가 커진다. 크기가 600~750 μ m에 달하게 되면 위와 인두에 접하여 있는 좌측의 강(cavity)이 자라기 시작하면서 점진적으로 반원형의 형태로 되는데 이때가 발생과정 중 중기의 아우리쿨라리아기이다. 이후 섬모들이 5쌍의 상칭인 환(circle)들로 된다. 이와 동시에 후기 아우리쿨라리아 유생으로 되면서 1차 촉수들이 생기기 시작한다. 후기 아우리쿨라리아 유생이 마치 공과 같은 모양으로 되는데 이는 돌리올라리아 유생기로 접어드는 첫 징조이다.



(출 처 : 탄해수산자원연구소 자료)

그림 Ⅲ-30. 해삼(*Apostichopus japonicus*)의 발생과정.

1. 수정란 2. 초기 아우리쿨라리아; 3. 중기 아우리쿨라리아; 4. 후기 아우리쿨라리아;
5. 초기 돌리올라리아; 6. 돌리올라리아; 7. 초기 펜탁툴라; 8. 펜탁툴라 (bar=100 μ m)

표 Ⅲ-2. 해삼의 발생단계(수온범위: 21.5~23.0℃)

발생 단계	각 발생단계별 시간			
	중국사례1	중국사례2	일본사례	일 본
제1극체	15 ~ 20 분		43 ~ 48분	
제2극체	45 분		48 ~ 53분	30분
2-세포기	1시간50분	1시간 10-20분	1 시간 3-30분	
4-세포기	2시간15분	1시간 58분 ~ 2시간 15분	1시간30분 ~ 2시간 15분	
8-세포기	2시간41분	1 시간58분 ~ 2시간 15분		
16-세포기	3시간 3분	2시간 30분 ~ 2시간 50분		
32-세포기	3시간 25분	2시간 53분		
64-세포기	3시간 50분	3시간 24분		
128-세포기	4시간 10분	3시간 40분		
포배기	7시간 5분	10~12시간	3시간40분 ~ 5시간 40분	11시간
낭배기	28시간 35분	24~26시간	17~20시간	24시간
초기아우리쿨라리아	40 ~ 48시간	46~48시간	25시간20분 ~ 31시간	45 ~ 46시간
중기아우리쿨라리아	4 ~ 5일	5 ~ 7일		4 ~ 5일
후기아우리쿨라리아	6 ~ 7일	7 ~ 10일		11 ~ 13일
돌리올라리아	8 ~ 9일	10 ~ 16일	5 ~ 7일	13 ~ 15일
펙타쿨라	10 ~ 11일	13 ~ 17일	9일	15 ~ 17일
어린해삼	11 ~ 13일	13 ~ 17일	13일	15 ~ 23일
어린해삼 (2~4 관측)	30일			

3) 돌리올라리아기(Doliolaria stage)

아우리쿨라리아 후기의 유생이 수축하게 되면서 5개의 지방구가 연결되는 반면 촉수들은 커지면서 몸체의 중앙부위로 옮겨간다. 본 단계의 유생은 아직도 수중에서 유영을 하고 있는데 표층과 바닥 사이를 왔다 갔다 한다. 바로 이때 이들이 부착할 수 있는 합판을 넣어 주어야 한다.

돌리올라리아, 펜탁톨라 유생기는 일반적으로 1일 내지 2일간 지속되는데 본 유생기의 마지막 단계에서는 5개의 촉수가 몸체에 밖으로 나온다. 이때 유생은 바닥에서 기어 다니는데 이러한 행동은 1일 내지 2일간 지속된다. 유생의 몸체의 표면에 나 있는 섬모들의 수는 점진적으로 그 수가 줄어들며 x-모양의 골침(ossicle)들이 점진적으로 나타나기 시작한다. 몸체는 둥글게 되고 첫 관과 같은 발이 몸체의 좌측 후단에 나타난다. 발이 나타남은 바로 어린해삼의 바로 전 단계이다.

(나) 해삼 성장 단계

1) 어린해삼(Juvenile sea cucumber)

어린해삼이 되면서 가장 큰 변화는 마치 관과 같은 발이 나타나는데 이에 의하여 기질에 부착할 수 있으며 먹이를 찾아 먹을 수 있다. 장, 입 및 유두(papillae)을 뚜렷하게 볼 수 있다. 여기서부터 수개월간 성장하면 크기가 1cm로 자라면서 성체와 같은 모양이 된다. 몸체의 색소에도 변화가 일어나 그림 Ⅲ-31에서와 같이 투명한 흰색에서 적색, 회색 또는 옅은 초록색으로 변한다. 이때부터는 어린해삼이라 부른다.

2) 어린해삼 및 어미해삼

어린해삼과 어미해삼은 형태학적으로 거의 차이점이 없다. 부화시설에서 수온이 23℃를 유지하면 어린해삼의 움직임과 섭식활동이 현저하게 저하된다. 상기와 같이 수온이 상승하면 어린해삼들은 수조의 표층에서 바닥으로 이동한다. 따라서 성장이 왕성하며 민감한 이러한 시기를 잘 넘기기 위해서는 최적의 수온을 유지하여 주는 것이 매우 중요하다.

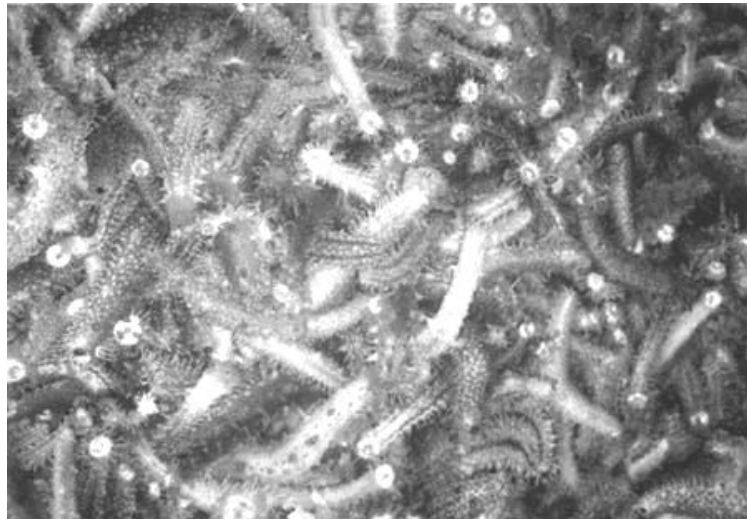


그림 Ⅲ-31. 종묘용 어린해삼

(4) 종묘생산 시설 및 환경

(가) 시설

중국 북부에 있는 대형 해삼 배양장들은 일반적으로 다음과 같은 시설을 갖추고 있다(그림 Ⅲ-32).

- 유생을 사육하는 수조의 총 면적은 2,600m²이며 이에는 10~20m² 용량의 소형 수조들이 있으며 수심은 1.4m이다.
- 어린해삼을 사육하는 총 면적은 4,000m²이며 이에는 30m² 용량의 수조들이 있으며 이들 수조의 수심은 1.7m이다.
- 식물플랑크톤 배양 배양시설의 총 용량은 500m²이다
- 여과시설 4개의 여과수조의 여과 용량은 200ton/hr 이다.
- 사육수 공급용량은 각각 200ton/hr이다.

부화장에는 양질의 사육수 공급 체계 및 배수체계와 아울러 필요시 가온 시설도 갖추고 있다. 어린해삼의 부착에 사용되는 파판은 그림 Ⅲ-33과 같다. 금속제 또는 플라스틱 틀의 테두리에 크기가 가로 50cm×세로 50cm인 폴리에틸렌 합판을 5~10장을 장착하여 1조로 하였다.



그림 Ⅲ-32. Liaoning 성 다렌 인근의 해삼 배양장 : 어린해삼 사육수조

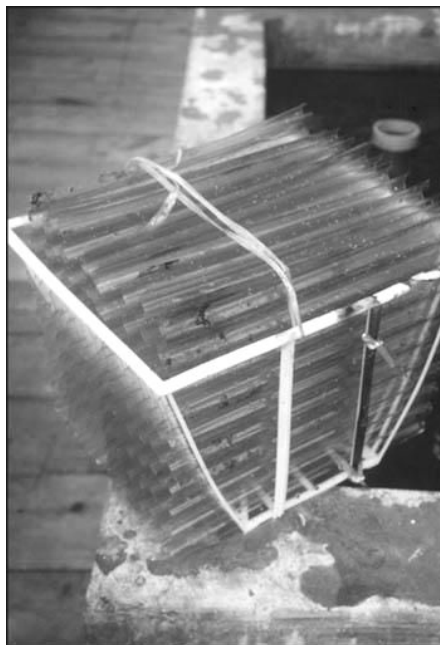


그림 Ⅲ-33. 사육용 파판

(나) 사육환경조건

어린해삼은 수온 10~26℃의 넓은 범위에서 생존 할 수 있으나 최적 수온은 23~25℃이다. 최적 염분은 31.6psu이나 26~33psu에도 생존할 수 있다. 최적 수소이온농도(pH)는 7.8이나 7.5~8.2 범위 내에서는 큰 지장은 없다. 용존산소량은 5 mg/L 이상을 유지하여 주어야 한다.

해삼은 다른 해삼류에 비하여 변화하는 환경요인에 잘 견디어 내는 것으로 사료된다. 그러나 유생단계에서는 매우 민감하며 환경요인의 변화에 견디어 내는 힘이 매우 약하다.

(5) 산란용 어미해삼(일반종묘)의 수집과 관리/산란

(가) 산란용 어미해삼 구입

대련지역에서는 산란용 어미해삼을 6월부터 7월 사이에 수집한다. 본 수집기간의 수온은 15~17℃이다. 먼저 몇 개체를 해부하여 생식소의 성숙여부를 점검한다. 체중이 300g이며 체장이 20cm 이상인 개체들을 산란용으로 사용한다.

산란용 어미해삼을 수집하고 운반하는 데는 상당한 주의를 하여야 한다. 수집 및 운반 시 반듯이 유의하여야 할 사항들로서는

- 개체별로 선택하여 수집하여야 한다.
- 선택된 개체는 예를 들어 배에서 기름성분과 접촉하거나 기름성분이 있는 용수가 아닌 청결한 용수에 보관하여야 한다.
- 수집된 개체가 높은 온도에 노출되지 않게 하여야 함과 아울러 운송 중 충격이 없도록 하여야 한다.
- 산란용 어미의 손상을 방지하기 위하여 동시에 여러 마리를 한 번에 수집하지 않아야 하며 아울러 패류 등과 같은 동물체가 없도록 각별히 주의하여야 한다.

(나) 산란용 어미해삼 관리

수집 후 산란용 어미해삼은 주변의 온도와 동일한 온도의 수조에 보관하여야 한다. 보관 전 수조를 잘 청소하여야 하며, 2~3일간 30마리/m³의 밀도로 보관하여야 하며, 사료는 주지 않아야 한다. 수조에서 2~3일 경과되면 매일 수온을 1℃씩 올려 19℃가 되게 한다. 다시 7~10일이 경과된 후에는 인위적으로 산란을 유발하여야 한다. 본 기간 동안의 수질은 양질의 수질이어야 하며 환수의 필요성이 있으면 빠르게 환수조치 하여야 한다.

(다) 산란유발

수온을 19℃로 상승시켰을 때부터는 해삼의 활동상황을 면밀히 관찰하고 있어야 하는데 특히 야간에는 더욱 더 주의하여 관찰하여야 한다. 수조의 바닥에 난모세포들이 있는지를 관찰하여야 하는데 난모세포가 나타나면 배우체가 대량으로 방출되었음을 의미하기 때문이다. 산란을 유발하는 방법에는 다음과 같이 2가지 방법이 있다.

- 해삼을 그늘에서 말린 후 이어서 빠른 물살에 노출시키는 방법
- 수온을 올리거나 내리는 온도 충격방법

산란은 일반적으로 21:00~02:00에 일어난다. 산란 장소에는 소음이 없어야 하며 어두운 상태를 유지해주어야 한다. 수컷이 먼저 방정을 하는데 이에 유도되어 암컷이 방란을 한다. 이때 수컷의 개체수를 줄여주어야 하는데 아주 건강한 몇 마리의 수컷만 남아 있게 하여야 한다. 산란에 이어 수조 용수를 배수시키고 모든 해삼을 수거하여야 한다. 난들을 조심스럽게 세척을 하여 준 후 22℃인 깨끗한 용수를 다시 채워 넣어야 한다.

(6) 부화기술 및 유생의 선별

수조의 깨끗한 용수를 매 30분마다 한번 씩 약하게 휘저어 주어야 하는데 이때 소용돌이가 일어나지 않게 하여야 한다. 부화의 성공률은 90%에 달할 수도 있다. 아우리쿨라리아 유생에서 관과 같은 발이 생기기 전이나 바로 이후에 유생

을 선별하여야 한다. 선별을 시작하기 1시간 전에 아우리쿨라리아 유생들이 수조 표면으로 스스로 떠오르게 하기 위하여 휘저어 주는 것을 중지 하여야 한다. 기형인 유생들은 유영능력이 없어 수조의 바닥에 가라 앉는다. 표층에 떠오른 유생들만을 미세한 망을 이용하여 수거를 한다. 수거된 건강한 유생들을 새 수조에 밀도를 300개체/L로 하여 넣는다.

(가) 유생 사육

1) 먹이 급이

아우리쿨라리아 유생에 입이 나타난 후에는 즉각적으로 먹이 급이를 시작하여야 한다. 아우리쿨라리아의 성장 초기의 먹이량은 미세조류를 5,000~10,000cells/ml의 비율로 먹여야 한다. 중간단계에서는 먹이량을 20,000cells/ml로 증가시켜야 한다. 유생의 위에 미세조류의 존재여부를 관찰하여 먹이량을 결정하여야 한다. 주 먹이는 *Dunaliella*이며 일반적으로 규조류 *Chaetoceros* spp.를 섞여 먹이기도 한다. 상기 미세조류를 섞여 급이할 경우에는 비율을 4:1로 하는 것이 좋다. 먹이를 줄 때는 최적의 수질을 유지하기 위하여 적은 양을 자주 주도록 한다.

2) 환 수

아우리쿨라리아는 정수상태에서 사육되어야 한다. 사육수는 수조가 만수위가 될 때까지 매일 20cm의 비율로 넣어 주어야 한다. 사육수조가 추가로 넣어 주는 사육수에 의하여 전부 채워질 때 까지는 3일이 걸린다. 일단 사육수조가 전부 채워지면 1/3 내지 1/2의 용수를 사이펀을 이용하여 환수시켜야 한다. 유생이 성장함에 따라 환수율을 높여 주어야 한다. 환수시 유생이 상처를 입거나 손실되지 않게 조심스럽게 하여야 한다.

3) 사육환경 관리

아우리쿨라리아 유생의 양육기간 동안에는 모든 물리 및 화학적인 요인들을 조절해 주어야 한다. 일반적으로 수소이온농도와 염분은 유생이 견뎌 낼 수 있는 범위 내로 조절하여 주어야 한다. 용수를 휘저어 주거나 새 용수 주입으로 용존

산소량이 조절될 것이며 수온은 23℃를 반드시 유지시키도록 한다. 만약 자연해수를 이용하여 유생을 사육한다면 계절의 변화에 따라 점진적으로 수온이 상승할 것이다. 이때에는 적정 수온범위로 반듯이 수온을 조절하여 주어야 한다.

4) 질병 및 해충의 통제

유생사육 기간 중 주 해충은 요각류(copepod)이나 적절한 환수조치나 또는 필요 시 약제(적벽충)를 이용하면 통제가 가능하다. 유생의 발생률이 둔화되면 이를 질병의 증상으로 간주하여도 되며 특히 후기 아우리쿨라리아 유생에서는 “위 부패(rotten stomach)” 병이 나타나기도 한다. 이러한 위 부패병은 먹이의 부족이나 유생의 밀도가 적절치 못하였을 때 나타난다. 양질의 사료를 먹이며 유생의 밀도를 낮추면 본 질병발생을 최소화 할 수 있다.

5) 유생의 부착

발생기간이 7일에서 10일 경과된 후에는 유생에 5개의 지방구(lipid sphere)가 유생의 몸체 양쪽에 나타나며 수강(hydrocoel)이 나타나기 시작한다. 이때 아우리쿨라리아 유생은 돌리올라리아 유생으로 변한다. 이때에는 부착기질 즉 파판을 사육수조에 넣어 주어야 한다. 파판에 부착하는 유생의 밀도는 2개체/cm²가 이상 적이다.

(7) 어린해삼 사육

특히 어린해삼의 사육은 매우 중요하며 높은 생존율을 위하여 조심하여야 한다.

(가) 환 수

사육수조에는 용수의 취수 및 배수 장치를 설치하여야 한다. 용수 중 먹이 공급이 많고 수온이 높을 경우 요각류나 박테리아 등과 같은 해적 생물 및 해충들이 번성하게 될 것이다. 수조의 용수는 일 200%을 환수시켜 깨끗한 상태를 유지해야 한다.

(나) 먹 이

유생의 생존율은 먹이의 질과 양에 따라 결정된다. 불충분한 먹이양은 유생의 성장률을 저하시킬 뿐만 아니라 수조의 전 유생을 폐사시킬 수도 있다. 반면 과다한 먹이양은 수조의 수질을 심각하게 오염시키기 때문에 주의하도록 한다. 초기발생단계에서는 지충이(*Sargassum thunbergii*)을 분쇄한 가루와 더불어 규조류를 주 먹이로 사용한다. 유생 후반기에는 지충이 분말이 주 먹이가 되며 인공배합사료를 보조로 사용한다. 지충이 분말을 급이할 경우에는 어린해삼이 먹을 수 있는 크기로 갈아 먹여야 한다. 여기에 1~5ppm의 이스트를 첨가하기도 한다. 해삼을 양육할 때에는 단일 먹이보다는 혼합 먹이를 주는 것이 더 좋다.

(다) 어린해삼 선별

어린해삼의 성장률은 개체별로 크기 차이가 많이 나며 크기 별로 선별하는 것이 중요하다. 다양한 망목의 선별기를 사용하면 용이하게 선별할 수 있다. 선별 시 어린해삼에 상처가 생기거나 폐사가 발생하지 않도록 각별히 주의를 하여야 한다.

(라) 질병 및 해충의 예방과 처리

어린해삼에는 여러 질병이 있는데 때로는 몸체에 종양이 생기기도 한다. 질병 이외에도 요각류와 같은 해충에 의한 피해도 있는데 이들은 수조에서 먹이를 위한 경쟁을 하기도 한다. 박테리아는 체조직을 부패시키나 아직도 병원균 및 이들의 작용기작은 명확하게 규명되지 않았다. 박테리아 경우 일반적으로 항생제를 1~3ppm으로 하여 처리하면 치료 및 예방이 가능하다. 또한 요각류와 사촌인 하르팍티코이다(Harpacticoida, 요각류의 일종)의 수가 많아지면 어린해삼에 피해를 입힌다. 이들 작은 해충들은 트리클로로폰 제제와 같은 살충제를 1~2ppm으로 하여 8~12시간 처리하고 이어서 완전 환수를 하면 제거할 수 있다.

(8) 양식기술

중국 북부지역에서 해삼(*Apostichopus japonicus*)은 일반적으로 주로 흙으로 만

든 호지에서 조방식 또는 반집약식으로 양식된다. 뗏목식 가두리 양식도 수행되고 있기는 하나 별로 인기가 없다.

(가) 조방식 호지 양식

저렴함 투자비, 호지 관리의 용이성 그리고 팔목할 만한 수익성 등에 의하여 해삼양식은 빠른 속도로 확장되었다. 해삼양식은 질병에 의하여 유희상태의 새우 양식장을 사용하거나 또는 새로운 호지를 만들어 양식하고 있다. 입식하는 어린 해삼의 크기에 따라 다소 상이하기는 하나 입식 밀도는 30~100마리/m²이다. 폐기된 새우 양식장을 이용하는 경우 취수 용수 중에 먹이 물질과 사료가 풍부하기 때문에 추가사료를 거의 사용하지 않는다. 호지의 바닥에 해삼의 도피처와 먹이 물질이 생기게 하는 돌을 넣고 낮은 용존산소량을 보충하기 위하여 수차를 설치하여 운영한다. 이러한 양식상황에서 어린해삼은 자연상태보다 성장률이 1~1.5배가 더 빠르다. 적절한 취수 조치를 취한다면 병원균이나 기타 해적 미생물들을 적절하게 통제할 수 있다.

(나) 뗏목식 양식방법

목재로 만든 뗏목은 조석과 강한 바람의 영향이 비교적 적거나 없는 해역에 설치한다. 해삼을 넣은 케이지(cage)를 뗏목의 바로 아래에 매달아 놓거나 또는 바닥에 닿게 매달아 놓는다. 양식기간 중 지충이(*Sargassum* sp.)나 기타 거대 조류를 먹인다. 본 양식방법은 투자비가 많이 들어 별로 호응을 받지 못하고 있다.

(다) 집약식 양식

집약식 양식방법은 최근에 개발되었다. 돌이나 지붕용 타일 등과 같은 적절한 기질을 다량으로 설치하면 어린해삼들의 서식지의 면적 증대와 포식동물로부터 보호처를 제공한다. 여름철 높은 수온은 성장률과 섭식율을 둔화시키기 때문에 여름철에는 용수의 수온을 인위적으로 하강시키거나 또는 지하해수를 펌핑하여 사용하기도 한다. 이와 같이 호지 시설에는 많은 투자비가 소요되어 본 집약식인 양식방법은 재정적으로 튼튼한 회사들이 주로 수행하고 있다.

(라) 바다에서 양식적지 선정

바다에서의 적지는 대형 조류들이 풍부하며 펄 또는 모래로 된 바닥에 암초들이 많은 해역이다. 이러한 지역은 조석조류나 강한 바람으로부터 보호되는 곳이 선호된다.

(마) 입식방법

바다에 직접 입식 시킬 때는 체장이 1cm 이상인 어린해삼을 이용한다. 입식 시키는 어린해삼의 크기가 클수록 비례적으로 생존율은 증가한다. 어린해삼을 입식 시킬 때는 망목이 0.25~0.5cm 인 그물주머니에 넣어 입식한다. 어린해삼이 들어 있는 그물주머니를 잠수부가 기존의 돌이나 인위적으로 설치한 기질 근처의 바닥에 놓는다. 그물주머니를 풀어 놓으면 어린해삼들이 새로운 서식처를 찾아 이동한다. 크기가 5cm 이상인 개체들은 바다에서 직접 방류한다.

(바) 수 확

일반적으로 입식 2년이 경과되면 해삼들은 상업적인 크기로 자라며 수확을 할 수 있다. 주로 4월 중순에서 6월 중순까지의 봄철과 10월에서 11월인 가을철에 수확을 한다(그림 Ⅲ-34).

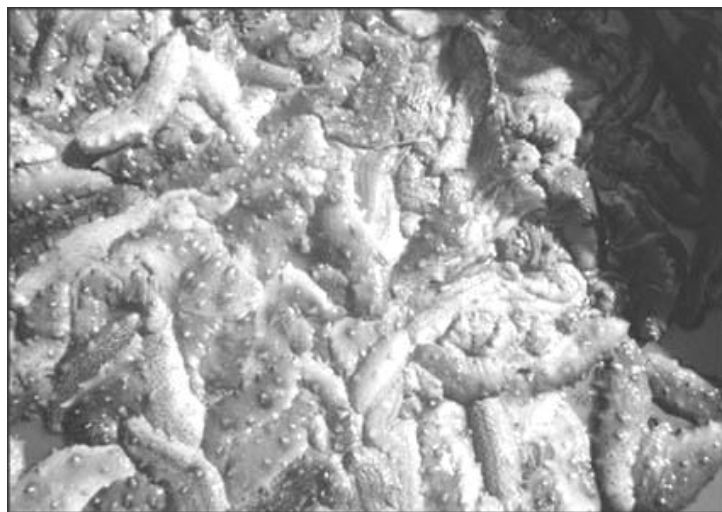


그림 Ⅲ-34. 중국 다렌의 연안에서 수확한 해삼

(사) 방류 양식의 장점과 단점

방류 양식은 자연환경을 활용하는 장점이 있으며 본 방법은 생태학적인 견지에서도 용납되기 때문에 더욱 더 개발할 가치가 있다. 그러나 계절적인 문제점과 산업 활동과 관련된 연안자원의 타 용도 사용의 문제점 때문에 모든 조건이 합치되는 한정된 해역에서만 수행 될 수 있는 단점이 있다.

나. 일본 종묘생산 방법

일본에서 종묘생산 주요 대상으로 하는 해삼은 청해삼(*Apostichopus japonicus*)이다. 1959년 최초로 인공종묘생산을 시도하였으며, 1990년까지 주로 2mm이하 크기의 종묘가 생산되었으며 그 이후로는 20mm 이하의 좀 더 큰 종묘가 생산되었다. 생산량은 연 약 500만마리 정도이다(그림 Ⅲ-35).

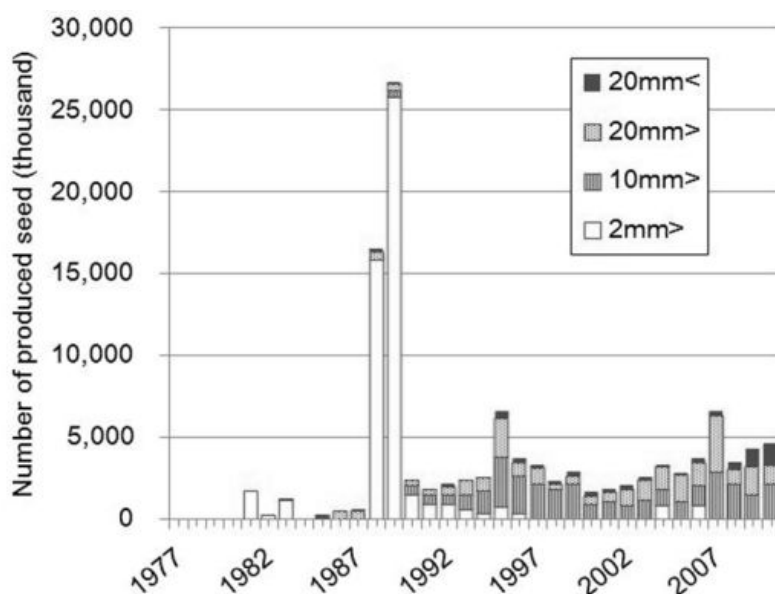


그림 Ⅲ-35. 일본 해삼종묘 생산 변동

일본에서 해삼 종묘 생산 공정은 어미해삼 채집 확보 및 관리, 산란 유발 및 수정, 부화, 유생관리 및 먹이생물 배양 공급, 채묘, 어린해삼 관리 및 배합사료 급이 순으로 일반적으로 중국, 한국 기술과 공정은 같다. 그러나 일본에서는 보

통 20mm 크기까지 종묘를 키워 씨뿌림 양식 등에 사용하며, 각 공정에서 기술은 큰 차이를 보이고 있다(그림 Ⅲ-36).

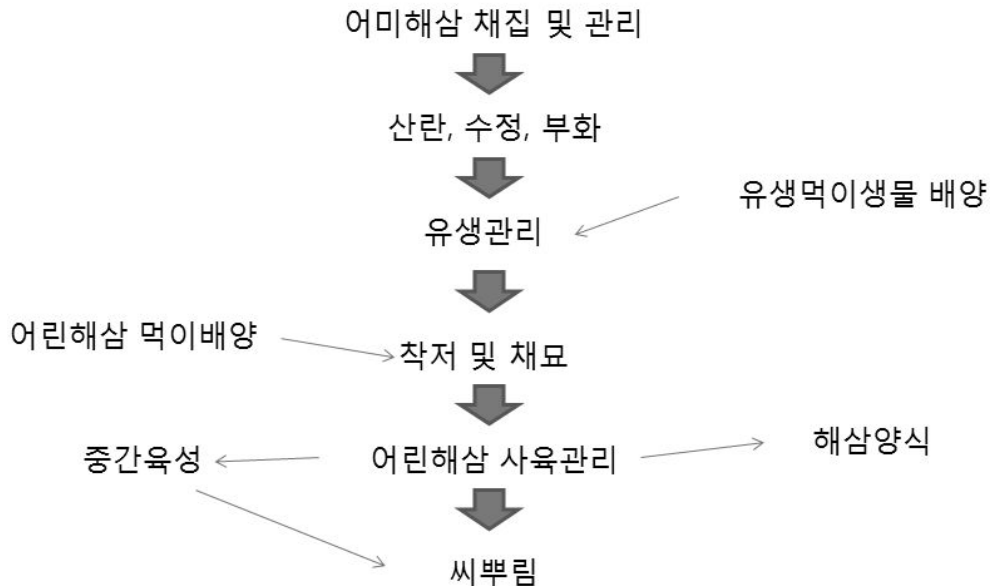
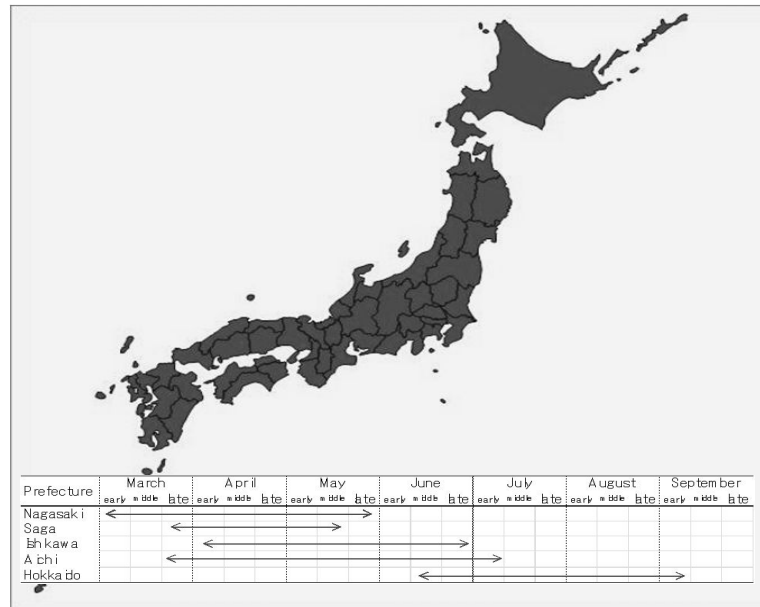


그림 Ⅲ-36. 일본 해삼 종묘생산 공정

(1) 어미해삼 채취 및 관리

일본은 해삼 종묘생산에 있어 조기종묘생산이 이미 도입 되어 있다. 홋카이도에서는 자연 산란이 6월에서 8월 사이인데 어미해삼의 인위적 성성숙 관리를 통해 4월에 종묘생산이 가능해 졌다(그림 Ⅲ-37). 종다양성을 확보하기 위하여 매년 새로운 어미해삼을 확보하여 종묘생산에 사용한다. 어미해삼 채집 시기는 매년 10월 정도로(홋카이도 기준), 이 시기는 하면을 끝낸 해삼의 소화관이 다시 활성화되는 시기로 어미해삼 채취 및 관리가 시작되는 시기이다. 어미해삼을 인위적으로 성성숙 시키기 위해서는 하루에 2℃씩 가온을 하여 18℃로 맞추어 적산수온이 1,800℃가 될 때 까지 어미해삼 관리를 한다. 산란 응답률은 1,800~2,000℃가 가장 좋으며, 3,000℃가 넘어서는 산란을 하지 않는다(그림 Ⅲ-38). 어미해삼 관리는 2m³ 수조에 50~100개체 정도 수용하며 2일에 한번 꼴로 환수한다. 먹이는 총체중의 10%로 미역을 공급하고, 50마리 기준 시 이틀에 한번

*Undaria*와 *Ascophylum* 분말 20g을 급이한다. 사육수 환수율은 성숙도에 따라서 조절한다. 일부 파판에 붙은 저서 규조류를 보충하여 주기도 하고, 피부의 괴사를 막기 위하여 수조 바닥에 모래나 자갈을 깔아 주기도 한다.



출처 : 해삼산업 활성화를 위한 국제 심포지움(진도군 등, 2012)

그림 Ⅲ-37. 일본 해삼 산란 시기

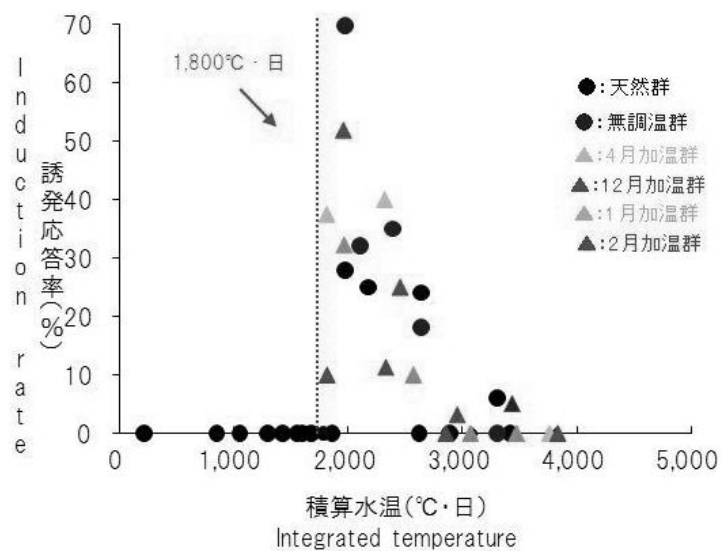


그림 Ⅲ-38. 일본 어미해삼 적산수온에 따른 산란율

(2) 산 란

일본에서는 해삼 산란은 수온자극에 의해 실시한다. 15리터 수조에 해삼을 한 마리씩 수용한 후 5℃ 가온하여 수온자극으로 산란을 유발 한다(그림 Ⅲ-39). 성숙된 개체는 자극 후 0.5~1.5시간 후에 산란을 시작한다(그림 Ⅲ-40). 새로운 방식으로 호르몬 자극을 주기도 한다. 이때 사용하는 호르몬은 CUBIFRIN이다. 수정을 위해서 정액을 첨가하여 난과 수정이 이루어지도록 하며, 수정 후에는 얇은 트레이에 담겨져 있는 45 μ m sieve에 수정된 난을 옮겨 세척하여 다중수정을 막도록 한다.



그림 Ⅲ-39. 어미해삼 산란을 위한 수조

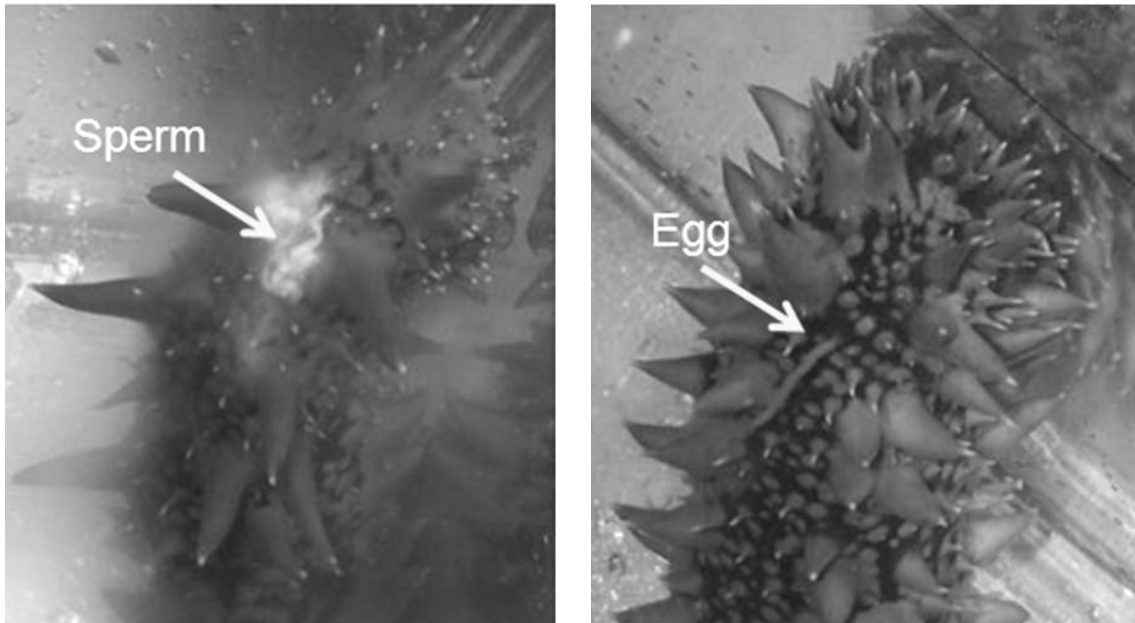


그림 Ⅲ-40. 해삼 산란

(3) 부유유생 관리

산란, 수정 및 부화 후 아우리쿨라리아 유생으로 변태하고, 돌리올라리아를 거쳐 펜탁툴라로 변태한 후 착저한다. 부유유생 사육을 위해 먹이생물을 공급하는데 일본은 단일종을 사용하며, 규조류 *Chaetoceros gracilis* 이다(그림 Ⅲ-41).

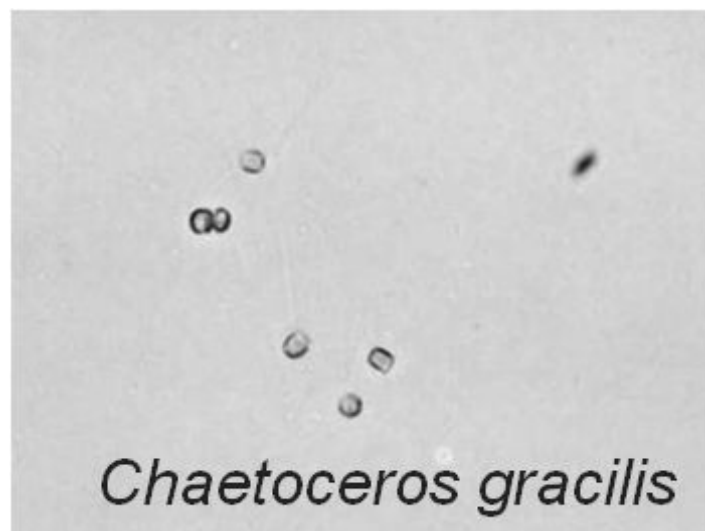


그림 Ⅲ-41. 일본 해삼 유생 먹이생물

먹이생물은 매일 10,000cells/ind.로 공급한다. 부유유생 관리는 보통 200L 수조를 사용한다. 부유유생 밀도는 1~2개체/ml를 유지하고 환수는 하지 않는다. 일본 해삼 부유유생 관리의 특이점인데 폭기로만 유생사육 환경을 조절한다. 폭기를 2L/min 수준을 유지하면서 유생의 침강을 막고 먹이생물을 공급하면서 수질을 유지할 수 있도록 하는 방법이다(그림 Ⅲ-42).

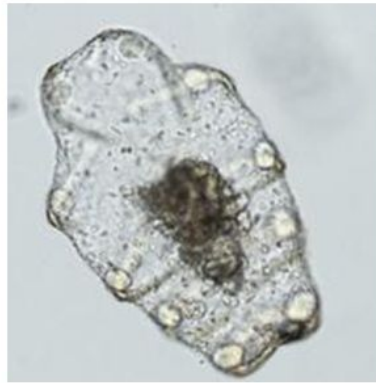
성장한 아우리쿨라리아 유생은 최대 약 1mm까지 크기가 성장하고 돌리올라리아기에는 0.4~0.5mm로 줄어든다. 돌리올라리아기 하루가 지나면 펜탁톨라로 변태하고 착저하기 시작한다(그림 Ⅲ-43).



그림 Ⅲ-42. 해삼 유생관리



Auricularia larvae



Doriolaria larvae



Pentactula larvae

그림 Ⅲ-43. 해삼 부유유생 변태 과정

(4) 채묘 및 어린해삼 관리

채묘를 위해서는 7.5m³ 수조와 먹이생물이 부착된 채묘기를 준비한다(그림 Ⅲ-44).

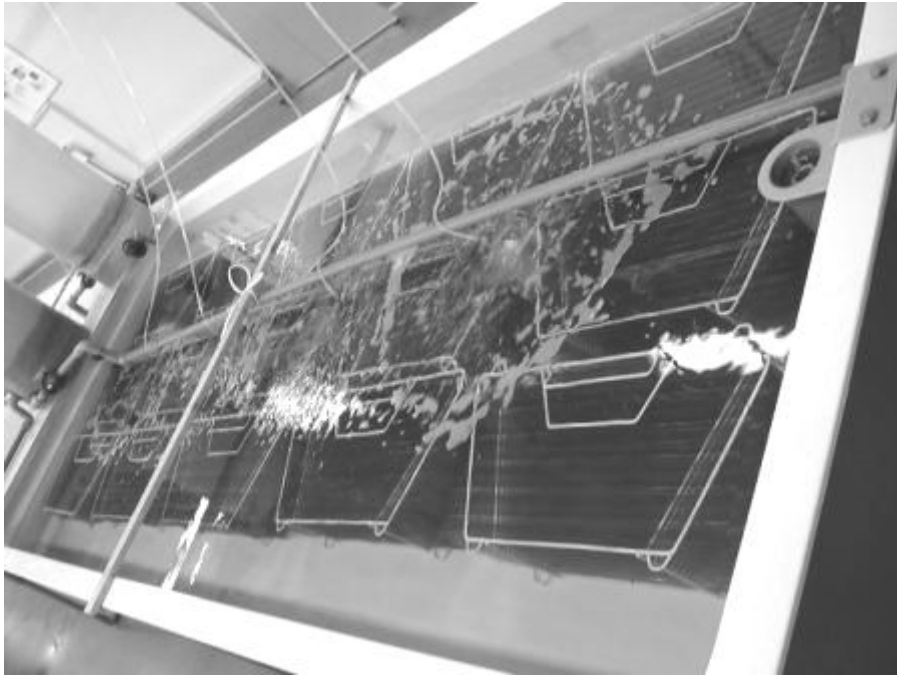


그림 Ⅲ-44. 해삼 채묘 시설

채묘는 골파판과 1mm 메쉬 크기를 가지는 폴리에틸렌 스크린 망을 사용한다. 이러한 채묘기에는 규조류가 피어 있으며, 7.5m³ 수조에 850개 정도 골파판 세트가 들어가며, 어린해삼은 50만개 정도 수용가능하다(그림 Ⅲ-45). 대부분 유생이 착저하는 시기까지는 환수를 하지 않는다. 착저가 완료되면 수조 내에서 5~10mm까지 성장시키며 환수는 일일 1~7회전 정도 한다. 수조 중앙에 폭기를 하여 사육수의 혼합이 잘 되도록 한다.

규조류 외에도 어린해삼 관리를 위하여 *Undaria*와 *Ascophylum* 분말로 만들어진 상용상품인 LIVIC-BW를 급이한다. 보통 한 달 정도 2mm 정도 성장하는 것으로 보고되고 있다(그림 Ⅲ-46). 급이조건은 표 Ⅲ-3과 같다.

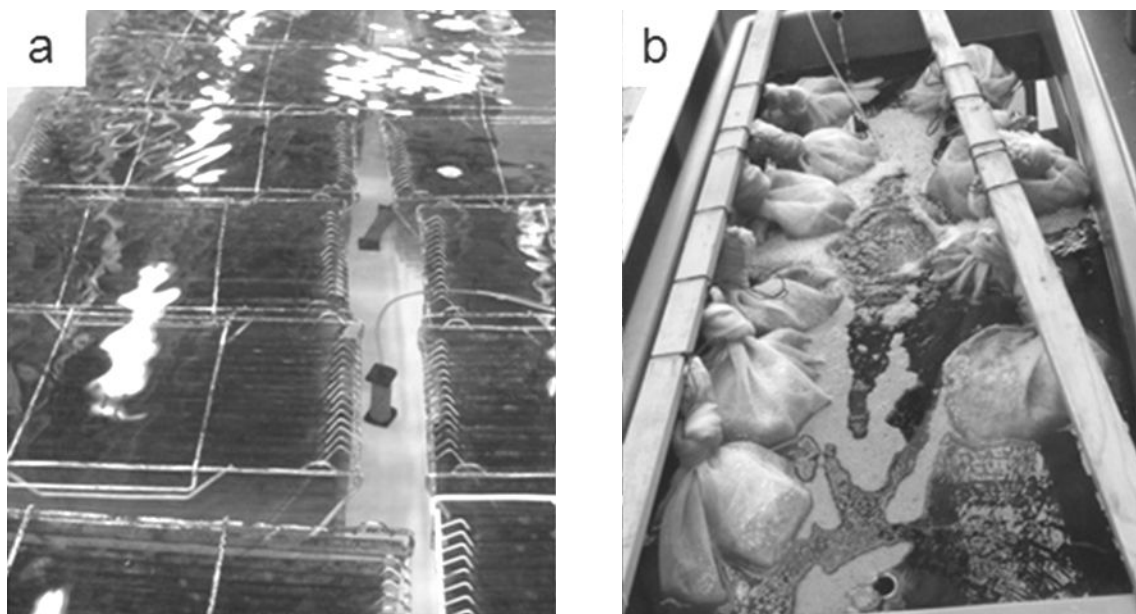


그림 Ⅲ-45. 일본 해삼 종묘생산 채묘기 및 관리

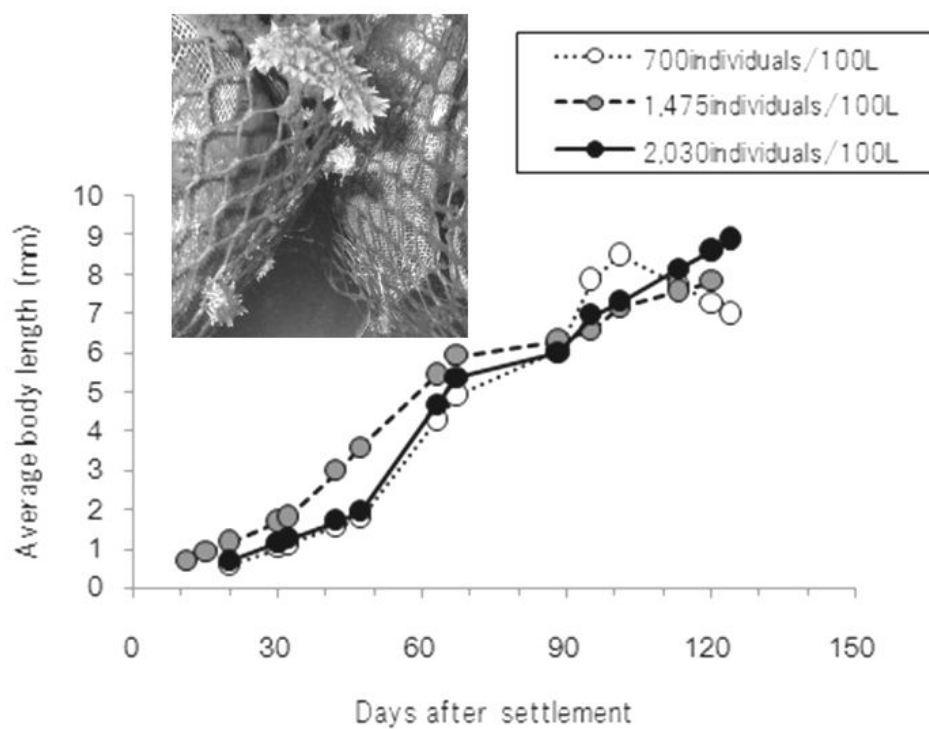


그림 Ⅲ-46. LIVIC-BW 급이에 따른 어린해삼 성장

표 Ⅲ-3. 어린해삼 관리기간 동안 LIVIC-BW 급이 조건

부화후 경과일수	〈30일	〈60일	〈90일	〈120일
평균체장	〈2mm	〈4mm	〈6mm	〈8mm
개체당 일일급이량 (mg)	0.04	0.04	0.08	0.16

(5) 요각류 구제

일본에서도 해삼 종묘생산에 있어 요각류 대량 발생은 안정적인 종묘생산에 걸림돌로 작용한다. 과거에는 트리클로로폰 제제를 1~2ppm으로 사용하였으나 2006년 이후 사용이 금지 되었다. 따라서 친환경적인 요각류 구제방법을 필요로 하게 되었으며 이에 대한 해결책으로 고염분 마취기술을 개발하였다. 즉, 약 50psu 정도의 소금물을 준비하여 이곳에 채묘기를 침지시키면 요각류가 마취되어 떨어지게 되고 요각류가 제거된 채묘기를 깨끗한 여과해수에 옮기는 방식이다(그림 Ⅲ-47).

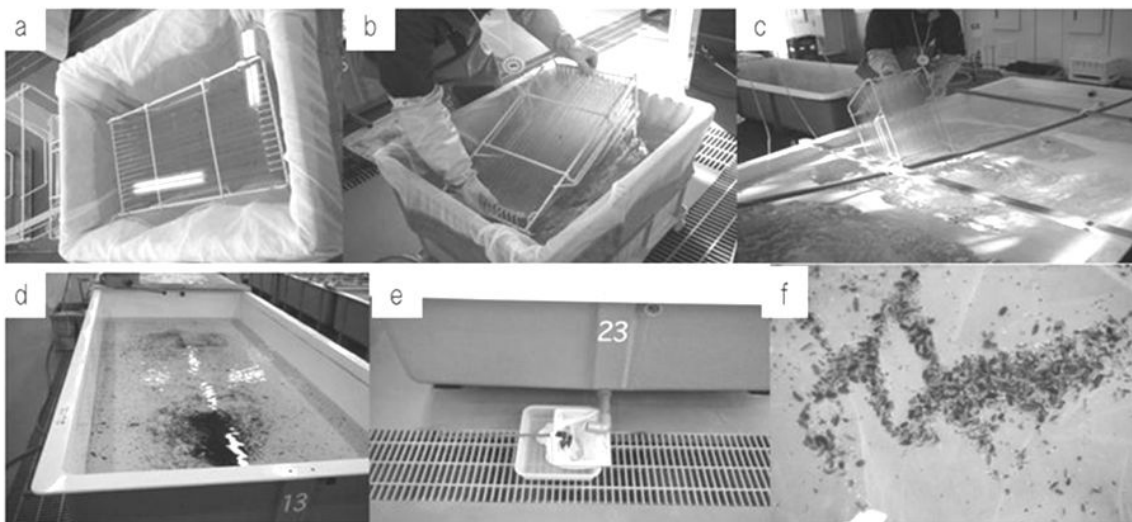


그림 Ⅲ-47. 요각류 구제 방법.

(a) 50psu 소금물에 침지 (b) 채묘기를 흔들어 요각류 탈락 (c) 새롭게 준비된 수조에 채묘기 이동 (d) 사육수조 물 배수 (e) 어린해삼 네팅 (f) 0.5mm 네트를 이용한 어린해삼과 요각류 선별

(6) 중간육성 및 방류

일본에서는 필요에 의해 중간육성을 실시하기도 한다. 중간육성이 바다에서 이루어지면 채룡을 이용한 방식을 사용한다. 홋카이도에서 중간육성은 겨울을 거쳐 다음해 봄, 여름까지 지속되며, 생존율과 성장률은 각각 약 72~79%, 69~83 μ m/day로 알려져 있다. 일본에서 씨뿌림은 종묘가 클수록 좋다고 알려져 있다. 씨뿌림을 할 종묘는 비닐백에 넣어 현장으로 운반하며(그림 Ⅲ-48), 잠수하여 방류한다(그림 Ⅲ-49). 방류 효과에 대해서는 아직까지 정확히 규명되어 있지는 않다.

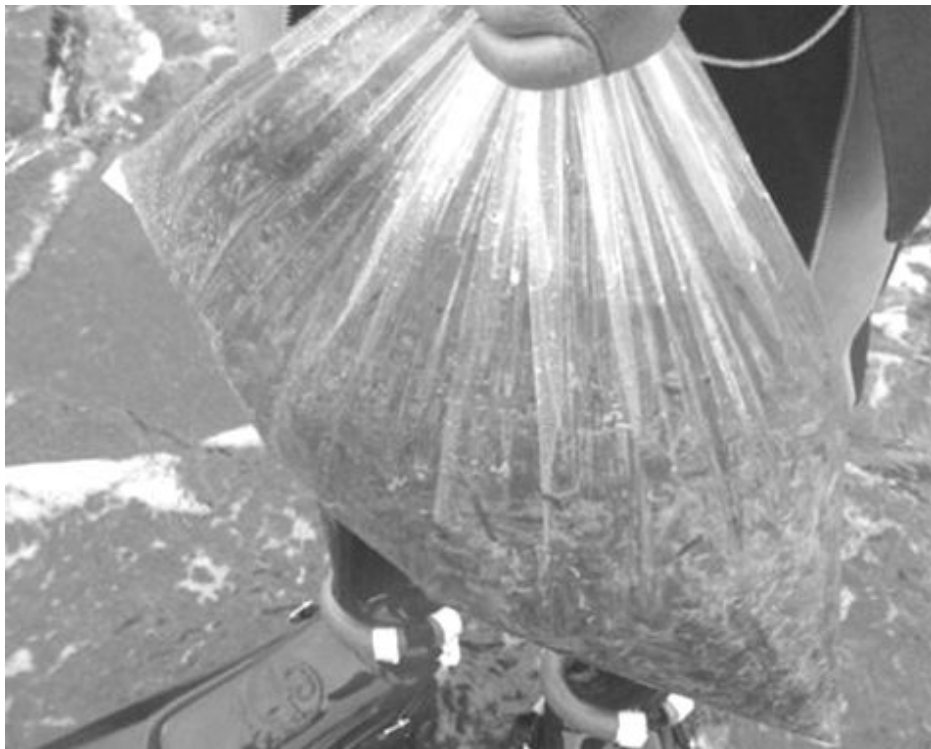


그림 Ⅲ-48. 해삼종묘 운반 비닐백



그림 Ⅲ-49. 잠수에 의한 수중 방류

IV

해삼 중간육성 기술



1. 중간종묘 관리

가. 급이방법

배합사료 급이방법은 착저유생기와 동일하다. 성장과 함께 배합사료 급이량을 증가시킨다. 착저기 때는 1톤당 일일 3~10g을 유동적으로 급이 하고 전장 1cm 내외로 성장하면 총 체중을 기준으로 섭이 상태에 따라(이는 파판이나 채묘망지의 남아 있는 먹이부산물을 보고 판단) 유동적으로 급이(보통 총체중의 3~13% 이나 상황에 따라 변할 수 있음)한다.

- 이 시기는 사료급이, 청소, 선별이 주요 관리사항이다.
- 환수는 오전부터 시작하여 오후 4시경까지 100% 이상(여건이 안 될 경우 최소 50% 이상 유지)을 매일 환수한다.
- 배합사료는 오후 4시에 환수를 중지하고 급이한다.

나. 사육관리

(1) 청 소

청소는 바닥과 파판의 상태, 질병감염 유무에 따라 시기를 조정할 수 있다. 적정 사료를 급이할 경우 15일 이상까지 유지관리 할 수 있으나 사료를 과다 투여하거나 유기물 유입이 많은 경우 5일 만에 청소를 해야 하는 경우도 있다. 청소를 자주하는 것은 노동력이 소요 되지만 좋은 환경에서 생존율과 성장률이 높기

때문에 청소를 자주해서 나뭇 일은 없다. 보통 일주일 간격으로 청소를 하고 선별은 한 달 간격으로 유지한다. 청소를 하기 위해서는 여분의 수조가 준비되어 있어야 한다. 청소방법은 선별방법과 유사하며 파판과 망지를 준비된 수조로 운반하고, 수조 내에 있는 물을 사이펀으로 빼낸 후 수조 바닥과 벽면에 남아있는 해삼을 박리하여 망지나 파판이 들어있는 수조로 옮겨주면 된다. 청소 후에는 항생제를 이용하여 약욕을 실시하며 약욕은 2ppm(역가 100% 기준)으로 6~10시간 정도 한다.

(2) 선 별

어린해삼 선별은 최하 전장이 1cm 내외인 시점에서 시작한다. 선별을 위한 해삼 포집방법은 앞에 전술한 종묘 포집방법과 같다. 성장에 뒤쳐진 개체도 같은 크기의 그룹으로 분리해주면 빠른 성장률을 나타낸다. 만약 선별을 하지 않고 계속 사육하게 되면 선두 그룹만 성장하여 개체 차이가 더욱 크게 나며 생산량이 저하된다. 파판에 부착된 어린해삼을 박리하여 선별기를 이용해 개체 그룹을 나눈다(그림 IV-1). 어린해삼이 성장함에 따라 망목의 크기가 0.7mm, 2.4mm, 5mm, 6mm, 10mm, 12mm인 선별기를 차례로 선별하여 크기별로 분류하여 수조에 수용한다. 어린해삼 선별은 최하 전장이 1cm 내외인 시점에서 시작한다. 파판에 부착된 어린해삼은 직경 2m FRP 원형수조에 파판을 수용하고 1/3HP 수증양수기에서 나오는 압력을 이용하여 파판을 세척하듯 박리시키고, 바닥 또는 벽면에 남아 있는 어린해삼은 배수구를 통해 나오는 어린해삼을 279 μ m 물러가제로 제작한 채집망을 통해 수거한다. 채묘망에 부착한 어린해삼은 수조가 만수위 상태에서 채묘망을 좌우로 흔들어 어린해삼을 박리시키고 사이펀을 이용해 사육수를 배수한 후 배수구를 통해 나오는 어린해삼을 279 μ m 물러가제로 제작한 채집망을 통해 수거한다. 선별 후에는 청소 후와 마찬가지로 항생제를 이용하여 약욕을 실시하며 약욕은 2ppm으로 6~10시간 정도 한다.



그림 IV-1. 해삼 선별 과정

(3) 사육량 기준 및 질병관리

중간종묘 양성중 수조 내에 수용기준은 1톤당 500g 이다. 이를 기준으로 유동적으로 늘릴 수 있으나 해삼 성장 여부에 따라 조절하여야 한다.

해삼이 질병감염 등으로 인한 이상 징후는 체표를 유심히 관찰하여 체색 부분이 일부분이라도 희게 변하거나 섭이량 또는 체형을 둥글게 움츠리고 활동량이 감소하면 즉시 약욕과 함께 다량의 환수를 해주거나 새로운 수조로 옮겨 주어야 한다. 일부의 개체가 질병에 감염되면 다른 개체로 빠르게 확산하기 때문에 조속한 조치를 취해야 한다. 또한 요각류가 대량 출현하면 깨끗한 사육수로 최대한 환수량을 늘려주고 기생충 구제제(트리클로로폰 제제 100% 역가 기준 1ppm, 6~10시간)를 이용하여 구제해야 한다. 또한, 중간육성 중 유령명게가 발생할 수 있다(그림 IV-2). 유령명게를 구제할 약품은 아직까지 개발되어 있지 않다. 따라서 유령명게가 발생하였을 때에는 일일이 수작업으로 제거하여야 한다(그림 IV-3).

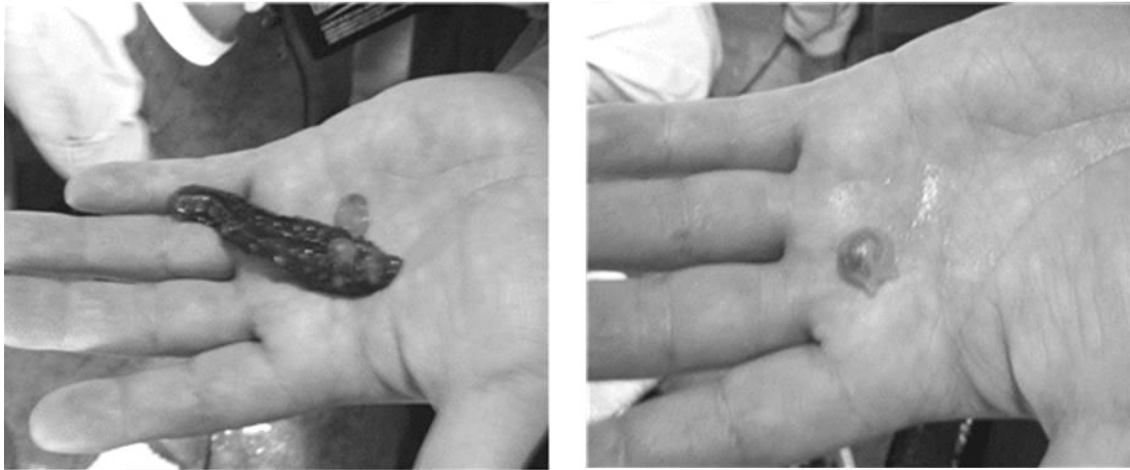


그림 IV-2. 해삼 종묘생산 및 중간육성 시 출현한 유령명게



그림 IV-3. 해삼 선별 및 유령명게 제거 작업

2. 월동 관리

중간종묘를 사육하는 과정에서 대량폐사가 발생하는 시점이 수온 하강기이다. 주로 수온 12~8℃로 하강하는 시점으로 중국에서는 월동을 시킬 경우 최저 수온을 12℃ 이상으로 관리하고 있다. 우리나라의 경우 가온비에 대한 부담이 크기 때문에 12℃ 미만으로 하강하기 전에 분양을 완료하는 것이 바람직하다고 사료된다.

3. 출 하

중간육성이 완료되면 해삼 양식을 위하여 출하를 하게 된다. 출하는 해삼종묘 출하와 같은 동일한 방법으로 수조에서 채취 후 약육을 한 후 아이스박스를 이용해 운반한다. 출하 전에는 선별된 종묘에 대해서 2일 정도 절식을 하고 출하 포장 전에 항생제를 이용하여 약육을 실시한다. 약육은 항생제 5ppm으로 30분 정도 한다. 약육이 끝나면 냉장상태를 유지하도록 아이스팩 또는 얼음을 채운 아이스박스를 준비하고, 비닐봉지에 물기를 제거한 해삼 종묘를 담아 운송하도록 한다. 아이스팩 또는 얼음에 직접 해삼이 접촉하지 않도록 그 사이에 신문지나 충진재를 이용한다.

지금까지 설명한 중간육성 과정에 대한 주요 순서를 아래 그림에 제시하였다 (그림 IV-4). 여기에 제시된 방법은 이번 연구 및 기존 연구결과를 바탕으로 작성된 것으로 해삼 중간육성에 참고로 활용된다.

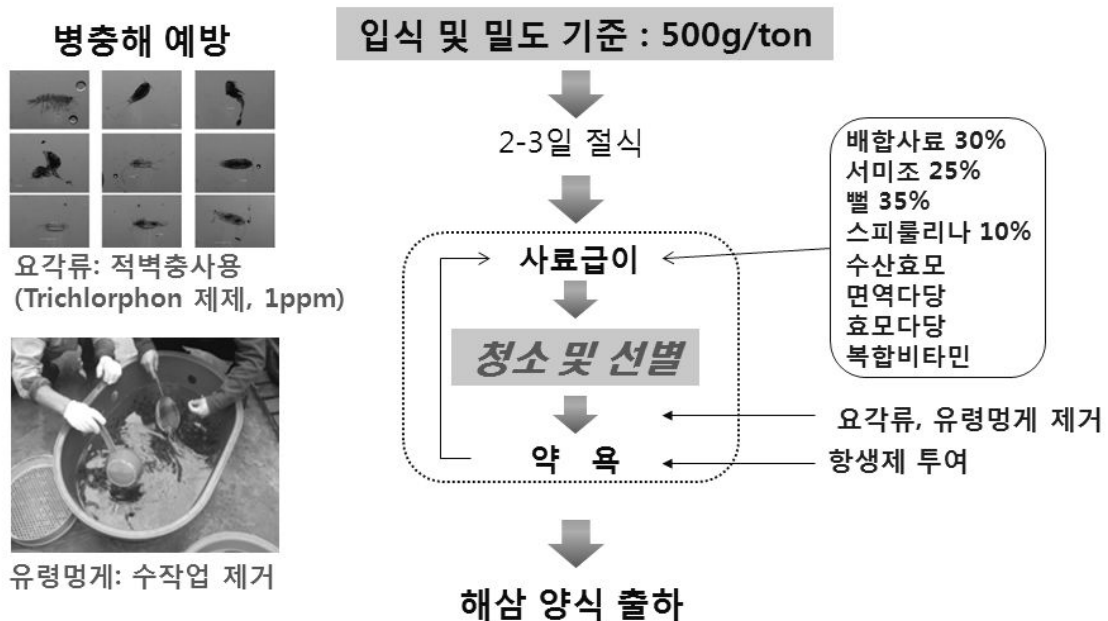


그림 IV-4. 해삼 중간육성 과정



해삼 먹이생물 배양 및 사료 제조 기술



1. 먹이생물 배양

해삼의 효율적인 종묘생산을 위해서는 적정 먹이생물의 선택과 대량배양이 가능하여야 한다. 해삼은 수정 후 어린해삼이 되기까지 약 20~30일 정도 부유생활을 거치는 동안 매일 계속해서 먹이를 공급해주어야 한다. 소요되는 먹이생물의 필요량을 확보하기 위해서는 예비 배양을 포함하여 유생사육 개시 약 1개월 전부터 배양을 시작하여 유생사육에 충분히 공급할 수 있는 먹이량을 확보하여야만 한다. 만약 생먹이생물의 확보가 어렵다면 종묘생산과 관련하여 이를 대체할 수 있는 사료개발이 무엇보다도 중요하다.

먹이생물 배양 및 관리가 해삼종묘생산 과정의 절반 이상을 차지할 정도로 중요하며, 먹이생물 배양 확보 및 안정적인 공급에 따라 해삼종묘생산 성패를 가릴 수 있으므로 각별한 신경을 써야 한다. 해삼의 부유유생기의 먹이로 주로 많이 사용하는 먹이생물 종은 규조류(*Chaetoceros* spp.), 편모조류(*Pavlova lutheri*, *Isocrysis galbana*) 등이며, 종보존, 대량배양 및 장기보존방법에 대해 기술한다.

가. 배양수 처리 및 영양배지 제조

먹이생물 배양에 사용되는 해수는 무엇보다도 배양원종에 대한 오염 및 다른 미생물의 혼입을 방지하여야 한다. 배양해수에 타 세균 및 원생동물 등이 번식하면 먹이생물의 번식 및 고밀도 배양에 큰 지장을 가져오고, 먹이생물의 부족에 따라 이는 곧 유생 사육에 큰 지장을 초래하게 된다. 또한, 오염된 먹이생물의 공

급으로 인한 유생사육 환경악화로 유생 생존율의 저하 등의 악영향을 끼칠 수 있다. 그러므로 먹이생물 배양에 사용하는 여과해수는 반드시 미세 불순물을 제거해야만 한다. 우리는 자연침전→모래여과→자연재침전→카트리지 필터($10\mu\text{m}$, $5\mu\text{m}$, $1\mu\text{m}$)→bag 필터 등으로 여과한 것을 기본적인 먹이생물 배양해수로 사용하였다. 그러나 여러 번에 걸친 여과를 하더라도 불순물이나 미생물들이 잔존할 수 있기 때문에 이를 다시 멸균 및 약품소독 처리 후 사용하도록 한다.

원종보존에는 기본적으로 500ml 삼각플라스크를 사용한다. 약 200ml의 배양수를 채운 후 고압멸균기(Autoclave)를 사용하여 121°C , 1.5기압에서 20분간 고온고압 멸균 처리한다. 중간·대량배양은 수 L~수 톤의 수조를 사용하는 것으로 대량의 배양수를 멸균하기 어렵기 때문에 여과된 해수를 약품 처리하여 사용한다. 배양원종을 접종하기 전날 차아염소산나트륨(Sodium hypochloride, NaClO) 용액을 배양해수에 첨가하여 정제시켜 멸균 후, 먹이생물 접종 2~3시간 전에 티오황산나트륨(Sodium thiosulfate, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)을 첨가하여 강하게 폭기를 시켜 중화처리를 한 다음에 배양 원종을 접종한다(표 V-1).

먹이생물을 고밀도로 빠른 시간 내에 배양하기 위해서는 인위적으로 영양성분을 첨가해 주어야 한다. 식물플랑크톤 배양에 사용하는 배지는 conwy, f/2, Provasoli ES 등 여러 가지 방법이 있으나, 본 연구에서는 Conwy 배지를 사용하였기에 그 방법을 소개한다(표 V-2).

원종의 계대배양 작업은 기본적으로 한 달 간격으로 이루어지며, 중간·대량배양은 일주일 간격으로 실시하도록 한다. 보존용 원종 계대배양을 위하여 사용하는 모든 실험 기기는 멸균 소독하여 사용하여야 하고 계대배양 작업 역시 오염을 최소화하기 위해 클린벤치 하에서 수행하도록 하고 계대배양 전 알코올 소독 처리한다. 중간·대량배양에 사용한 실험 물품 역시 모두 차아염소산나트륨으로 소독하여 사용해야 한다.

표 V-1. 여과해수 소독 및 안정화 작업

여과해수(L)	차아염소산나트륨(ml)	티오황산나트륨(g)
1	0.3	0.1
5	1.3	0.6
10	2.5	1.2
15 <기준>	3.8	1.8
20	5.1	2.4
30	7.6	3.6
40	10.1	4.8
50	12.7	6
60	15.2	7.2
70	17.7	8.4
80	20.3	9.6
90	22.8	10.8
100	25.3	12
200	50.7	24
300	76.0	36
400	101.3	48
500	126.7	60
1000	253.3	120

표 V-2. 먹이생물 배양용 배지 조성표(Conwy medium)

종 류	시 약		중 량 (증류수 20L)
Conwy medium	NaNO ₃		2Kg
	EDTA-Na ₂		900g
	H ₃ BO ₃		672g
	NaH ₂ PO ₄		400g
	FeCl ₃ · 6H ₂ O		26g
	MnCl ₂ · 4H ₂ O		7.2g
	미 량 금 속	ZnCl ₂	2.1g
		CoCl ₂ · 6H ₂ O	2.1g
		CuSO ₄ · 5H ₂ O	2.0g
(NH) ₄ 6Mo ₇ O ₂₄ · 4H ₂ O		2.1g	
Vitamin	d-Biotin(vitamin H)		1g
	Vitamin B ₁₂		1g
	Vitamin B ₁		20g
규산염	Sodium Silicate-Solution		2Kg

나. 배양방법

먹이생물 배양에 대해 원종보관, 중간배양, 대량배양 장면을 그림 V-1에 나타내었다.

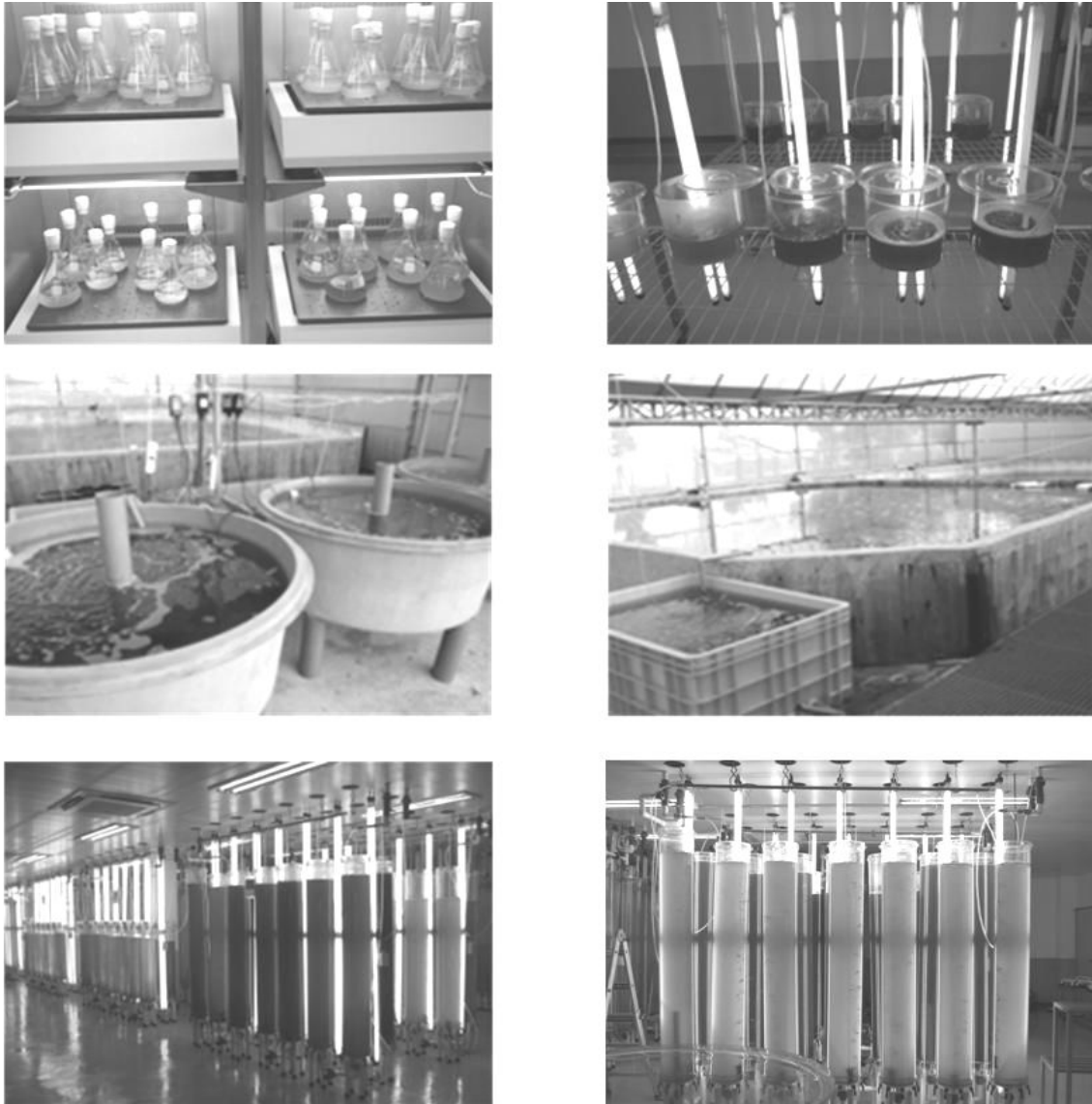


그림 V-1. 먹이생물 배양현황.

(위) 원종 정치배양, 5L 중간배양; (중간) 대량배양(1톤), 노지배양(80톤);

(아래) 실내 고밀도 대량배양

(1) 원종보존

500ml 삼각플라스크에 멸균 처리된 배양수를 200ml 정도 1×10^4 cells/ml 농도로 접종한 후 종이캡으로 잘 밀봉하여 20℃ 내외의 항온실 및 배양 전용 인큐베이터에서 정치한다. 이때 되도록이면 종류별 식물플랑크톤으로 구분지어 따로 보존하는 것이 좋다. 식물플랑크톤의 빠른 증식을 피하기 위해 항온실 내 조도는 명:암 = 12h:12h 으로 유지하도록 하며 주기적으로 매일 2회(아침, 저녁) 정도 인위적으로 교반시킨다. 접종 후 원종의 보존 기간은 6개월 정도 가능하나 가능한 한 달에 한 번씩 재접종, 계대배양하도록 한다.

(2) 중간·대량배양

원종 보존하던 종류별 식물플랑크톤을 5~30L 투명 수조에 접종하여 중간배양에 들어간다. 이후 5~7일이 경과하면 고밀도로 번식하게 되는데, 이를 다시 30L의 투명수조에 접종한다. 다시 먹이생물의 고밀도 번식이 이루어지면 500~1,000L의 대형 배양수조에 접종하여 대량배양에 들어가게 된다. 이때 배양실의 실내온도는 항상 20℃ 내외로 항상 유지시키고, 습도를 낮게 유지시키며 통기하여야 한다. 조도는 24시간 5,000lux 정도로 유지시키며 연속 조명한다.

영양배지 첨가 농도는 녹조류와 편모조류 배양시에는 conwy 배지를 1ml/L, 비타민은 0.1ml/L의 농도로 첨가하고, 규조류 배양시에는 규산염과 금속배지를 1ml/L의 비율로 더 첨가해 준다(그림 V-2, 표 V-3). 그리고 500L 이상의 대량배양일 경우 경제성을 감안하여 배지는 시판용 농업비료인 복합비료와 요소비료를 사용하도록 한다. 규조류 대량배양시에는 규산염은 반드시 첨가해주어야 한다. 일반적으로 우리가 사용 첨가하는 배지 투여량을 아래 표 V-4과 표 V-5에 나타냈다.

먹이생물의 배양밀도가 $1,000 \sim 2,000 \times 10^4$ cells/ml 농도로 최대 증식하면 이것을 다시 노지대량 배양에 이용하거나 해삼 유생 먹이로 공급한다.



그림 V-2. 영양배지. (A) conwy 배지, (B) 비타민, (C) 규산염, (D) 금속배지

표 V-3. 배지의 첨가농도

《기 준》	
Conwy medium	1ml/L
비타민	0.1ml/L
금속배지	1ml/L
규산염	1ml/L

표 V-4. 중간배양(5~50L) 시 사용배지 투여량

여과해수(L)	배지(ml)	비타민(ml)	금속배지(ml)	규산염(ml)
5	3~4	0.5	1.0	1.0
10	10	1	1.5	1.5
15	15	1.5	5.0	5.0
20	20	3.0	7.5	7.5
30	30	4.5	5.5*2	5.5*2
40	40	6.0	14.5	14.5
50	50	7.5	18	18

표 V-5. 대량배양(500~1,000L) 및 노지배양시 시 사용배지 투여량

여과해수(L)	요 소(g)	복합비료(g)
100	6	4
200	12	8
300	18	12
400	24	16
500	30	20
600	36	24
700	42	28
800	48	32
900	54	36
1000	60	40

(3) 먹이생물의 장기보존방법

식물플랑크톤의 대량배양의 어려움을 해결하기 위한 대체 먹이원으로서 인공 배합사료에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그러나 유생을 사육하는데 있어 인공배합사료의 공급은 생먹이생물보다 성장과 생존율이 저조하여 생먹이생물을 대체하는 데는 아직 미흡한 실정이다. 따라서 보관이 편리한 냉동농축먹이생물과 건조먹이생물로 만들어 사용하는 방법을 제시한다.

최대 밀도로 증식한 먹이생물을 전량 수확하여 튜블러 원심분리기(Tubular centrifuge)를 사용하여 15,000rpm, 50Hz 조건하에서 농축시키며, paste 상태로 된 식물플랑크톤을 수확하여 냉동 보관하여 사용한다.

농축된 식물플랑크톤은 -20℃ 이하의 초저온 냉동고에 보관하고, 건조는 진공 동결건조기를 이용하여 완전 건조(72시간 이상)한 후 사용 시에 mixer로 갈아 2℃ 냉장실에 보관한다.

이렇게 만들어진 냉동먹이생물과 건조먹이생물은 부유유생 먹이실험 시 자연 여과해수에 일정농도로 풀어서 거른 후 급이 한다.

2. 부유유생 먹이급이

해삼 인공종묘 생산 시 공급되는 부유유생의 먹이생물은 크게 규조류, 녹조류, 편모조류로 나눌 수 있다. 일반적으로 편모조류는 다른 조류에 비해 상대적으로 지질의 함량이 높고, 규조류는 미네랄 함량이 높고, 녹조류는 단백질 함량이 높게 나타난다. 따라서 부유유생의 먹이생물을 공급할 때에는 이 3가지 조류를 혼합하여 공급하는 것이 좋다. 단, 각종의 세포벽의 특성, 크기, 형태 및 운동성에 따라 소화성 및 섭취 가능성이 달라지기 때문에 대상생물의 크기와 생리적 조건에 따라 적당한 먹이생물의 혼합도를 결정해야 할 것이다. 여기서 제시된 먹이생물 급이는 본 연구에서 추진된 결과를 바탕으로 작성되었으며 참고로 활용된다.

우리의 경우, $1,000\sim 2,000 \times 10^4$ cells/ml 농도로 배양 수확한 규조류, 녹조류, 편모조류 240L를 냉동 농축하였을 경우 각 310g, 250g, 260g이 생산되었고 이를 다시 동결건조 분말화 하였을 때 55g, 80g, 50g이 생산되었다. 규조류, 녹조류, 편모조류 3종을 혼합하여 환산하였을 경우, 생먹이 1L → 냉동농축 1.1~1.3g → 건조분말 0.3~0.5g이 생산되었다(그림 V-3).

이와 같이 생산된 방법을 기준으로 먹이공급량은 생먹이와 중국농축사료의 경우 혼합 3종을 3×10^4 cells/ml 농도로 하였을 경우 매일 사육수 L당 3ml 씩 공급, 냉동농축사료는 0.02g씩, 건조분말사료는 0.01g씩 여과해수에 희석하여 망지에 거른 후 매일 1회씩 공급한다(사육수 3L 기준). 냉동농축 및 건조분말의 경우 소량씩 들어가기 때문에 3~5일 간격으로 일정량을 제조해 놓은 후 냉장보관하며 사용한다(표 V-6).

그러나 부유유생 단계에서는 자주 현미경 관찰을 통해서 유생의 위충만도를 수시로 확인해야 하고(그림 V-4), 만약 부족시에는 충분히 먹이를 보충해주어야 한다.

표 V-6. 해삼 부유유생 먹이 급이량

(3L)	生	냉동농축	건조분말
급이량	10ml/3L	0.013g/3L	0.005g/3L
- 혼합 : 규조류, 녹조류, 편모조류 (生1L → 냉동농축 1.1~1.3g → 건조분말 0.3~0.5g) - 규조류 : 生240L($1,000 \times 10^4$ cells/ml), 냉동농축 310g, 건조분말 55g(0.3g/1.3g/L) - 녹조류 : 生200L($1,000 \times 10^4$ cells/ml), 냉동농축 250g, 건조분말 80g(0.4g/1.3g/L) - 편모조류 : 生240L($1,000 \times 10^4$ cells/ml), 냉동농축 260g, 건조분말 50g(0.3g/1.1g/L)			

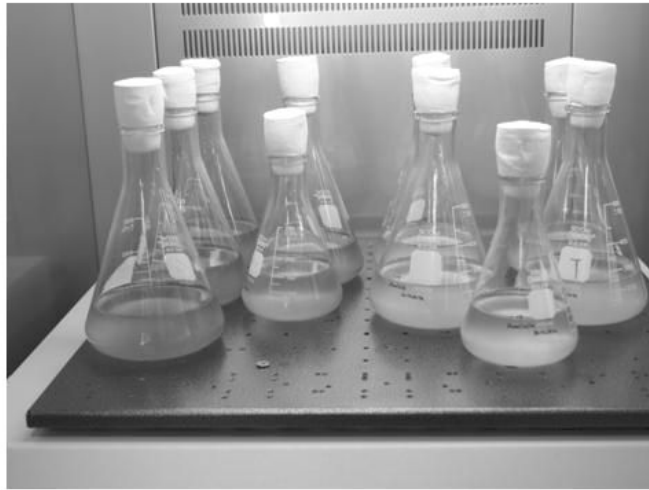


그림 V-3. 해삼 부유유생 종류별 먹이생물 급이. 생먹이 - 냉동농축 - 건조분말

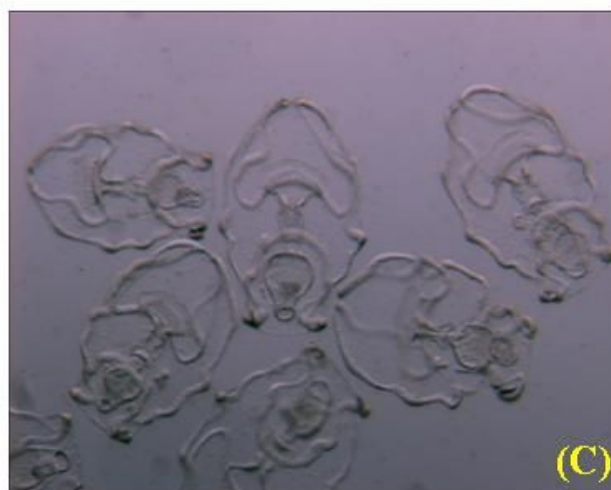
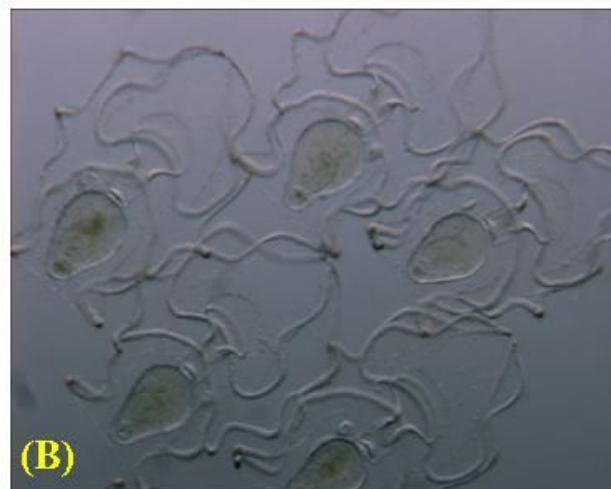
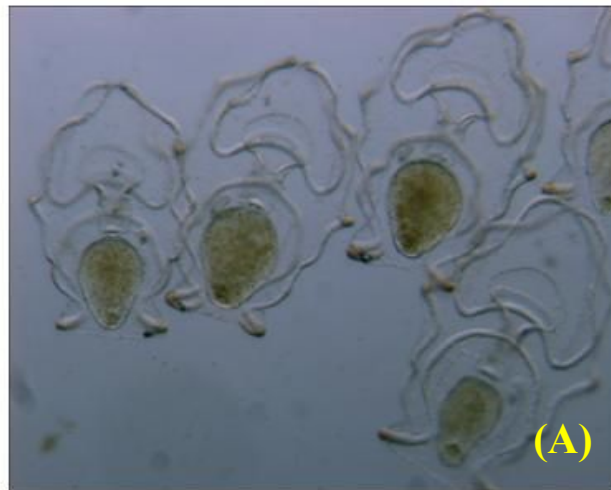


그림 V-4. 해삼 부유유생의 위 총만도. (A) 생먹이, (B) 냉동농축, (C) 건조분말

3. 어린해삼 사료제조

생산된 해삼 종묘를 양성하기 위해서는 바다에 방류하여 자연적으로 양성시키는 방법과 육상에서의 인위적인 사육으로 나눌 수 있다. 또한, 바다에 방류할 수 있는 크기가 될 때까지 인위적인 사육은 반드시 필요하다.

그러나 육상에서 어린해삼을 사육하기 위해서는 해삼의 성장에 유리한 환경조건 및 먹이관계를 일정하게 유지시켜야 한다. 일반적으로 해삼은 바다 저면에 쌓여있는 침전물을 섭취하는 침전물 섭식생물(deposit feeder)로 알려져 있어 이러한 조건에 맞는 먹이의 개발이 이루어져야 한다.

중국에서는 근래에 해삼 양성을 위해 주기적으로 인공배합사료를 공급하고 있으나, 해삼사료로서의 일정한 표준 제품은 없으며, 이 또한 수입제한품목에 걸려 우리나라 해삼생산에 차질이 우려된다. 따라서 우리나라에서 해삼 종묘생산 및 양성을 위해서는 사료개발이 함께 이루어질 필요가 있다.

해삼의 사료는 어패류의 분말, 해조류 분말 등을 사용할 수 있으며, 현재 시판되고 있는 각종 어류 및 패류 등의 배합사료도 해삼의 먹이 제조 원료로 사용할 수 있다. 이런 자료를 토대로 어린해삼 사료를 개발하였다.

기본적으로 배합사료는 단백질, 탄수화물, 발효원, 기질 등으로 영양소가 골고루 함유되도록 한다. 단백질원으로 대두박과 갈색어분, 탄수화물원으로 소맥분, 지층이, 미역분말, 발효원으로 막걸리 제조부산물과 발효대두박, 그리고 기질로 머드를 사용하였다(표 V-7).

배합사료의 원료를 표 V-7과 같이 정량껏 혼합하여 여과해수를 넣고 액상상태에서 걸쭉하게 완전히 풀어질 때까지 섞어서 한소끔 끓여낸 후 상온에서 식힌다(그림 V-5). 이때 바닥에 사료가 눌지 않도록 계속 저어주어야 한다. 기타첨가제로는 복합비타민과 미네랄을 정량 배합하여 물에 녹여 끓인 배합사료가 식은 후 같이 첨가한다. 충분히 식은 사료는 여과해수를 사용하여 망지(망목 200 μ m)

에 거른 후 걸러진 액상을 먹이로 공급하도록 한다. 그러나 사료원들이 해삼전용 먹이로 제조된 상품들이 아니기 때문에 입도가 전부 다르며 거칠다. 따라서 사료들을 혼합하기 전에 충분히 곱게 갈아서 사용해야 하는 주의점이 있다. 여기서 제시된 해삼사료 제조 기술 및 급이는 본 연구에서 추진된 결과를 바탕으로 작성되었으며 참고로 활용된다.

표 V-7. 어린해삼 배합사료 원료 함유량(%)

영양소	사료원	배합(%)
단백질 및 발효원	어 분	20
	발효대두박	20
탄수화물	밀가루	20
	지층이	10
	미역분말	10
씹는기질	머드 분말	20
미량요소	복합비타민	0.5
	미네랄	0.5



그림 V-5. 어린해삼 배합사료 원료 및 제조과정

먹이급이는 체중의 5%씩 매일 일정시간에 2회(아침과 저녁) 공급한다. 먹이 공급 후 어린해삼의 활발한 섭식활동을 위해 3시간 동안 정수하도록 하고, 그 후에는 계속 환수를 유지하여 수조 내 찌꺼기가 쌓이는 것을 최소화 시킨다. 이때 사용해수는 자연침전→모래여과기→재침전→카트리지필터($10\mu\text{m}$, $5\mu\text{m}$)를 거쳐 요각류 등과 같은 해적생물의 침입을 최소화하기 위해 충분한 여과과정을 거친 후 사용해야만 한다. 그리고, 어린해삼의 부착 및 사료 잔여물이 부착할 수 있도록 수조 바닥에 망지나 파판을 깔아준다(그림 V-6). 수조에 쌓인 찌꺼기 및 배설물 청소는 수조 상태를 점검하며 주기적으로 실시한다.

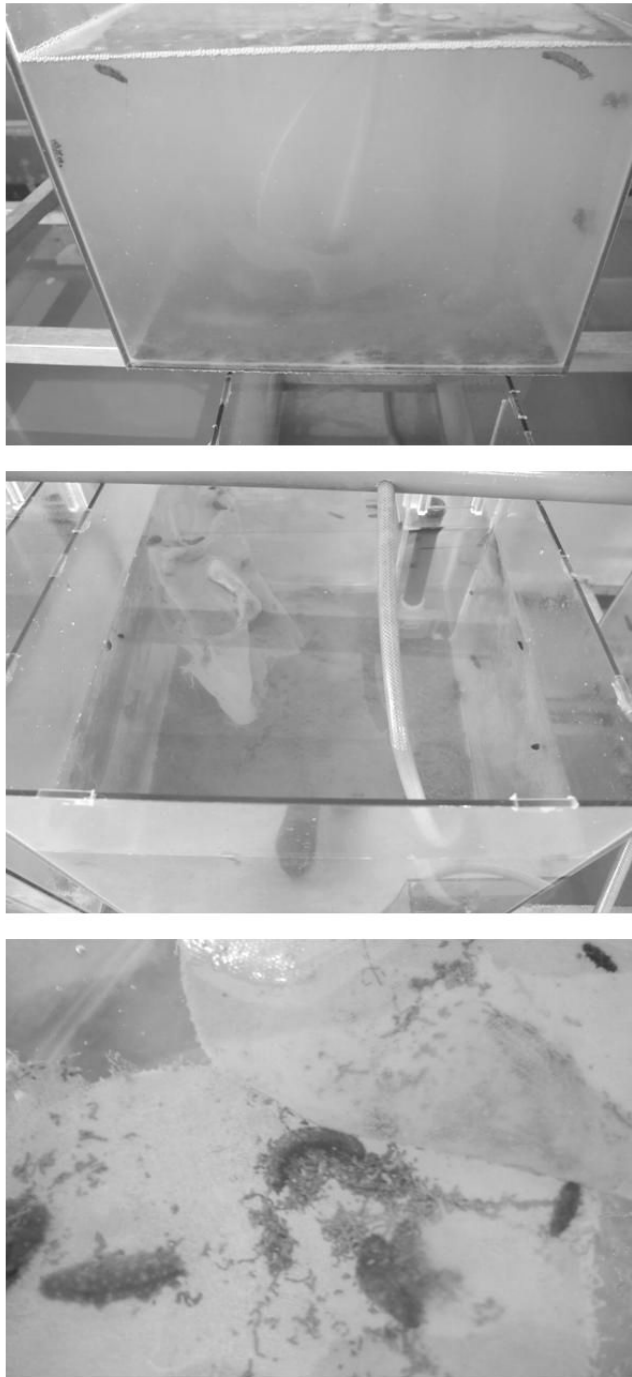


그림 V-6. 어린해삼 사육수조 내부

VI

해삼 양성기술



1. 씨뿌림식 양식

가. 적지조사

해삼은 극피동물로써 불가사리와 같은 종류이다. 그 종류는 세계적으로 1,500종이나 되고, 붉은색, 검은색, 회색 등 그 색깔도 다양하고 크기 또한 다양하다. 식용으로 쓸 수 있는 해삼은 주로 한반도, 중국 발해연안, 일본 근해, 쿠릴열도, 사할린 연안 등에서 서식하는데, 대략 그 종류는 60여 종에 이른다. 국내에서는 해삼 씨뿌림을 위해서 해삼 서식여부에 대한 조사가 선행되어야 한다(그림 VI-1). 현재 국내에서는 해삼 씨뿌림 지역 선정에 위한 적지기준은 연구소, 학계 등에서 논의 중에 있다. 현재까지 도출된 적지기준은 표 VI-1과 같다. 우선 수질 환경의 경우 수온은 0~28℃, 염분은 24~34psu, 영양염류 중 인산염은 0.03mg/L 이하, 총질소 0.3mg/L 이하, 용존산소 7.5mg/L 이상, pH 7.8~8.3으로 수질환경은 해역수질생활환경기준 I 등급 수준을 제시하고 있다. 저질 환경은 해조류가 번식한 지역(그림 VI-2), 저질타입은 사니질, 자갈, 사rak질이 좋으며(그림 VI-3), 저질 환경은 COD의 경우 20mg O₂/g·dry 이하, 산화발성황화물(AVS)의 0.2mg O₂/g·dry 이하 기준을 제시하고 있다. 생물상의 경우는 적조 지표생물이 적은 곳이고 불가사리류, 게류 등 해적생물이 적은 곳이어야 한다(그림 VI-4). 조류는 소통이 원활하고, 인근에 오염원과 부영양화 영향이 적고, 담수유입 영향이 적은 곳이어야 한다(그림 VI-5). 수심은 축제식의 경우 2m 이상, 씨뿌림의 경우 5~20m이어야 한다. 기타로는 자연산 해삼이 서식하고 있는 곳이어야 한다(그림

Ⅵ-6). 특히 해삼이 서식하지 않는 곳에 새로운 어장을 조성하기 위해서는 보통 호박돌을 이용하기도 한다. 이럴 경우 주변에 충분한 먹이 공급원이 있어야 하며 보통 전복양식장 아래에 조성하기도 한다. 조성할 경우 서로 크기가 다른 돌들을 이용하여 해삼의 은신처 및 서식처를 조성할 수 있도록 해야 한다(그림 Ⅵ-7). 추가적으로 개발한 인공어초를 이용하여 서식지를 조성할 수 있다. 여기에 제시된 방법은 이번 연구 및 기존 연구결과를 바탕으로 작성된 것으로 해삼양식에 참고로 활용된다.



그림 Ⅵ-1. 해삼 씨뿌림 해역 저서생물상 조사

표 VI-1. 해삼 적지조사 기준

항 목	기 준	비 고
수 온	0~28℃	
염 분	24~34psu	
영양염류 - 인산 - 용존무기질소(총질소)	0.03mg/L 이하 0.3mg/L 이하	환경정책기본법시행령 (해역등급 Ⅰ 기준)
용존산소	7.5mg/L 이상	환경정책기본법시행령 (해역등급 Ⅰ 기준)
pH	7.8~8.3	환경정책기본법시행령 (해역등급 Ⅰ 기준)
저 질 입 도 화학적산소요구량(COD) 산화발성황화물(AVS)	해조류가 번식한 지역 사니질, 자갈, 사락질 20mg O ₂ /g · dry 이하 0.2mg O ₂ /g · dry 이하	
부유생물	적조 지표생물이 적은 곳	
해적생물	불가사리류, 게류 등이 적은 곳	
조류소통	조류소통이 양호한 곳	
수심	축제식: 2m 이상, 씨뿌림: 5~20m	
담수유입	영향이 적은 곳	
오염원	인근 오염원과 부영양화 영향이 적은 곳	
풍파		
종묘	인공종묘 및 자연산	
기타	씨뿌림: 자연산 해삼이 서식하고 있는 곳	

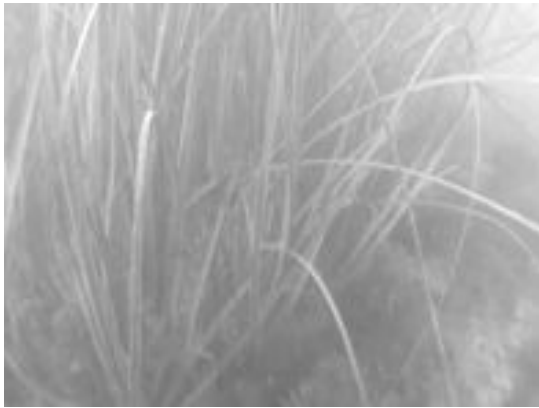


그림 VI-2. 해삼 서식지 내 해조류 군락



그림 VI-3. 해삼 서식지 내 저질 입도



그림 VI-4. 해삼 서식지 내 서식생물 및 불가사리

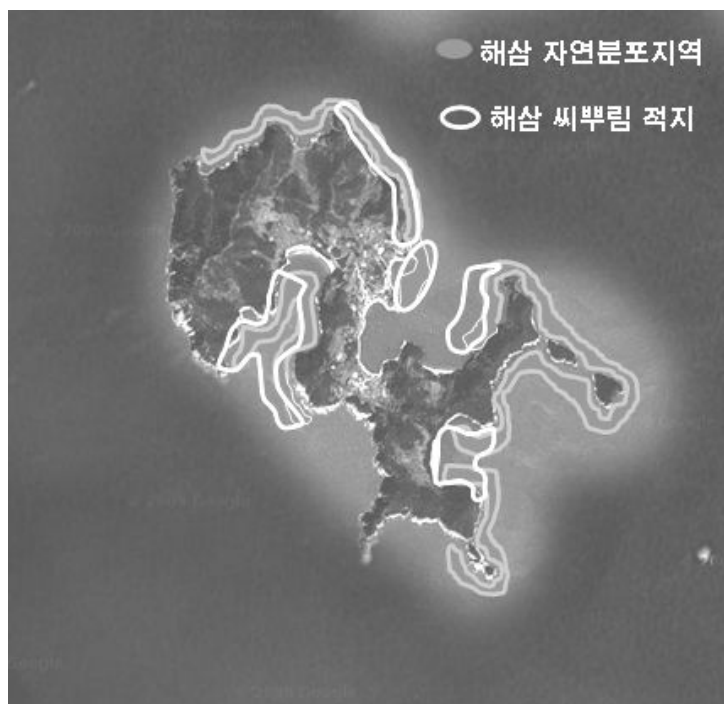


그림 VI-5. 해삼 종묘 방류 지역 사례(진도 대마도 해역)

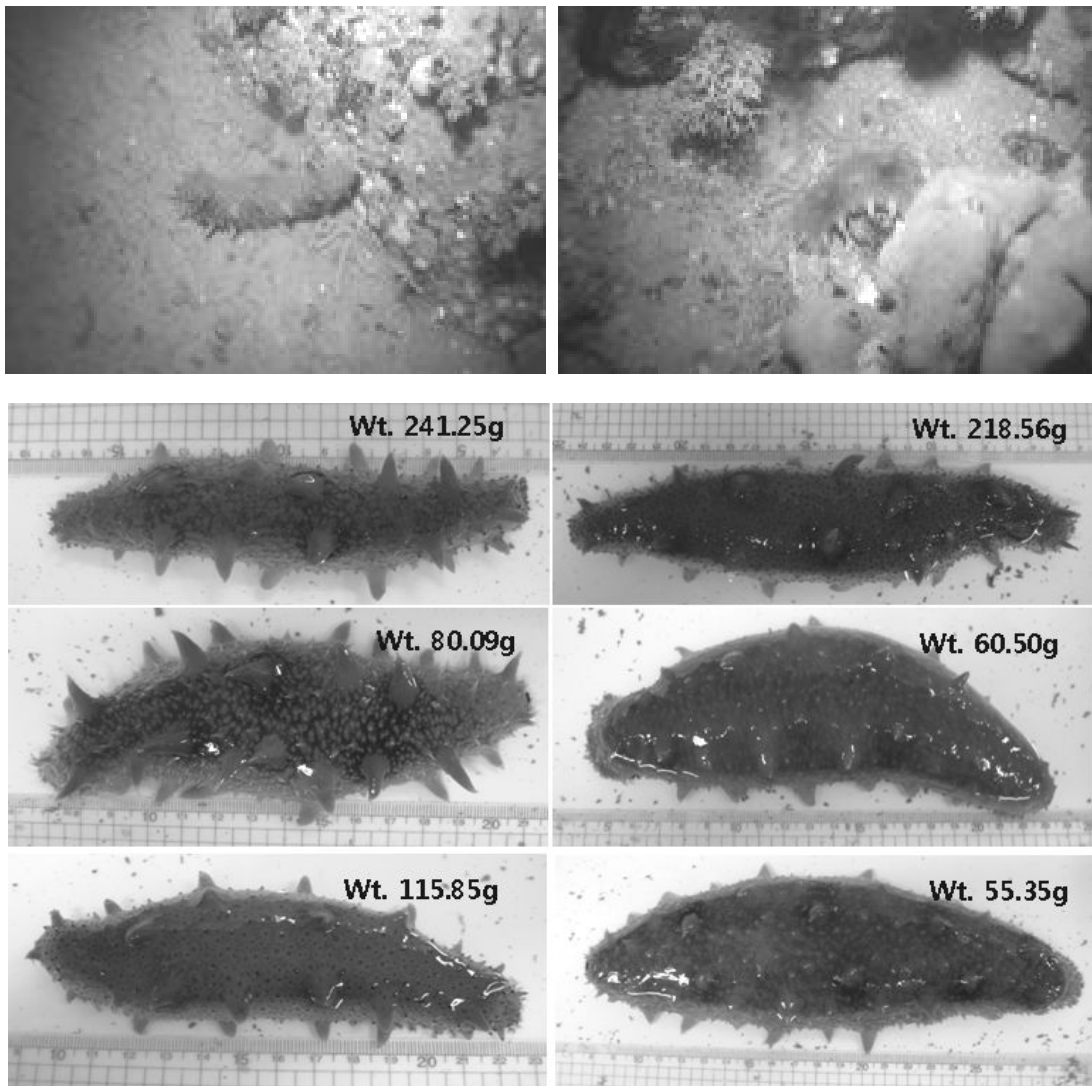


그림 VI-6. 해삼 씨뿌림 해역의 해삼 서식상황



그림 VI-7. 호박돌을 이용한 해삼 서식지 조성

나. 씨뿌림 방법

(1) 포장 및 운반

씨뿌림할 해삼종묘는 1~5g 크기로 선별하여 방류시 원활한 해삼 입식을 위하여 물기를 빼고 양파망에 담아 다시 비닐봉지로 싸은 후 아이스박스를 이용해 외기온도 영향을 거의 받지 않도록 포장하여 방류지역으로 신속히 운반한다(그림 VI-8). 아이스박스 내부에는 아이스팩과 얼음을 이용하여 냉장상태를 유지하도록 한다.



선별된 방류용 어린해삼



포장전 어린해삼



규격단위로 포장



방류용 어린해삼 상차

그림 VI-8. 어린해삼 포장 및 상차

(2) 선상 운반 및 방류

운반한 종묘는 바다에서 대기하고 있는 배로 옮겨 실어 방류지역으로 신속히 이동한다(그림 VI-9). 방류는 선상에서도 가능하지만 되도록 잠수부를 이용하여 서식하기 좋은 조건의 지형구조에 직접 방류하는 것이 좋다. 방류방법은 잠수부를 이용하여 직접 서식 방류지역으로 가지고 들어가 수작업으로 일일이 종묘를 조심스럽게 방류한다(그림 VI-10). 현장에서 어업인의 의견을 청취하고 해삼이 주로 서식하는 장소를 선정하여 방류하는 것이 생존율을 높일 수 있다(그림 VI-11). 선상방류도 가능하지만 어린해삼의 생존율을 높이기 위해 잠수부를 동원하여 직접 현장에 입식하는 것이 바람직하며 운반시 담아가지고 온 양과망을 그대로 가지고 들어가도 괜찮다.



그림 VI-9. 입식해역으로 방류하기 위한 선상 운반



그림 VI-10. 잠수부에 의한 어린해삼 방류



그림 VI-11. 해삼 서식해역(방류주요해역)

다. 사후관리

방류된 해삼의 서식여부에 대하여 주기적으로 관리를 시행하여 한다. 또한 어장내 쓰레기를 처리하고 불가사리 등 해적생물은 주기적으로 구제하여 해삼의 성장이 양호하게 할 수 있도록 해주어야 한다.

라. 채 취

해삼채취는 주로 춘계에 실시한다. 채취 시에는 해삼의 재생산을 위하여 200g 이상 크기만을 채취할 수 있도록 한다(그림 VI-12). 채취한 해삼은 선상위에서 규격화된 용기에 담아 운반할 수 있도록 하며(그림 VI-13), 운반된 해삼은 분비물 제거를 위하여 일정한 수조에 1~2일 정도 담가 두었다가 가공에 사용할 수 있도록 한다(그림 VI-14).



그림 VI-12. 해삼 채취



그림 Ⅵ-13. 채취된 해삼 선상 운반



그림 Ⅵ-14. 해삼 임시 저장

씨뿌림 양식에 대한 전체적인 개략도는 아래 그림 VI-15와 같다. 지금까지 제시된 씨뿌림 양식 방법은 이번 연구 및 기존 연구결과를 바탕으로 작성된 것으로 해삼양식에 참고로 활용된다.



그림 VI-15. 해삼 씨뿌림 양식 공정도

2. 축제식 양식

가. 축제식 해삼 양식

(1) 양식 방법

가) 축제식 양식 장소

국내에서 해삼양식 산업화를 이루기 위해서는 씨부림 양식과 함께 축제식 양식을 통한 대량생산이 필수적이다. 우리나라의 해삼 수확은 현재까지는 대부분 자연적으로 발생하는 해삼을 채취하는 경우가 많으며, 마을어장에서 씨부림에 의한 양식 생산량은 극히 적은 것으로 여겨진다. 따라서 씨부림 양식의 활성화와 함께 소비 및 가공을 위한 해삼의 안정적 공급을 위해서는 체계적 관리가 가능한 축제식 양식이 매우 중요하다. 축제식 양식장 구성에 적합한 장소는 해수 소통이 좋고, 풍량이 적은 내만의 조간대 또는 육상으로 수질이 깨끗한 곳, 오염이 없는 곳, 담수 유입이 없는 곳으로 염분은 27~35psu, pH는 7.5~8.5사이이다. 특히 염분은 해삼의 생존에 큰 영향을 미치게 됨으로 축제식 위치선정시 중요한 환경요인이 된다. 또한 축제식 양식장은 취·배수가 편리한 조건을 갖추어야 하며, 바닥은 펄 모래+돌, 펄 모래+자갈, 돌로 이루어진 지반이 안정된 곳으로 순모래 및 순펄로 된 지역은 축제식 양식장으로 부적합하다. 축제식 해삼 종묘 방류는 주로 춘계에 실시하며, 채취 시에는 해삼의 재생산을 위하여 200g 이상 크기만을 채취할 수 있도록 한다. 채취한 해삼은 선상 위에서 규격화된 용기에 담아 운반할 수 있도록 하며, 운반된 해삼은 분비물 제거를 위하여 일정한 수조에 1~2일 정도 담가 두었다가 가공에 사용할 수 있도록 한다.

축제식 양식장은 장방형의 못이 환수에 유리하며, 방향은 동서방향으로 햇볕을 받는 면적을 최대로 한다. 못의 수심은 1.5m 이상으로, 2~3m가 가장 좋으며, 못의 바닥은 30~40cm 깊이의 환형도랑을 만들어 하절기 하면 및 동절기 월동에 용이하도록 하는 것이 바람직하다(그림 VI-16, 3-17).

축제식 양식장의 은신처 조성은 해삼의 하면과 월동은 물론 생존에 영향을 미

치는 매우 중요한 요소로서 돌무더기 또는 인공구조물 등의 조성이 필요하며, 양식장 조성 시에는 사육지를 소독해야 한다. 우리나라 대부분의 축제식 양식장은 새우를 양식하던 곳으로 바닥의 저질개선과 함께 먹이찌꺼기, 유해생물 등을 사전에 제거해야 하고, 생석회(400mg/L) 및 표백분(50~80mg/L) 등을 이용하여 소독해야 한다.



그림 VI-16. 해삼 축제식(콘크리트) 양식장



그림 VI-17. 해삼 축제식(제방식) 양식장

나) 돌무더기 해삼 양식 조성

돌무더기를 이용한 해삼 양식은 주로 중국에서 이루어지고 있는 양식방법으로 충남수산연구소 축제식 시험 양식장과 거의 유사한 방법이다. 이랑식 투석은 청소 등에 유리하게 넓이 0.5~1.0m, 높이 30~50cm, 3~4m 간격으로 설치하고, 1~2m³크기의 돌무더기는 거리 간격을 2~3m, 행 거리 간격을 3~4m로 설치하는 것이 유리하다. 그 밖에 저가로 구입이 가능한 도기관, 블록, 도자기관, 기와, 나뭇가지 묶음, 상자, 그물, 비닐포대 등을 이용하는 방법도 있다. 은신처의 부착면적은 전체 바닥 면적의 50~70%가 적당하다(그림 VI-18).



그림 VI-18. 돌무더기식 해삼 축제식 양식장

다) 어린해삼의 운송

어린해삼의 운송방법에는 근거리와 장거리(4시간 기준)으로 구분할 수 있다. 근거리의 경우 스티로폼 상자 내 바닥에 다시마를 깔고+어린해삼+다시마 순으로

덮어 이동하거나, 양파주머니에 어린해삼을 넣은 다음 스티로폼 상자에 넣거나, 양파주머니 없이 어린해삼을 스티로폼 상자에 그대로 넣고 뚜껑을 덮은 다음 비닐테이프로 밀봉 후 운반하는 방법이 있다. 장거리 운송방법은 두꺼운 폴리에틸렌 주머니에 신선한 해수를 1/3 정도 채우고, 2~3 kg의 해삼을 넣은 다음+산소주입+봉입한 후 스티로폼 상자에 폴리에틸렌 주머니를 넣어 뚜껑을 닫고 비닐테이프로 밀봉 후 운반하는 방법이 있다(그림 VI-19).

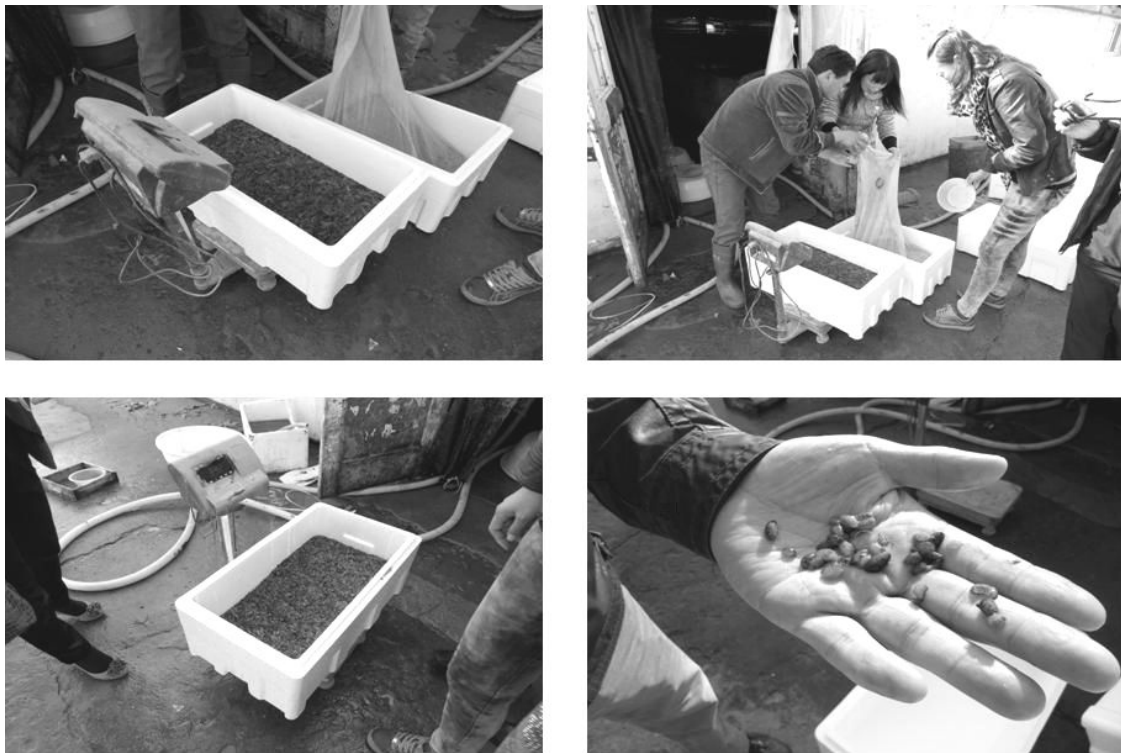


그림 VI-19. 해삼 종묘 포장

라) 해삼종묘 입식

축제식 해삼 종묘 입식크기는 체장 5~8cm(전중 3~5g), 10g, 50g 정도이다. 대형의 종묘는 가격이 고가로 원가가 상승하는 반면, 소형개체의 경우 생존율이 낮아 경제적 이익이 저하 될 수 있다. 종묘 선택 시에는 활력이 있고, 신축이 양호하며, 신체가 웅장하고 가시가 뾰족하면서 높으며, 체색이 선명한 개체가 좋다. 또한 배설물이 흩어져 있고 붙지 않으면 섭식이 왕성한 개체로 양호하다. 종묘

방양밀도는 3마리/m²(10 g), 5~10마리/m²(5~7cm, 3~5g), 10~12마리/m²(2g)기준으로 하는 것이 바람직하다. 축제식 양식장에서 종묘 방양은 직접 종묘를 돌무더기 등 은신처 부근에 방양하는 방법과 종묘 구입 후 큰 그물상자 즉, 중간육성 할 수 있는 가두리를 이용하여 안정화 시킨 후 방양하는 방법이 있다. 축제식 양식에서의 생존율은 중국의 경우 중간육성 된 종묘(5~7cm)의 생존율이 80% 내외에 이른다는 보고도 있다.

마) 어린해삼의 일상관리

어린해삼은 방양 1개월 전부터 플랑크톤 및 해조류 번식에 유리한 물 만들기를 한다. 수색은 황녹색(규조류 발생), 흑갈색이 좋으며, 투명도는 40~60cm가 성장 및 생존율 향상에 유리하다. 또한 정기적으로 수질(수온, 염분 등) 조사하고 방양 1주일 동안은 해삼의 활력 및 활동상태(부착기에 부착여부, 활동력, 이동상황, 먹이섭취, 배설상황 등)를 면밀하게 관찰하여야 한다. 특히 하계 고수온기 및 동계 저수온기 관리에 있어서 사육수심을 최대수심으로 유지하여 수온이나 염분 변화에 대비하고 여름철에는 환수량을 최대로 하여 수온상승을 방지하며, 축제식 양식장 표면에 차광막 설치 등을 고려해야 한다.

바) 해삼의 채취 및 전망

축제식 양식장에서의 해삼 채취는 중국의 경우 잠수부를 동원하여 성삼(150g이상)만을 채취하는 부분채취방법을 이용하고 있고(그림 VI-20), 축제식 양식장의 사육해수를 모두 배수하여 전량을 동시에 수확하는 경우는 없다. 따라서 우리나라에서도 잠수부를 이용하여 성삼만을 골라 수확하는 부분수확방법이 유리할 것으로 판단되며, 사육해수 배수에 의한 일제수확은 해삼의 성장차 등을 고려하면 바람직하지 않다.

한편 중국의 최근 3년간 해삼 생산량(FAO)은 2009년 102천톤, 2010년 130천톤, 2011년 137천톤으로 평균 생산량은 123천톤이다. 이 중, 축제식 양식장에서의 생산량은 약 75% 정도인 92천톤을 차지하고 있다. 그러나 중국의 해삼 생산량은 중국 자체 내에서도 집계가 어려워 FAO의 공식 통계보다 더 많은 양이 생산되

고 있는 것으로 추정된다.

우리나라의 해삼 축제식 양식장은 아직까지 대규모로 조성되지 않았으나 금후에는 기존의 새우양식장을 해삼 축제식 양식장으로 활용할 필요성이 있다. 우리나라의 해삼 축제식 양식장 후보지는 주로 조수간만의 차가 큰 서해안 지역에 위치하고 있어 조석에 의해 최소한 월 15일 이상으로 사육수의 공급(해수모터 등)이 가능해야만 여름철 고수온 및 겨울철 한파에 대응할 수 있다. 이와 반면, 중국의 축제식 양식장은 기존의 새우 양식장을 활용하기도 하나 해삼을 전문적으로 양식하기 위해 조성된 곳은 해수의 환수 등을 고려하여 바다와 바로 인접한 곳에 위치하고 있어 안정된 수질 및 수온 확보에 유리하다.

우리나라에서 해삼 축제식 양식이 가능한 호지는 기존의 새우양식장 또는 폐염전 등을 활용할 수 있으나 대부분 소규모(10 ha 이하) 형태이다. 따라서 축제식 양식의 경제성을 향상시키기 위해서는 대규모의 양식장 확보가 필수적이며, 씨부림 양식의 한계성으로 보아 축제식 양식장이 확보되지 않을 경우 2020년 해삼 생산목표 1조원 달성에 차질을 가져올 수 있다.

우리나라와 중국의 해삼양식 조건은 국토면적이 큰 중국의 경우 축제식 양식이 가능한 적지가 많은 반면, 우리나라는 대단위 갯벌 간척지 등의 매립으로 축제식 양식 공간이 매우 협소하다. 따라서 우리나라의 해삼 양식은 초기에는 씨부림 양식을 기본으로 하면서 대단위 유희 갯벌 간척지 등을 활용하여 계획생산이 가능한 대단위 해삼 축제식 양식으로 전환하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.



그림 VI-20. 축제식 양식장 해삼 채취

3. 육상수조식 양식

육상수조식 해삼 양식기술은 아직까지 정립되어 있지 않고 경제성 확보가 어려운 상황으로 연구개발이 계속 진행 중이다. 본 기술지에서 제시한 방법은 지금까지 연구결과를 토대로 기술된 것이며 참고내용으로 활용될 수 있다는 점을 밝힌다.

육상수조를 이용하여 해삼을 양성했을 경우 가장 효과적인 방법을 찾아보고자 다양한 방법의 실험을 수행하였다. 실험은 SRS (Shallow Raceway System), RAS (Recirculation Aquaculture System) 그리고 복합양식(전복+해삼) 방법으로 실시하였다. 그 결과, SRS를 이용한 고밀도 실험은 $30\text{g}/\text{m}^2$ 에서 생존율과 성장률이 가장 좋았다. 하지만 $60\text{g}/\text{m}^2$ 의 밀도에서도 95%이상의 높은 생존율을 보였고, 100%이상의 성장률을 나타내었다. 따라서 $60\text{g}/\text{m}^2$ 밀도로 양성할 경우 성장률은 조금 낮지만 경제적인 이점이 있었다. 또한 RAS로 실험한 결과 성장도는 매우 낮았다. 하지만 사육환경을 인위적으로 조절할 수 있는 장점이 있었다. 해삼은 고수온에 하면 기로 접어들면서 성장이 멈춘다. RAS는 이러한 해삼의 생리적 현상을 기술적으로 제어가 가능하였다. 다만 RAS 운영기술이 미약하여 성장률이 낮은 것은 앞으로 해결해야 할 과제로 남았다. 또한 복합양성 실험은 전복과 해삼을 함께 양식 할 수 있다는 결론을 얻었다. 물론 실험에서는 해삼사료를 소량공급하였지만 그 양은 아주 미약하여 전복 배합사료만으로도 해삼까지 양성이 가능하였다(표 VI-2).

따라서 위의 결론을 종합해볼 때 육상에서 해삼을 양성한다면 세 가지 방법들의 각각의 장점을 결합한 시스템으로 양성 할 수 있을 것이다.

아래 그림 VI-21은 위의 장점을 결합하여 구상한 다층복합양성시스템의 계략도이다. 즉, 1개의 수조는 SRS 구조로 2단으로 구성되어 있다. 1단(아래)은 해삼을 수용하고 그 위 2단은 전복을 수용한다. 이러한 수조를 복층으로 하여 생산면적을 배가시킬 수 있다. 사육수 관리는 순환여과식으로 고수온에 의한 하면을 억제하여 성장을 촉진시킬 수 있다.

표 VI-2. 육상수조식 양성방법의 장단점 비교

구 분	장 점	단 점
SRS (Shallow Raceway System)	- 사육수량이 적다. - 수조 전체가 균질한 수질을 유지한다. - 다층으로 생산면적을 배가 시킬 수 있다.	- 유수식으로 사육수가 많이 필요하다.
RAS (Recirculation Aquaculture System)	- 환경을 인위적으로 조절할 수 있다. - 하면을 억제할 수 있다. - 사육수를 소량으로 사용한다.	- 정교한 환경관리 기술이 필요하다.
복합양식 (해삼+전복)	- 고가의 전복을 함께 양성함으로써 1석 2조의 효과가 있다. - 전복 배합사료만으로도 양성이 가능하여 해삼사료를 절약할 수 있다.	- 수조청소가 번거롭다.

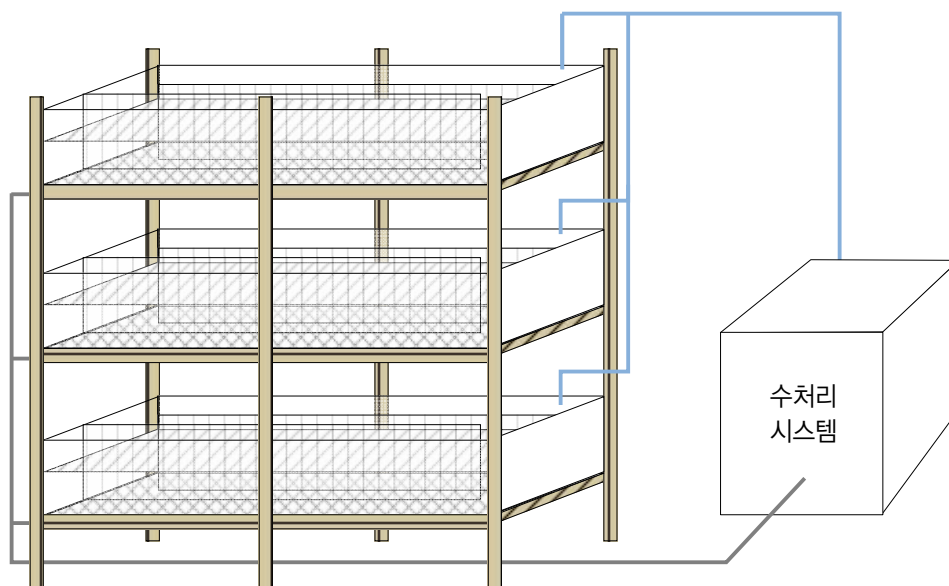


그림 VI-21. 육상 해삼양성을 위한 다층복합양성시스템 계략도

표 VI-3. 다층복합양성시스템 운영조건

구 분		내용 및 범위
수 온		12~22℃ (순환여과시스템으로 해삼성장단계별 최적온도 변경설정 가능)
염 분		32~33psu
용존산소		6mg/L 이상
용존무기질소		0.5mg/L 이하
용존무기인		0.2mg/L 이하
전복 (각장 4cm)	수용밀도	600~800마리/m ²
	먹이공급	체중량의 5%
해삼 (7g/마리)	수용밀도	60~100g마리/m ²
	먹이공급	체중량의 5% 1회/주
청소		1회/주

해삼과 전복의 육상수조 복합양식에서 최종 생존율은 해삼과 전복 모두 90% 이상으로 양호한 결과를 보였다. 이러한 결과는 해삼과 전복의 복합양식이 같은 공간을 사용하는 복합양식 방법으로 적절함을 나타내는 결과로 두 종은 먹이에 대한 경쟁이 미약함을 알 수 있다. 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. 그러나 복합양식에서 해삼의 밀도를 과다하게 유지할 경우 먹이의 부족으로 해삼의 성장이 지연되며, 이로 인해 문제가 야기될 수 있으므로 적정 밀도를 유지하여야 한다. 또한 위의 시스템을 이용할 경우 사육수온을 20℃ 이내로 조절할 경우 체중

감량을 최소화 시키면서 해삼의 월하가 가능하다. 따라서 해삼의 생산량이 많고 연중 값이 가장 싼 시기인 4월~6월에 kg당 10,000원 내외로 구입하여 생산량이 적고 값이 최고가에 이르는 9월~10월에 30,000원 정도에 출하하면 높은 소득을 올릴 수 있을 것으로 판단된다.

지금까지 해삼의 육상수조식 양식기술을 살펴보면 고밀도 실용 양식화 수준까지는 도달하지 못하고 가능성만을 진단한 상태이다. 해삼의 경우 서식형태가 입체적인 공간을 사용하기 보다는 평면적인 공간을 활용한다. 즉, 어류의 경우는 수조 내에서 삼차원의 입체 공간을 활용할 수 있기 때문에 고밀도 양식이 가능하다. 또한, 수질관리에 있어서 순환여과시스템은 어류의 서식환경을 양호하게 해주기 때문에 유리하다. 그러나 해삼의 경우 서식형태가 공간활용보다는 저면, 수조 벽면에 붙어 서식하기 때문에 밀도는 높이는 데는 한계가 있다. 자연상태에서도 단위면적(m^2) 당 어미해삼은 1~2마리 정도 분포하는 것으로 조사되었다. 아직까지는 낮은 양성밀도로 인해 경제성 확보에는 어려움이 있으며 월하를 할 수 있는 축양시스템 수준에 도달해 있다. 따라서 향후 육상에서 고밀도로 양성할 수 있는 새로운 시스템 개발이 필요할 것으로 사료된다.

VII

해삼 인공어초 제작 및 배치



1. 파균형 다층 해삼 인공어초

파균형 다층 해삼 인공어초의 제작을 위한 매뉴얼의 제시는 해삼 인공어초의 기능성을 최대화하는 방향으로 제시되며, 실제 제작 및 현장조건에 따라 다양한 응용과 확대를 전제로 개발하고자 하였다.

파균형 다층 해삼 인공어초는 어초 표면의 표준모델화를 통해 생산성 및 시공성 향상을 통한 제작비의 저감을 목표로 하였으며, 고중량이 소요되지 않는 지역에는 합성수지블록을 이용하여 인공어초의 경량화에 의한 시공성과 유지/관리기능을 증대하고자 하였고, 전술한 바와 같이 외력조건이 발달하는 해역의 경우 고중량의 콘크리트 블록을 적층하여 그 안정성을 높게 하고자 하였다.

따라서 블록의 조합은 현지의 외력환경에 대한 조사 후에 안정성 검토를 통해 그 조합을 결정하여야 하며, 본 연구에서 제시한 규칙파랑에 조사결과를 기준으로 불규칙파에 대한 조건까지 다양한 안정요소의 검토를 하는 것이 장기적인 인공어초의 기능성 확보를 위해 중요하다.

가. 콘크리트 블록

(1) 재질/구조

콘크리트 블록은 소재를 콘크리트로 제작하며, 콘크리트의 재질 특성상 합성수지를 이용한 제작방법과는 기본적으로 차이를 가진다.

먼저 블록의 두께는 콘크리트 양생 및 이동/운반 시 구조적인 안정성을 확보하기 위해 120mm 이상의 두께를 확보하여야 하며, 염분의 침투에 의한 내부 철근의 부식을 저감하기 위해 내부식성 콘크리트를 이용한다.

블록의 내부에는 와이어메쉬 배근을 이용하여 견인고리와의 결속을 유지할 수 있도록 하여 이동 및 운반에 따른 구조적 안정성을 확보하도록 하였다.

(2) 형상

상부 평면의 형상은 파형을 유지하면서 표면에는 요철형 미세 파형을 적용하여 유기물과 사니질의 침적이 유지되도록 하였고, 상판의 파형에는 항상 파골이 생기도록 하여 전술한 와동에 의한 유기물의 침적과 해삼의 트랙형 동선이 확보되도록 하여야 한다. 특히 파형은 장기 퇴적으로 인한 골의 형상이 매몰될 수 있으므로 이를 고려한 유지관리가 필요하다.

블록의 저면은 초기 급속침하와 장기침하에 대한 여유고를 확보하기 위하여 저면 테두리를 두께 100mm, 높이 150mm의 벽을 적용하였다. 이 벽에는 ∩자형의 유공을 두어 해삼의 콘크리트 어초 하부로 동선을 확보하도록 하였으며, 이러한 콘크리트 하부공간은 해삼자원의 보호를 위한 공간으로 활용되어 이 공간에 대한 수확은 자제토록 한다. 그리고 중앙부의 기둥은 지름을 크게 하여 중심부의 지지 및 내침하성을 크게 하였다.

기둥이 시설되지 않는 블록의 상판에는 유공을 두어 해삼의 상하 이동이 가능하도록 하였으며, 상부에 설치되는 합성수지 블록과의 연결을 위해 합성수지의 기둥 연결부에 나사봉의 연결을 위한 너트의 매립을 통해 다층연결이 가능하도록 하였다.

블록의 다층적재는 기본적으로 육상에서 연결완료 한 후 초기에는 크레인에 의해 투하하며, 향후 유지/관리 및 수확 시에는 합성수지 블록은 착탈식으로 하여, 수확의 용이성을 증대하였다.

나. 합성수지 블록

합성수지 블록은 씨뿌림 된 해삼이 생산성 증대가 중요한 목표이며, 이를 위해 경량화, 표준화, 대량생산화를 목표로하였다.

합성수지의 재질은 다양한 해역환경에 위해를 주지 않고, 해삼의 위집에도 영향을 주지 않는 재질이 유리하며, 일반적으로 PE 재질을 적용한다. 이 블록의 소재는 해역의 조건과 경제적인 면에서 다양한 소재를 사용하여 해역에 가장 적합한 소재를 적용하는 것을 원칙으로 한다.

블록은 금형에 의한 사출성형을 통해 제작하며, 금형을 기둥 및 상판을 일체형으로 제작하여 대량생산 시 생산성을 높게 하였다.

블록의 결속은 나사봉을 이용하여 상하 관통된 유공기둥을 이용하여 와셔와 너트로 결속하며, 전체기둥을 결속하기 보다는 가장자리와 중앙부의 주요 개소에만 결속하여 시공성이 높게 하였다.

블록의 상판은 원형 기둥과 연결된 반원고리형의 유공을 천공하도록 하여 해삼의 상하 동선이 확보되도록 하였으며, 이때 기둥은 천공된 유공으로 이동한 해삼이 아래 블록으로 이동할 수 있는 동선이 된다.

상판의 표면에는 작은 파형의 요철을 두어 전술한 급이 기능을 보강할 수 있도록 하였고, 상판의 규모가 1,200mm×800mm으로 항력을 많이 받을 수 있으므로 금형제작시 유효한 블록의 두께가 확보되어야 하며, 금형제작 시에는 요소요소에 구조적 안정성을 확보할 수 지지격벽이 적용될 수 있도록 설계되어야 한다.

그림 VII-1은 파균형 해삼어초의 표준형상으로 합성수지 블록의 표준 형태를 나타내고 있다. 상단의 단면도에서 위의 2층은 합성수지블록의 적재이며, 하부의 1층 블록은 콘크리트 블록이다. 또한, 그림 VII-2는 실제 제작한 해삼 인공어초의 표준규격을 나타내고 있다.

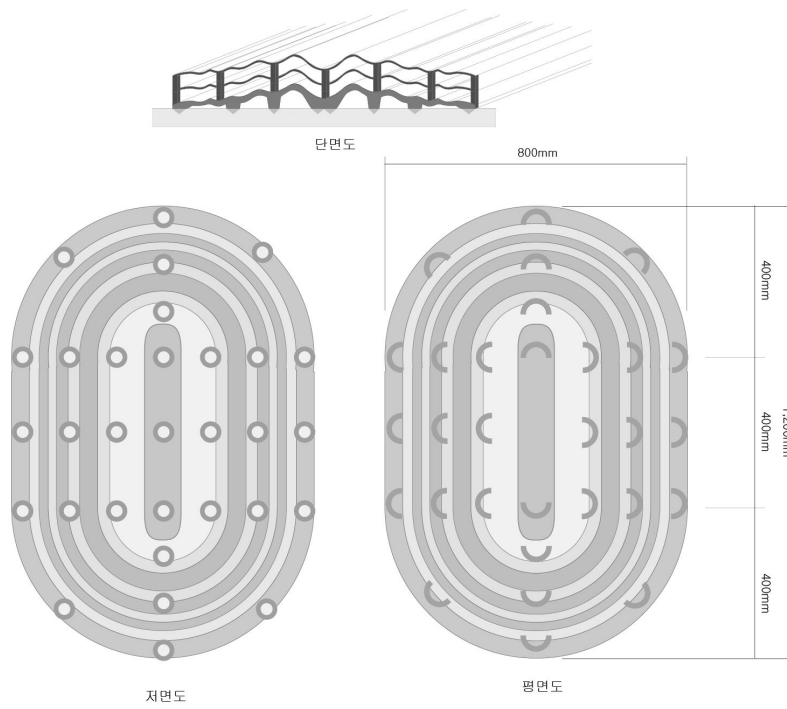
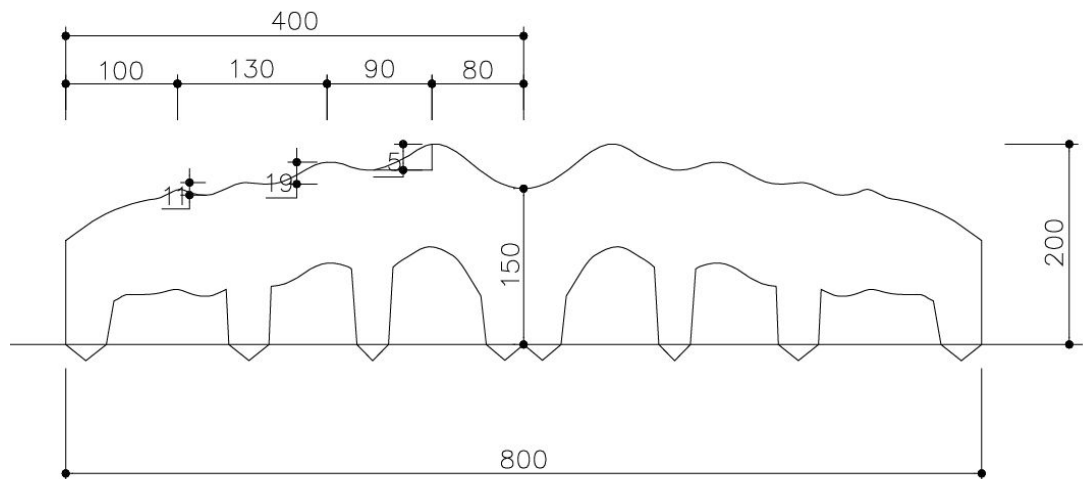
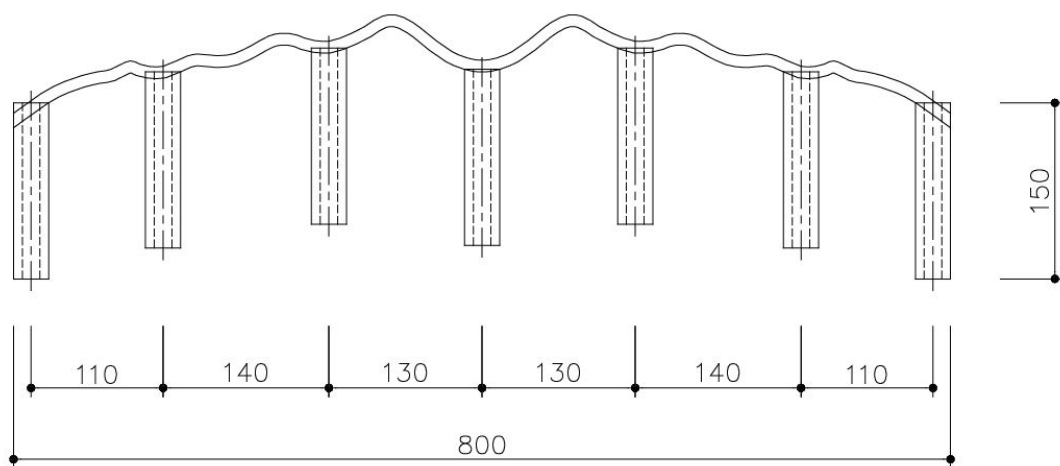


그림 Ⅶ-1. 파균형 다층 해삼 인공어초의 표준 형상



a) 콘크리트 블록



b) 합성수지 블록

그림 VII-2. 해삼 인공어초의 표준 규격

2. 해삼 인공어초의 배치

해삼 인공어초의 배치는 먼저 해삼의 무지향성 이동 동선을 근거로 한다. 따라서 기본적으로는 동심원배치와 방사형 배치를 대상으로 하여 해삼의 직진하는 이동 동선에 어초를 시설하여 해삼이 어초와 접촉하여 어초로 이동할 수 있도록 하였다.

어초의 간격은 어초 크기를 초과하지 않는 배치를 통해 위집 밀도를 증대코자 하였으며, 초기 씨뿌림 원점에서 해삼이 이동한 후 서식하게 되는 어초 또는 서식지가 새로운 이동의 원점이 되게 되므로 씨뿌림 양식에 대한 해삼 인공어초의 배치는 기본적으로 씨뿌림 원점에 대한 동심원, 혹은 주요 서식지에 대한 방사형 배치를 기본으로 하고 그 동심원의 수는 4에서 5열로 하는 것이 유리하며 이때의 동심원 그룹을 다시 격자형으로 배치하여 해삼의 이동에 의한 위집효과를 이중 삼중으로 확보하는 것이 중요할 것으로 판단된다.

특히 인공어초의 배치는 수심에 영향을 많이 받으므로 해역의 쇄파대는 기본적으로 피하는 것이 좋으며, 평탄한 사니질의 암반과 경계를 이루는 지형에 시설하는 것이 투자 대비 효과를 극대화하는 방법으로 판단된다. 설계를 대상으로 하는 설계파고의 3H정도를 확보하여 시설하는 것도 효과적인 안정성을 확보하는 방법이 될 것이다.

이러한 설계 반드시 해역의 특성을 고려한 설계가 되어야 하며, 특히 해삼의 해역내의 섭식, 이동, 배설, 동선, 서식밀도 등을 고려한 종합적인 배치 및 시설 설계가 중요하다.

특히 해저면에서 해삼의 이동을 제한할 수 있고 동선을 인위적으로 유도할 수 있는 시설을 이용한 해삼양식시스템을 병행하여 적용한다면 그 효과가 극대화 될 수 있을 것으로 판단된다.

VIII

건해삼 가공 기술



1. 해삼 영양학적 성분

한국산 해삼(*Stichopus japonicus*)의 경우 식품열량은 25kcal, 103kj, 수분은 91.2%, 단백질 4.4%, 지방 0.3%, 회분 3.3%, 탄수화물 당질 0.8%이며 가식부는 77.1%로 나타났다(표 VIII-1).

표 VIII-1. 한국산 해삼(*Stichopus japonicus*)의 일반성분

구 분	가식부 100g당(Per 100g edible portion)								비 고	
	식품열량		수분	단백질	지방	회분	탄수화물			가식부 (%)
	kcal	kJ					당질	섬유		
해삼	25	103	91.2	4.4	0.3	3.3	0.8	0.0	77.1	5월 부산

(자료 : 국립수산물연구원)

건해삼의 경우 식품열량은 348kcal/100g, 1,457kj/100g 이었으며, 일반성분은 수분은 1.5%로 감소하였고, 단백질은 77.6%, 지방 0.9%, 회분은 17.0%, 탄수화물 당질은 3.0%이었다(표 VIII-2).

표 VIII-2. 한국산 건해삼(*Stichopus japonicus*)의 일반성분

구 분	가식부 100g당(Per 100g edible portion)								비 고	
	식품열량		수분	단백질	지방	회분	탄수화물			가식부 (%)
	kcal	kj					당질	섬유		
해삼-건제품	348	1,457	1.5	77.6	0.9	17.0	3.0	0.0	100.0	

(자료 : 국립수산물연구원)

2. 건해삼 제조

가. 해삼 채취

해삼은 보통 1년에 2회 정도 채집하며 특히 봄에 채집한 해삼을 선호한다. 봄에 채집되는 것은 육질이 두껍고 질이 좋아 상품성이 높다, 가을 해삼은 산란 후 해삼으로 육질이 봄철에 비해 얇고 질이 낮다. 채집은 보통 잠수작업으로 하며 채집 시 해삼에 상처가 생기거나 상품성이 떨어지지 않도록 해야 한다. 해삼의 크기는 200g 이상이어야 한다(그림 Ⅷ-1).



그림 Ⅷ-1. 해삼 채취

나. 가공해삼 선별 및 전처리

운송된 해삼(그림 VIII-2, VIII-3)은 당일 채집된 해삼을 가공하는 방법과 하루 정도 유수식, 육상수조식 저장조에 해금을 하여 가공하는 방식이 있다. 각각 장단점은 있다. 사업자가 해삼의 내장을 가공하길 원할 경우 1일 정도 해금을 시키게 되면 장내에 있는 이물질이 소화기관을 통하여 장 밖으로 배출이 되어 깨끗한 내장을 생산할 수 있으며 가공 시 깨끗한 해삼을 생산할 수 있다. 반면에 1일 순치시키면서 해삼 상태에 따라 약 5~15%의 감량이 발생할 수 있다. 당일 가공 시에는 생산자의 경우 바다에서 채집하여 가공 시까지 신선성을 유지할 수 있어 해삼의 신선도를 맞출 수 있으며 감모율, 수율(중증률)을 높일 수 있어 좋다. 가공만을 전문으로 할 경우 후자를 선택한다.

해삼 내장 제거 시 항문에서 중앙으로 3cm 위쪽으로 배면 중앙으로 절개한다. 절개는 2~3cm가 적당하다. 일직선으로 깨끗하게 절개를 하되 작을수록 해삼 삶기 할 때 깨끗하게 나올 수 있다. 항문 쪽으로 근접해서 절개하여 삶을 경우 해삼이 벌어져 못쓰게 된다(그림 VIII-4).

해삼 내장 제거 작업이 끝난 해삼은 해수 또는 담수를 이용하여 깨끗하게 닦아주도록 한다(그림 VIII-5).



그림 Ⅷ-2. 저장 수조 보관 전 운반되어 온 채취된 해삼



그림 Ⅷ-3. 수조 보관 중인 채취된 해삼



그림 VIII-4. 해삼 전처리 과정



그림 Ⅷ-5. 해삼 담수 세척과정

다. 해삼 삶기

건해삼을 만들기 위해 삶아주는 이유는 자가소화효소를 파괴하고, 부착되어 있는 미생물을 멸균하여 변패하는 것을 방지하는 동시에 육단백질을 열로 응고시켜 수분의 일부를 탈수시킴으로써 건조를 보다 쉽게 하도록 하기 위해서이다.

담수세척을 완료한 해삼은 일차적으로 담수로 삶아주어야 한다. 해삼을 삶기에 충분한 해삼 삶기용 용기를 준비하고 물을 1/10 바닥에서 한 뼀 정도로 적은 양의 담수를 넣고 불을 붙인다(그림 Ⅷ-6).



그림 Ⅷ-6. 해삼 삶기 준비

물이 펄펄 끓게 되면 해삼 50kg 정도를 넣어 주걱 등의 넓직한 도구를 이용하여 솥 저면에 퍼지도록 눌러주고 그대로 둔다. 해삼이 끓어오르면 주걱으로 휘휘 저어 바닥면에 타지 않도록 계속 저어준다. 해삼이 숨이 죽기 시작하여 처음 넣은 상태보다 완전히 줄어들기 시작하면 다음 내장제거 해삼을 넣게 된다. 해삼을 삶고 있으면서 반복적으로 이 행위를 계속 유지한다(그림 VIII-7). 삶는 도중 익은 해삼이 고무풍선처럼 부풀어 오르면 꺼내어 칼로 절개를 해주도록 한다. 복부절개가 안된 해삼이거나 복부의 물이 빠져나가지 못하는 경우 해삼 표피가 터져 불품이 없어진다. 해삼을 삶다보면 많은 물이발생하게 된다(70~80%). 이때 물을 계속 제거하며 해삼 몸에 있는 수분이 빠져나와 솥에 계속발생이 되는 관계로 인위적으로 물을 보충할 필요는 없다.



그림 VIII-7. 해삼 삶기

새롭게 해삼을 넣고 주걱으로 안쪽으로 눌러준 후 숨이 죽은 후 주걱으로 젓기 시작한다. 위와 같은 행위를 반복적으로 행하면서 작업자는 주걱(넓은 나무 또는 유사도구)을 이용하여 계속 저어주어야 한다. 바닥 저면에는 뜨거운 열이 닿아 해삼이 바닥면에 붙어 타버릴 요지가 크며 처음 해삼을 넣을 때마다 생 해삼을 솥 중앙부위에 골고루 주걱으로 눌러 밀어준 후 수분이 지난 후 해삼이 숨이 죽어 삶아진 것을 확인 후 다시 골고루 저어주길 반복한다.

가장 주목해야할 사항은 경험이 없는 상태에서 위와 같은 가공을 할 경우 일괄적으로 적량 가공하는 것이 유리하다는 것이다. 물이 끓으면 300kg 정도의 해삼을 넣고 장시간 저어주면서 손으로 만졌을 때 단단하게 감이 올 때까지 저어주도록 한다. 위와 같은 반복행위를 2시간 30분에서 3시간 가량 행하면 800kg에서 1톤 가량의 해삼을 처리할 수 있다.

삶기가 끝난 해삼은 차가운 물에 바로 투입하여 내부의 열을 빨리 식히는 것이 좋다. 내부의 열을 빨리 시키는 것은 변질과 형태 변형을 최소화 할 수 있다 (그림 Ⅷ-8).



그림 Ⅷ-8. 삶기가 끝난 해삼의 물기 제거

라. 해삼 염장

건해삼 제조를 위한 염장처리 방법은 크게 두 가지로 구별된다. 첫째는 고염도 염장수를 제조하여 삶는 방법이고, 둘째는 소금을 이용하여 직접 염장하는 방법이다. 본 연구에선 염장수를 이용한 삶기 염장방식을 사용하였으며 참고적으로 소금직접 염장방법을 제시한다.

(1) 염장수로 삶기

염장수로 삶기 위해 소금을 이용하여 염농도 30~40%의 염장수를 준비하여 솥에 넣고 끓인다. 펄펄 끓는 상태에서 해삼을 투입하여 55분 동안 삶는다. 삶아진 해삼은 1일 건조한 후 다시 무염수로 삶아 소금기를 제거하였다. 무염수 삶는 과정을 반복함으로써 해삼의 염농도를 줄여 건조 후 소금이 석출 되는 현상을 방지할 수 있다.

(2) 직접 염장

소금을 이용한 직접 염장방법은 다음과 같다. 삶기가 끝난 해삼의 물기를 제거한 후 보온 통에 넣어 염장을 하도록 한다(그림 VIII-9). 보온통에는 100kg 정도의 삶은 해삼에 33kg의 천일염 소금을 넣어 소금을 상하로 골고루 저어 섞여 주도록 하며 물은 첨가하지 않는다. 12시간 염장한다. 이때 주의 할 점은 열기가 상당히 높아 조심하며 염장 보온통에서 스스로 열기를 자연적으로 식혀주어야 한다. 보온통 뚜껑을 열어 놓아주며 보온통 내부에는 소금이 녹으며 발생한 물과 해삼에서 나온 물로 가득차 있다. 이 물과 해삼의 온도를 서서히 자연적으로 낮춘 후 저장고로 보관할 수 있다. 갑자기 뜨거운 상태에서 건져내어 보관을 하면 해삼 표면이 달라붙어 손상이 오는 관계로 조심하여야 하므로 뚜껑을 열어 식히고 염장에서 냉동고에 들어가기까지 24시간 정도 소요된다. 염장을 할 때에 소금량이 많을수록 소금의 침투 속도가 빠르고 침투량도 많아 저장성이 좋아지는데 저장성을 좋게 하기 위해서는 소금량을 늘이거나 저온에서 염장하여 염장 초기에 부패되지 않도록 한다. 일반적으로 저장온도가 15℃인 경우의 저장한계는 소금량이 10% 정도에서 약 7일, 15%에서는 약 15일, 20%에서는 약 20일정도 저장할 수 있다.



그림 Ⅷ-9. 자숙 후 염장이 끝난 해삼을 채반에 펼쳐 물기 제거

(3) 염장해삼 보관

염장이 완료된 해삼은 해삼표면의 수분이 제거된 후 냉동시설(-20℃), 냉장시설(2~5℃ 전후)에 보관하도록 한다. 보관된 해삼은 향후 건해삼 가공 등에 사용된다. 보관 시에는 15~20kg의 아이스박스 또는 통을 이용하도록 하며 내부에는 큰 비닐을 이용하여 해삼을 비닐에 넣고 아이스박스 또는 통에 넣어 보관한다. 가공된 해삼이 수북하게 많이 쌓아놓으면 해삼표피가 손상이 갈수 있으며 염장이 잘된 해삼은 포동포동할 정도로 상태가 단단하고 좋아진다(그림 Ⅷ-10).

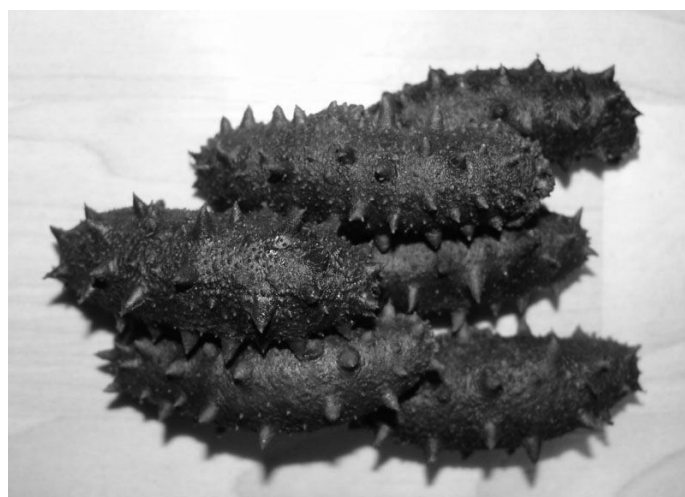


그림 Ⅷ-10. 자숙가공 된 해삼

마. 건조방법

자숙해삼은 소금기가 없을수록 좋으며 이와 같은 상태의 해삼을 건조하여 상등급의 건조해삼을 제조한다. 건조해삼 제조방법은 완성된 자숙해삼을 다시 삶아서 염분을 제거하고 건조하는 작업을 반복한다.

(1) 무염수 삶기

해삼을 삶을 때는 끓고 있는 물에 원료를 넣거나 미지근한 물에 넣어서 끓이지 말고, 물을 끓인 다음 찬물을 첨가하여 90℃ 전후에 온도로 맞춘 열탕에 원료를 넣는 것이 좋다. 처음부터 끓는 물에 넣으면 근육의 수축이 급격하게 일어나기 때문에 살이 터지는 수가 있고, 꼬여서 모양이 좋지 않게 된다. 반대로, 미지근한 물에 넣어서 끓이면 응고가 불충분해져 육성분이 용출하게 되고 제품의 맛이 떨어질 뿐 아니라, 외관도 늘어져서 좋지 않게 되기 때문이다. 이렇게 삶은 해삼은 차가운 물에 빨리 식히는 것이 조직에 수축을 촉진하여 탄력성을 부여하고 내부 부패를 방지할 수 있다.

(2) 건 조

건조는 열풍건조를 이용하여 건조하며 이때 건조온도는 40℃로 한다(그림 VIII-11). 건조시 내부 건조가 안 된 상태에서 표면건조가 빨리 진행되면 표면이 먼저 말라 딱딱하게 되는 조직의 변형과 건조속도의 감소로 건조시간이 오래 걸리기도 한다. 따라서 건조시간의 증가와 표면변형을 방지하기 위해 주기적으로 수분을 공급해 주며 공급주기는 6시간을 주기로 공급하여 표면이 건조하는 것을 방지해야 한다. 삶기와 건조과정은 해삼의 상태를 보고 반복횟수를 결정하여 건조해삼을 제조한다. 건조과정중에서 해삼의 품질변화를 최소화하기 위하여 배면이 아래로 향하게 하고 철망을 이용하여 건조시 수분이 고루 빠져 나가게 하며 건조후 수분함량은 약 5~8% 정도로 되게 하며 위와 같은 조건에서 대략 13~14일 정도 걸린다(그림 VIII-12).



그림 Ⅷ-11. 열풍건조 중인 해삼



그림 Ⅷ-12. 건조 후 해삼

(3) 선별, 포장

건조가 완료된 해삼은 모양, 색, 냄새 등의 검사를 통해 등급을 분류하여 포장한다. 외관상의 모습은 뿔이 굵고 많으며 통통하고 길며 발이 살아있는 것이 좋다. 색은 검고 잔돌기에 흰반점이 있거나 자연색깔(갈색, 진회색 등)에 잔돌기에 흰 반점이 있는 것이 상급의 건해삼(그림 Ⅷ-13)으로 분류된다. 또한 해삼특유의 향긋한 냄새(숙성된 사과향)가 나는 것을 선별하여 포장한다.



그림 Ⅷ-13. 고급 건해삼

바. 건해삼 제조공정도

지금까지 각 요소별 제조공정에 필요한 요소기술을 제시하였다. 제조 공정은 이러한 기술을 바탕으로 다음과 같은 전체적인 공정을 거쳐 건해삼을 제조한다. 전처리를 거친 해삼은 1차적으로 고염수로 1단계 자숙을 거쳐 건조한 후 2단계 무염수 자숙과 건조과정을 2~3회 거쳐 최종적인 건해삼을 제조한다. 여기에 제시한 건해삼 제조 방법은 지금까지 연구결과와 자료수집을 바탕으로 만들어졌으며, 참고적으로 활용될 수 있다.

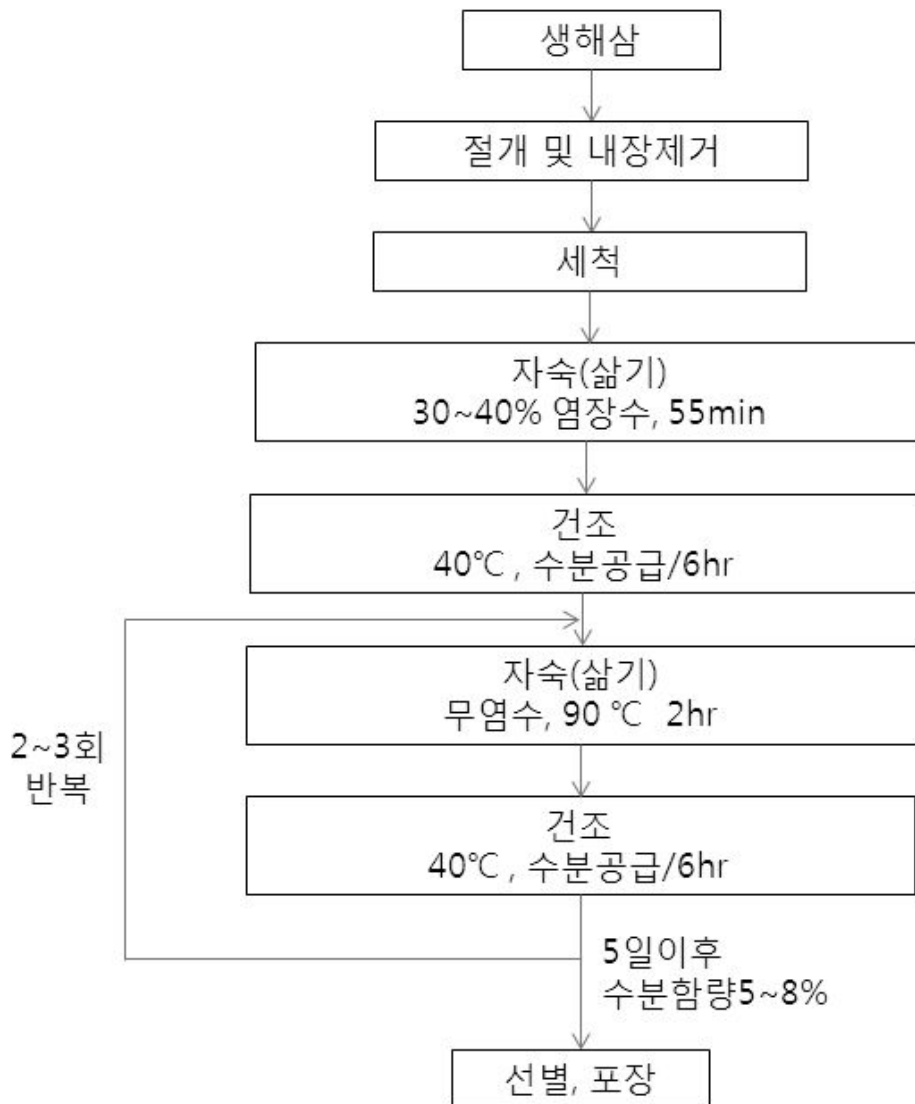


그림 Ⅷ-14. 건해삼 제조공정도

사. 건해삼 불리기

건해삼을 차가운 물에 하루 동안 담가 둔다. 부풀어 오른 해삼을 물에 넣고 40분간 끓여주는데 처음부터 해삼을 넣어서 끓인다. 끓이는 과정이 끝난 해삼은 찬물에 3~4시간동안 담가 둔다. 이때 부풀어 오르지 않은 해삼은 건조가 안 된 것으로 판단하며 불린 해삼의 무게는 불리기전의 5~6배 정도 된다(그림 Ⅷ-15). 건해삼 불리는 과정은 끓이기와 찬물에 담그는 과정을 수회 반복하여 제조하나 통상 그 기간은 이틀을 넘기지 않으며 마지막 불리고 난 후 엄지와 검지로 해삼

가운데를 잡았을 때 바나나모양으로 휘어지는 것이 최상품이며 축 쳐지는 것은 최하품이다. 불린 해삼은 먹었을 때 부드러우면서 씹는 질감이 쫄쫄해야 하며 해삼 특유의 향이 그대로 살아있어야 한다.



그림 Ⅷ-15. 불린 건해삼