

수산기술지 15호

해삼 종묘생산

차 례

I. 서 론.....	1
II. 생태 및 습성.....	3
1. 분포 및 형태.....	3
2. 분류.....	5
3. 생태 및 생리.....	9
III. 종묘생산.....	15
1. 종묘생산 시설.....	15
2. 먹이생물 배양.....	17
3. 종묘생산 방법.....	21
IV. 해삼 양성.....	36
V. 전 망.....	39
VI. 참고 문헌.....	40

머 리 말

맑은 날 한적한 바닷가에서 해녀의 손에 갓 잡혀온 싱싱한 해삼은 그 자리에서 간단한 술안주나 먹거리가 되어 바닷가 바위에 앉아 선선한 바닷바람과 함께 먹는 맛은 많은 사람들에게 잊을 수 없는 하나의 추억으로 남아 있을 것이다.

이처럼 해삼은 서민들이 많이 찾는 재래시장 좌판에서부터 고급 요리의 주재료까지 다양하게 접할 수 있는 우리나라 연안의 대표적인 수산물이다.

해삼에 대한 기록은 15세기 후반 「세종실록지리지」와 「동국여지승람」에 조선 8도 가운데 경기도, 평안도를 제외한 6도가 해삼의 산지로 기록되어져 있다. 경기도, 평안도에서 해삼이 전혀 나지 않는 것은 아니지만, 지금도 해삼은 동해안을 중심으로 주로 어획되고 있다. 또 해삼은 육지의 인삼에 버금가는 약효를 가졌다고 하여 바다의 인삼이란 뜻으로 해삼으로 불리워지게 되었다.

해삼은 동북아시아, 주로 한국, 중국, 일본에서는 즐겨 먹는 수산물이지만, 서구에서는 생김새와 촉감에서 오는 혐오감 등으로 식용으로 하기에 많이 꺼려하고 있다. 하지만 해삼이 가진 영양성분을 고려한다면 앞으로는 점차 수요가 늘 것으로 생각된다.

우리나라에서의 해삼에 대한 연구는 1990년부터 국립수산물과학원 수산종묘시험장에서 종묘생산 기술개발과 함께 매년 10만마리의 해삼 종묘가 생산되어 바다 연안에 방류하는 등 해삼 자원의 증강에 많은 노력을 기울여 왔다. 이 후 2000년에 들어서 도립수산시험장이 개장되면서 일부 시험장에서 해삼종묘생산을 시도하여 매년 소규모지만 일정량의 종묘가 연안에 방류되고 있다.

현재 우리나라의 양식 환경은 수산물 수입개방 등으로 해를 거듭할수록 경쟁력을 잃고 있으며, 일부 양식품종은 과다생산 등으로 경영악화가 더욱 심화되고 있는 실정임에 따라 새로운 양식품종 개발이 어느때 보다 절실하게 요구된다.

해삼은 국내에서 비교적 고가로 유통되고 있으며, 근래 어획량의 급감으로 공급이 수요를 따라가지 못하고 있는 품종으로 해삼양식의 필요성이 대두하게 되었다. 이에 따라 해삼양식에 뜻을 가진 분들과 해삼양식의 발전에 도움이 되었으면 하는 바람으로 본 기술지를 발간하고자 한다.

1. 서론

해삼은 극피동물문 해삼강에 속하는 종으로 생김새가 전혀 다른 성게, 불가사리와 같은 계통군으로 분류되고 있다. 우리가 일반적으로 해삼 또는 참해삼 이라고 부르고 있는 종은 돌기해삼, *Stichopus japonicus*을 가리키는 것으로서 우리나라에서 어획되는 해삼류의 대부분을 차지하고 있다.

돌기해삼은 우리나라 연안 해삼류중 가장 대표적인 종으로 우리나라 전 연안에 분포하고 있다. 해삼류는 세계적으로 1,100여종 이상이 있는 것으로 알려져 있으며, 우리나라에는 약 30여종이 채집 또는 서식하고 있는 것으로 파악되고 있다.

해삼은 영어로는 sea cucumber, trepang, 일어 명칭은 나마고(ナマコ) 또는 마나마고(マナマコ)이며, 중국에서는 하이삼 또는 하이선(海參, hǎishēn)으로 불리고 있다. 또한 해삼은 특이한 생김새로 인해 서양에서는 바다의 오이, 바다의 소시지(북유럽), 바다의 뱀(프랑스)등의 뜻으로 불리고 있다.

해삼의 우리 고유어 말은 “뽕”이라고 불렸으며, 여러 고문헌에서는 해남자(海南子), 해서(海鼠), 토육(土肉), 흑충(黑蟲), 해삼(海參)등의 명칭으로 불려졌다. 해삼이라고 명명된 연유로서는 한의학 의서인 본초학에서 인삼에 필적한다고 하여 명명되어졌다고 하며, 실제 근래의 성분연구 결과 인삼 사포닌과 같은 계통의 사포닌 물질인 holothurin A 와 B 등이 해삼으로부터 규명되어 졌다.

요리 재료로 많이 사용하는 해삼은 자숙건조 시킨 건해삼으로서 건해삼은 오래전 18세기 때부터 중국과의 무역에서 인삼과 함께 주요 수출품이었으나, 현재는 우리나라에서 건해삼을 제조하지 않는다. 건해삼은 북한, 중국, 브라질, 일본, 북미 등에서 제조되어 연간 약 2,000톤이 우리나라로 수입되고 있으며, 이중 중국산이 절반 이상 차지하고 있다.

우리나라에서는 생해삼을 날로 많이 섭취하는데 생해삼은 육질의 특성으로 인해 소화, 흡수가 다소 떨어지는 단점이 있는 반면, 건해삼은 생해삼을 건조하는 과정에서 요오드가 오히려 증가하게 되고 요리로 익혀 먹으면 유용성분의 소화, 흡수율이 높다.

한방에서 해삼은 최고의 강정제로 불릴 만큼 원기증진과 보혈하여 신장을 이롭게 하여 남성들의 정력을 강하게 하며, 임신 중인 여성과 선천적으로 몸이 허약한 여자와 태반이 약한 임산부에게 좋다고 한다. 해삼 단백질의 주요 아미노산 성분은 알기닌, 시스틴, 히스티딘, 리진이며, 철, 인, 칼슘 등이 풍부하고 담즙성분인 타우린도 많아서 빈혈을 예방 치료하며, 간장의 운동을 원활하게 해 준다. 특히 칼슘과 탄닌 성분은 암과 위궤양까지 예방하며, 식욕을 돋우고 신진대사를 좋게 하고 칼로리가 적어 비만 예방

에도 효과적이고, 고혈압, 동맥경화, 당뇨환자와 비만자의 건강식품으로 권장된다.

해삼은 계절적으로 4~6월에 비교적 많이 어획되며, 주 어획 방법은 잠수기 및 제1종 공동어업에 의해 이루어진다. 지역적으로는 경남지방이 우리나라 총 생산량의 40~50%를 차지하고 경상북도, 강원도의 순으로 생산되고 있다.

우리나라에서의 연간 해삼 생산량은 80년대에는 매년 3천톤 이상 어획되었지만, 90년대에 들어서는 2천여톤 내외로 줄었으며, 2000년대에 들어서는 1천여톤 내외의 생산량을 보여, 우리나라 연안의 해삼 자원량이 상당히 감소되었음을 보여주고 있다.

근래 10년간의 해삼 생산량 및 생산금액 추이는 표 1과 같다.

표 1. 연도별 해삼 생산량 및 생산금액 추이

(단위 : 톤, 백만원)

년도	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
생산량	2,117	1,892	1,979	2,217	1,439	1,204	1,419	900	833	1,281
생산금액	12,260	14,021	15,169	16,905	9,343	8,511	10,169	8,320	8,006	11,130

점차 고갈되어 가는 해삼 자원량의 회복 및 증강을 위한 적극적인 노력의 일환으로 지금까지 개발된 돌기해삼 종묘생산 기술을 소개하고자 한다.

II. 생태 및 습성

1. 분포 및 형태

돌기해삼의 분포는 수평적으로 우리나라 전 연안과 일본, 쿠릴, 사할린등 온대해역에서 한대해역까지 북동태평양 전역에 분포하고 수직적으로는 수심 0~40m 사이에 서식한다. 돌기 해삼은 저질이 순 개흙질인 곳을 제외하면 어디에서나 서식하고 내만성 해삼은 연안의 조간대부터 수심 20m 사이에 주로 서식한다. 어린 해삼은 연안의 암초나 조장지대에 많으며, 수심이 깊어질수록 큰 개체가 서식한다.

해삼의 형태는 일반적으로 양끝이 둔원으로서 원주상이지만 수축성이 심하여 구형에 가까운 모양으로 될 때도 있다. 몸 표면에는 많은 혹발(papillae)이 있으며, 입에 20개의 촉수(tentacle)가 있다.

표 2. 내만성과 외양성 해삼의 차이(崔, 1963)

구 분	내만성 해삼	외양성 해삼
체 색	암청록색이 많고 황다갈색과 암다갈색도 있다.	적색에 황갈색, 암적갈색의 반문이 있고 복부는 적색이다.
폴리씨낭 (Polian vesicle)	두텁고 짧으며, 선단은 둔원형	가늘고 길며, 선단은 뾰족하다.
수축성 (contractibility)	수축성이 적다	수축성이 심해서 체형이 구형 비슷하게 되는 수도 있다.
젤라틴의 피복 (gelatinous coating)	알에 젤라틴 피물(被物) 없다.	알에 두께 25 μ m내외의 젤라틴 피물이 있다.
촉수골편(ossicle)	형태가 단순하다.	형태가 복잡하다.
수직분포	넓다.	좁다.
저염분에 대한 저항	강하다.	약하다.

해삼을 간혹 청삼, 홍삼, 흑삼으로 부르는 경우가 있는데 이는 일본에서 구분하는 명칭이며, 모두 돌기해삼이다. 그러나 우리가 흔히 부르고 있는 홍해삼은 분류상 같은 돌기해삼이지만 서식 환경에 의해 체색과 생태가 약간 차이가 있으며, 희소성과 특이한 체색으로 인해 비교적 높은 가격에 유통되고 있지만 다른 해삼과 성분적인 특이성은 없다.

돌기해삼의 체색은 노란색, 검정, 갈색, 녹색, 붉은색 등 다양하며 이들 색들의 중간 색도 많다. 체색은 환경과 먹이에 관련 있는 것으로 추정되며, 주로 진흙이나 유기물질이 많은 지역에서는 검정과 갈색의 종류가 많고 암반이나 돌로 된 지역에서는 붉은색, 노란색, 녹색 등의 체색이 많다. 아주 드물지만 순백색의 개체도 보인다.

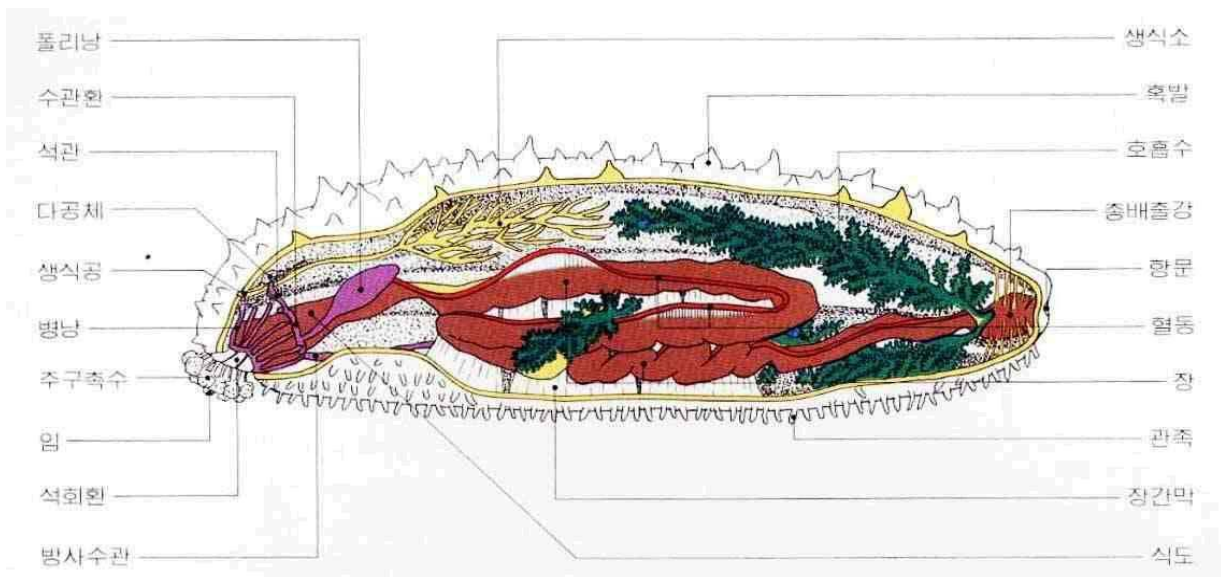


그림 1. 해삼 체제 모식도

2. 분 류

우리나라에 분포하는 해삼류의 분류 및 명칭은 아래와 같다.

극피동물문(Phylum Echinodermata)

해삼강(Class Holothuroidea)

수수목(Order Dendrochirotea)

비늘해삼과(Family Psolidae)

비늘해삼

잎사귀해삼과(Family Phyllophoridae)

화문해삼, 높은탑해삼, 가시탑해삼, 소신해삼

환꼬리해삼과(Family Sclerodactylidae)

다족환꼬리해삼, 보라해삼붙이

광삼과(Family Cucumariidae)

쿠쿠멜라광삼, 와타세신광삼, 이원촉수해삼, 오각광삼, 타원광삼, 소광삼, 성게광삼, 오각해삼, 수수해삼, 의광삼

지수목(Order Dactylochirotida)

순수목(Order Aspidochirotida)

해삼과(Family Holothuriidae)

개해삼, 점해삼

돌기해삼과(Family Stichopodidae)

돌기해삼

판족목(Order Elasipodida)

무족목(Order Apodida)

닷해삼과(Family Synaptidae)

아기닷해삼, 둥근닷해삼, 가시닷해삼, 주걱닷해삼

바퀴해삼과(Family Chirodotidae)

보라바퀴해삼

은족목(Order Molpadida)

은족해삼과(Family Molpadiidae)

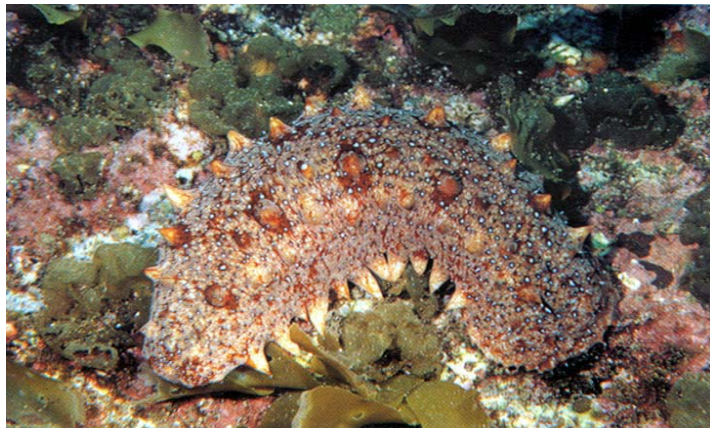
은족해삼

꼬리해삼과(Family Caudinidae)

흰해삼, 은족민꼬리해삼, 꼬리해삼



돌기해삼



돌기해삼(홍해삼)



가시닷해삼



개해삼



흰해삼



오각광삼

그림 2. 국내산 해삼의 종류별 모습

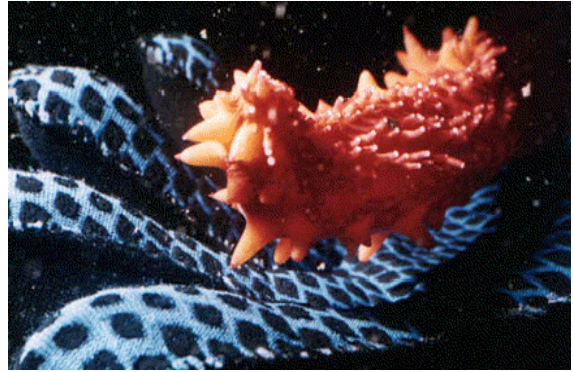


그림 3. 기타 해삼류의 다양한 색상과 형태(외국종)

3. 생태 및 생리

해삼의 생물학적 최소형은 각중(전체중량-내장중량)이 대체로 58~60g 정도인 것으로 알려지고 있다.

생식소는 구부석회환 바로 뒤에서 발달하고 입 부분 바로 위의 중앙에 있는 생식공에 이어져 있다. 생식소의 모양은 나뭇가지 모양으로 발달하며, 성숙된 개체는 각중비 20%이상 생식소가 체강에 가득 차게 된다.

해삼류는 거의가 암수딴몸이지만 암수한몸인 종도 있다. 해삼은 외관상으로는 암수의 구별을 할 수 없고 복부를 절개하여 생식소의 색으로 구분할 수 있다. 생식소의 중량이 5g이하일 때 까지는 암, 수 모두 담황색을 띠고 있으나 성숙함에 따라 정소는 유백색으로 되고, 난소는 선명한 홍색을 띠어 완전히 구분된다. 생식소는 3월경부터 급격히 발달하며 수온이 13~16℃인 시기에 방정, 방란이 시작되고 18~22℃인 시기에 종료 되는 것으로 알려져 있다.

우리나라에서의 돌기해삼 산란기는 4월 중순~7월 중순으로서 수온의 영향으로 서식 지역에 따라 다소 산란시기의 차이를 보이고 있다. 경남을 비롯한 남해지방에서는 4~5월, 경북 연안은 5~6월, 강원 연안산은 6~7월이 산란 성기라고 추정된다.

경북 연안산 해삼의 경우, 생식소 속도지수(GSI)가 2월에 암컷 7.9%, 수컷 3.8%의 낮은 지수를 보이다가 이 후 급격한 발달을 보여 4월에 이르러서 암컷 22.3%, 수컷 19.0%의 최대의 속도지수를 나타내었다.

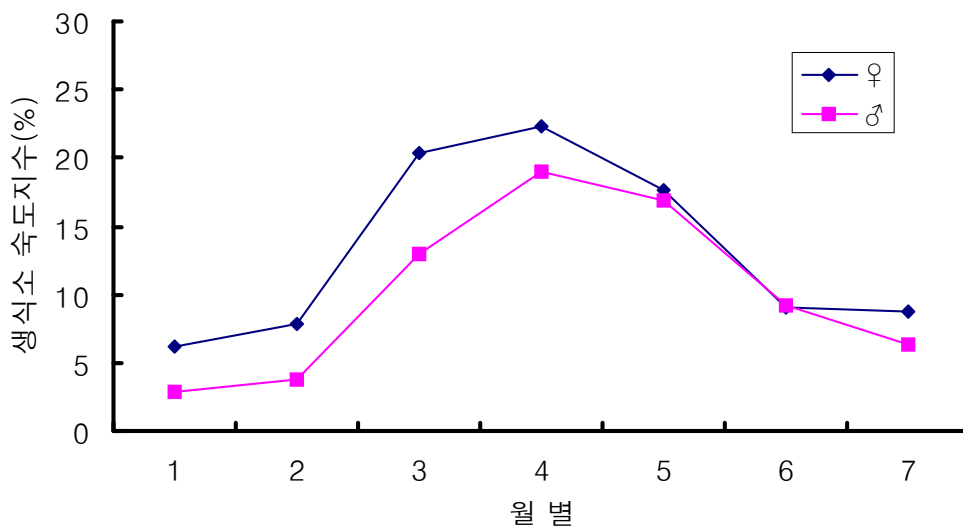


그림 4. 해삼 월별 생식소 속도지수 변화(경북 연안)

참고로 일본 북해도 지역의 돌기해삼의 산란기는 6월 하순부터 9월 상순이며, 산란 성기는 7월 상순에서 8월 중순이라고 한다.

성숙된 난소 1g에는 약 20만개의 난을 가진다. 외양에 사는 해삼은 내만성에 비해 생식소가 가는 편이고 그 양도 적다고 한다. 성숙된 미수정란은 원형 또는 타원형으로 150~180 μ m의 크기이며, 수정란은 난막을 포함 200 μ m 내외의 크기를 보인다.

해삼류는 간접 발생을 하여 분화한 부유성 유생기를 지나는 것과 직접 발생을 하는 종도 있다. 간접발생 과정은 Auricularia기, Doliolaria기, Pentactula 유생기를 거쳐 어린해삼이 된다.

돌기해삼의 Auricularia 유생은 수정 후 약 12~14일째에 최대 체장 1mm내외로 성장하였다가 그 이후에는 체장이 축소되기 시작하여 Doliolaria 및 Pentactula 유생기에는 200~300 μ m 내외의 크기를 보인다.

식성은 각종 2.0~2.5g까지의 어린해삼은 부착성 미세조류등을 주로 섭이하고 성체는 해저의 사니질을 섭취하여 그 속에 함유되어 있는 유기질과 원생동물, 갑각류, 연체동물의 유생, 어류의 사체 등 미세한 동식물을 섭취한다. 섭취량은 개체의 크기와 계절에 따라 다르며, 섭이율은 개체의 크기보다 계절에 따라 크게 변동한다. 8월 중순에는 각종의 0~10%, 12월에는 5~35%, 3월 초순에는 20~45%에 상당하는 양을 섭취한다.

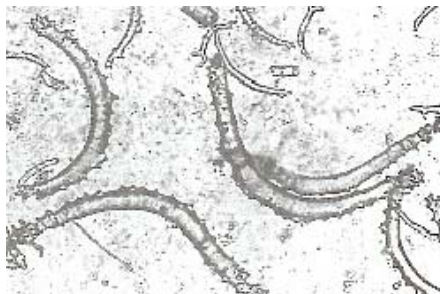
해삼은 일반적으로 재생력이 강하다. 소화관을 배출한 개체를 12월에 바다에 방류하면 다음해 3월하순경에는 자연 해삼과 거의 동일한 소화관을 재생한다고 한다. 해삼류의 재생력은 종류에 따라 차이가 있으며 은족류와 관족류에 속하는 심해산에서는 재생에 관한 보고가 없으나 대부분의 해삼류는 재생을 하며, 수수류와 순수류에 속하는 것은 재생력이 강하고 특히 수수류에서 뚜렷하다. 닻해삼과에 속하는 종은 자질이 강하다. 닻해삼을 만지게 되면 손이 닿은 부분이 하얀색으로 변하면서 단단한 근육 형태로 되어 잘라진다. 심지어 한 마리의 닻해삼에 자극을 주면 5조각 이상으로 잘라지기도 한다. 몸이 여러 개로 나누어진 닻해삼은 가장자리의 두 부분만 재생하여 두 마리가 되는데, 이때 한쪽에 위치한 항문 부분이 입으로 바뀐다고 한다.

해삼은 적으로부터의 공격을 받거나, 외부로부터 자극을 받으면 내장을 항문 밖으로 배출하여 내장을 먹이로 제공하고 그 사이 도피하거나, 큐비엘기관을 가진 순수류에 속하는 대형종은 큐비엘기관을 방출하여 그것으로 적의 몸을 얽어매는 방법으로 위협을 피한다. 점착성을 가진 큐비엘기관에 얽힌 어류는 결국 질식되거나 큐비엘기관에 포함되어 있는 독성에 의해 폐사한다고 한다. 또한 해삼류는 대부분 홀로수린(holothurin)이라는 독소를 가지고 있는데 이 성분을 어류에 주사하면 죽는다고 한다. 사람이 식용으로 하는 종은 이 성분이 아주 적게 들어있어 인체에는 거의 영향을 주지 않는다.

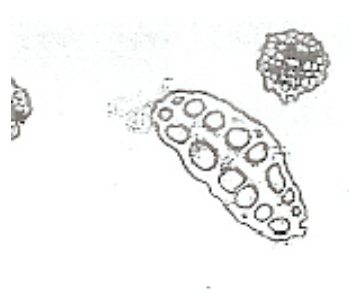


그림 5. 해삼의 큐비엘기관(cuvierian organ) 방출한 모습

해삼의 골격계는 피부 골편으로 되어있으며, 골편의 모양과 크기는 다양하다, 보통 손잡이 모양, 초롱 모양, 다공판 모양, 차바퀴 모양, 막대 모양, 칩 모양, 곤봉 모양 등 변화가 심하다. 이 골편의 모양과 분포는 종에 따라 일정하기 때문에 종의 분류학상 중요한 특징이 된다. 비늘해삼 종류는 골편이 모여서 크게 되고 조직과 함께 체표를 비늘모양으로 덮어서 방어 구조를 이룬다. 해삼의 골편은 Auricularia 유생 후기 이 후 부터 만들어진다.



A



B

그림 6. 돌기해삼 골편(A:촉수, B:체벽)

일부 해삼류는 공생을 하는데 숨이고기라는 어류가 항문을 통해 드나들면서 공생을 하는데 숨이고기는 큰 고기들로부터의 공격을 피하고 이로 인해 해삼은 깨끗한 물과 공기를 공급받는 등 대부분 편리공생 관계를 가지지만 일부 종은 해삼의 생식소와 내장을 먹는 기생 생활을 하는 경우도 있다고 한다. 그러나 식용으로 하는 해삼의 장내에는 살지 않는다고 한다. 또 해삼의 입 촉수 주변에서 공생하는 비늘갯지렁이도 있으며, 이 외에도 속살이게, 일부 새우류, 흰해삼과 흰해삼속살이게가 공생 관계를 이룬다.

보통 해삼에는 천적생물이 거의 없지만 해삼에 기생하는 달팽이 종류가 있는 것으로 알려지고 있다. 어느 특정 해삼에 기생하는 것으로 해삼의 몸을 녹여 구멍을 뚫고 긴 주둥이를 집어넣어 해삼의 체액을 빨아먹는다고 한다(그림 7).

해삼류는 다른 해산 무척추동물과 같이 수분이 체구성 요소를 차지하는 비율이 대단히 크다. *Parastichopus californicus* 종의 몸 각 부분의 전체 중량비를 보면 체강액 50%, 체벽 30%, 종주근 10%, 생식선 5%, 소화관 2.5%, 호흡수 2.5%로서 체강액이 체중의 절반을 차지한다.

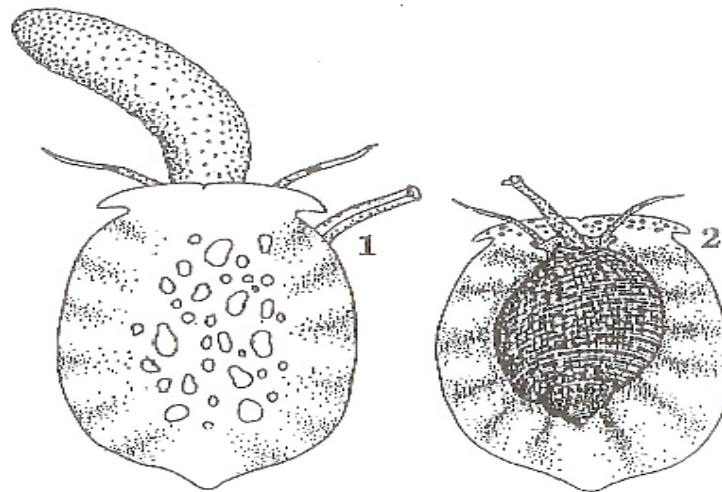


그림 7. 해삼의 해적생물인 달팽이류(1:복부, 2:배부)

해삼류는 체벽 종주근, 환상근, 인두 견인근이 잘 발달되어 있으며, 모두 평활근이다. 해삼의 호흡은 체벽과 항문 쪽에 있는 호흡수(respiratory tree)라는 기관으로 하게

되는데 몸의 근육을 수축시켜 항문으로 해수를 출입시켜 하게 된다. 체벽의 호흡량은 조건에 따라 전체 호흡량의 40~90%에 달한다. 호흡수를 가지지 않는 무족류, 판족류에서는 체표면이 유일한 호흡기관이다.

호흡에 의한 산소소비량은 해수속의 산소분압과 PH에 의해서 변한다. 흰해삼은 0.72~0.057ml O₂/l로서 호흡량은 산소분압에 비례한다. 일반적으로 온도의 상승에 따라 호흡량 및 여기에 관련된 생리활동은 높아진다.

음식물 섭취 후 배설까지의 경과 시간은 종에 따라 3시간에서 20시간이 소요된다.

일반적으로 해삼류는 성게류와 같이 카로틴과 산조필 색소를 가지며 흙갈색의 색소는 대부분 멜라닌으로 추정하고 있다.

해삼의 이동속도는 1분간에 약 10cm정도이며, 일직선으로 계속 이동한다면 하루에 약 150m 정도 이동할 수 있는 속도이다. 그러나 해삼은 서식지를 크게 벗어나지 않으며, 직선으로만 이동하지 않으므로 이동거리는 극히 미미한 정도이다. *Holothuria atra*라는 종의 하루에 배회하는 범위는 해저에 유기물이 많고 먹이가 풍부한 곳에서는 15m내외, 먹이가 없는 곳에서는 50m 정도 이동한다고 한다. 또 아기닷해삼의 어린 개체는 몸의 과동운동과 촉수를 사용하여 야간에 수면 가까이 유영하는 습성이 있다고 한다.

해삼은 여름철 수온이 24℃ 이상 되는 고수온기가 되면 하면(summer sleeping)이라는 여름잠을 잔다. 돌기해삼은 7월 중순 산란을 끝낸 개체는 바위 밑과 바위틈 등 어두운 곳에 들어가 숨거나, 외해 쪽으로 이동해 나간다. 하면 중에는 먹이 섭취도 않은 채 몸을 수축하여 활동하지 않고 지내다가 수온이 내려가면 다시 활동을 시작한다.

돌기해삼의 생활환은 크게 활동기, 하면전기, 하면기, 회복기로 구별된다. 활동성기는 수온 8~10℃인 시기이며, 17.5~19℃일때는 하면전기, 24.5℃ 이상에서는 하면기, 수온이 상승하였다가 하강하는 시기를 회복기, 19℃이하로 내려가면 활동기가 된다.

표 3. 돌기해삼 년중 생활 주기

생활 주기	수온 범위	시 기
활동성기	8~10℃	12~3월
활동기	19℃ 이하	11~5월
하면전기	17~19℃	6월
하면기	24.5℃ 이상	7~8월
회복기	수온 하강시기	9~10월

해삼은 수온 20℃ 이상 상승하면 이 후 먹이 섭취를 거의 하지 않거나, 극히 소량만 섭취하여 체중이 오히려 줄어들게 된다. 하면 기간 중에는 장의 길이가 체장보다 짧아지고 체중에 대한 장의 중량비는 0.3% 정도로 위축된다. 이 후 다시 수온이 하강하여 10℃ 이하가 되면 소화관은 최대로 발달하게 되며, 이때의 장 길이는 체장의 5.7~6.4배에 달한다고 한다.

소화관은 부분에 따라 형태적, 기능적으로 분화되어 있고, 각 부분은 인두, 식도, 위, 장 및 총배설강으로 나뉜다. 그리고 장은 소장, 대장, 직장 또는 하생부, 상행부로 나눈다. 소화관의 발달 정도는 종에 따라 다르며 때로는 위가 없는 종도 있다. 대장은 배쪽 좌 또는 우 간보대의 복현장막에 연결되며 곁어져 있는 것도 있다.

인두와 식도는 큐티쿨라로 덮여 있는 경우가 많다.

표 4. 해삼 체성분 조성표(100g)

열량 (kcal)	수분 (g)	단백질 (g)	지방 (g)	당질 (g)	회분 (g)	칼슘 (mg)	인 (mg)	철 (mg)	티아민 (mg)	리보플라 빈 (mg)	니아신 (mg)
24	91.8	3.7	0.4	1.3	2.8	119	27	2.1	0.01	0.03	1.2

* 국립수산물진흥원(1995)

III. 종묘생산

1. 종묘생산 시설

돌기해삼 종묘생산을 위한 시설로는 크게 해삼 유생기의 먹이생물을 대량 배양 할 수 있는 먹이생물 배양실, 채란 후 부유유생 사육을 위한 유생사육 시설과 채묘 및 어린해삼 사육을 위한 사육동이 필요하다.

가. 먹이생물 배양실

종묘생산에 사용되는 먹이생물은 야외에서는 배양할 수 없기 때문에 최적의 조건을 구비한 실내 배양실을 갖추어야 한다. 배양실의 크기는 필요한 먹이생물 배양 규모에 따라 넉넉한 공간을 제공할 수 있는 것이 좋다. 배양실은 외부기온에 영향을 받지 않도록 단열 되어야 한다.

배양실에 갖추어야 할 시설로는 계절에 관계없이 일정한 실내 온도 조절을 위한 냉난방 장치와 먹이생물 번식에 적절한 밝은 조명시설(3,000~5,000 Lux)이 되어야 하고 다량의 깨끗한 에어공급 시설이 갖추어져야 한다. 또한 먹이생물 배양을 위한 기자재로서 자외선 살균기, 증류수 제조기, 고압멸균기, 배양병과 수조, 각종 초자기구 및 먹이생물 영양배지 조제를 위한 각종 시약이 구비되어야 한다.

나. 유생 사육시설

유생 사육시설 역시 기온에 따라 유생사육 수조의 수온 변화를 막기 위해 단열이 될 수 있는 실내가 좋다. 여과된 해수를 충분히 공급할 수 있는 주수 시설이 되어야 하며, 유생 사육수조는 일정하게 정해진 규격은 없으나 유생 사육관리의 편리성을 위하여 3~4ton 용량의 FRP 직사각 수조를 이용하는 것이 좋다. 콘크리트수조를 이용할 수도 있으나 콘크리트의 수조 내부의 거친 면은 유생 사육관리 및 채묘 시에 어려움이 있으므로 바닥과 벽면을 매끈하게 처리한 후 사용해야 한다.

다. 어린해삼 사육시설

채묘 후 어린해삼 사육 시설은 채묘 파관에 부착규조류가 잘 번식할 수 있게 자연광이 잘 투과 될 수 있도록 벽면과 지붕이 투명재질이어야 하며, 햇빛의 투과율을 임의적으로 조절할 수 있는 차광시설이 있어야 한다. 주간에는 바람이 잘 통할 수 있도록 환풍 장치와 창문이 많은 것이 좋다. 어린해삼 사육수조는 콘크리트 수조를 이용하며, 수심 80cm 정도의 수조가 어린해삼 사육관리에 편리하다.

종묘생산 종료 후 파판 세척할 때 파판세척기를 이용하면 인건비를 줄일 수 있다.



먹이생물 배양실



유생 사육장 및 수조



어린해삼 사육장 및 수조

그림 8. 해삼 종묘생산 시설

2. 먹이생물 배양

해삼의 효율적인 종묘생산을 위해서는 적절한 먹이생물의 선택과 대량 배양이 가능하여야 한다. 해삼은 수정 후 어린해삼이 되기까지 약 20~30일 정도 부유생활을 거치는 동안 매일 계속해서 먹이를 공급해 주어야 한다. 소요되는 먹이생물의 필요량을 확보하기 위해서는 예비 배양을 포함하여 유생사육 개시 약 1개월 전부터 배양을 시작하여 유생사육에 충분히 공급 할 수 있는 먹이량을 확보하여야 한다.

먹이생물 배양 및 관리가 해삼종묘생산 과정의 절반을 차지할 정도로 중요하며, 먹이생물 배양 성적에 따라 종묘생산 성패를 가릴 수 있으므로 각별히 신경 써야 한다.

해삼의 부유 유생기의 먹이로 주로 사용하는 먹이생물 종은 *Chaetoceros calcitrans*, *Pavlova lutheri*, *Isochrysis galbana* 의 3종이며, 종 보존 및 대량 배양 방법은 다음과 같다.

가. 배양해수 처리 및 배지 조제

먹이생물 배양에 사용되는 해수는 무엇보다도 배양원종에 대한 오염 및 다른 미생물의 혼입을 방지하여야 한다. 배양 해수에 타 세균 및 원생동물 등이 번식되어 있으면 먹이생물의 번식 및 고밀도 배양에 큰 지장을 가져오고, 먹이생물 부족에 따라 유생사육에 큰 지장을 초래하게 된다. 또한 오염된 먹이생물의 공급으로 인한 유생사육 환경 악화로 유생 생존율의 저하 등의 악영향을 끼칠 수 있다. 그러므로 해수에 포함된 미세 불순물을 제거하기 위해서는 모래여과를 거친 해수를 자외선 살균기를 거치게 한 다음 다시 1 μ m의 카트리지 필터 등으로 여과한 것을 먹이생물 배양 해수로 사용한다. 그러나 여러번에 걸친 여과를 하여도 미생물이 잔존할 수 있으므로 이를 다시 살균 및 멸균처리를 하여야 하는데 해수의 멸균처리는 고압멸균, 약품멸균 방법이 있다.

통상적으로 원종보존 및 중간배양에 쓰이는 소형용기(300~3,000ml 플라스크)는 고압멸균기를 사용하여 121 $^{\circ}$ C, 1.5기압에서 15분간 고온고압 멸균처리 하고, 대형 용기(20 ℓ 이상)에서 배양할 때에는 보일러를 이용하여 해수를 80~90 $^{\circ}$ C 가까이 가열한 다음 식혀서 사용하거나, 차아염소산나트륨(Sodium Hypochloride, NaClO)용액을 사용하여 멸균한다. 약품 소독할 경우 배양원종을 접종하기 전날 100ppm 농도로 배양 해수에 첨가하여 정체를 시켜준다. 그리고 먹이생물 접종하기 1~2시간 전에 중화제인 티오황산나트륨(Sodium thiosulfate, $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$)을 200ppm 농도로 첨가하여 강하게 폭기를 시켜 중화처리를 한 다음 배양 원종을 접종하여야 한다.

먹이생물을 고밀도로 빠른 시간 내에 배양하기 위해서는 영양성분을 첨가해 주어야 한다. 식물성 플랑크톤 배양에 사용하는 영양배지로는 Conwy배지, F/2배지, Miquel배지 등 여러 가지의 방법이 있으며, 여기에서는 Provasoli ES배지를 일부 개량한 배지

를 소개한다(표 5).

표 5. 딱이생물 배양을 위한 영양배지 조성표

A액	NaNO ₃	100g
	Na ₂ glycerophosphate	17g
	Fe(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₂ ·6H ₂ O	7g
	Na ₂ EDTA	3g
	thiamine	100mg
	Vitamine B ₁₂	1mg
	biotin	2mg
	H ₃ BO ₃	2g
	증류수	1ℓ
	B액	10ml
B액	MnCl ₂	40g
	CoCl ₂	1g
	ZnCl ₃	4g
	FeCl ₃	10g
	증류수	1ℓ
C액	Na ₂ SiO ₃	45g
	증류수	1ℓ

나. 배양 방법

1) 원종 보존

분리배양 및 원종배양 된 것을 300~500ml 삼각플라스크에 1×10^4 cells/ml 농도로 접종 후 알루미늄 호일로 밀봉하여 20℃내의 항온실에서 정치한 후 세포수가 $1 \sim 10 \times 10^5$ cells/ml 농도로 증식되면 실내온도 10℃의 전기저온 항온기에 정체 보존한다. 항온기 내의 조도는 500~1000lux 정도 유지되게 하고 매일 1회 인위적으로 교반시켜 준다. 접종 후 원종의 보존기간은 6개월 정도 가능하나 1~2개월에 1회씩 재접종, 계대보존하는 것이 좋다.

매년 먹이생물의 원활한 배양을 위해 원종보존에 각별한 주의를 기울여야 한다.



그림 9. 먹이생물 원종 보존 광경

2) 대량 배양

대량배양 하기 위해서는 원종 보존 하던 것을 3l 크기의 유리 플라스크에 접종하여 중간배양에 들어간다. 이 후 7~10일 정도 경과하면 고밀도로 번식하게 되는데, 이것을 20l 용량의 배양병에 접종한다. 다시 배양 먹이생물이 고밀도 번식이 이루어지면 500l 이상의 대형 배양수조에 접종하여 대량배양에 들어가게 된다. 배양실의 실내 온도는 20℃ 내외로 항상 유지 되게 하고, 접종 시 $40\sim 80 \times 10^4$ cells/ml의 농도로 하고, 계속 통기하여야 한다. 조도는 3000~4000lux 정도로 형광등 및 나트륨등으로 연속조명 한다. 영양배지의 첨가농도는 *Pavlova lutheri* 및 *Isochrysis galbana*의 배양 시에는 A액만 1ml/l비율로 첨가하고, *Chaetoceros calcitrans* 배양 할 때에는 A액 및 C액을 각각 1ml/l 비율로 첨가한다.

먹이생물의 배양밀도가 $500\sim 800 \times 10^4$ cells/ml 농도로 증식되면 이것을 해삼 유생의 먹이로 공급한다.

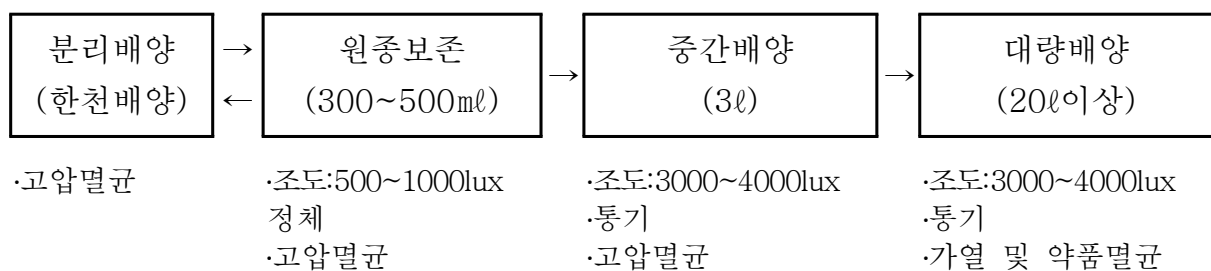


그림 10. 먹이생물 배양 과정도



중간배양(3ℓ)



중간배양(20ℓ)



대량배양(500ℓ)

그림 11. 먹이생물 중간배양 및 대량배양 광경

3. 종묘생산 방법

가. 산란유발 및 채란

해삼 수정란을 채란하기 위해서는 시기적으로 산란성기에 접어들어 충분히 성숙된 어미해삼을 다량 확보하여야 하며, 채취와 수송 도중 가해지는 외부자극으로 인해 생식소와 내장을 배출하지 않도록 최대한 주의 깊게 취급하여야 한다.

해삼의 채란은 수온자극에 의한 산란유발 방법으로 이루어진다. 수온자극법은 비교적 쉽게 다량의 난을 얻을 수 있는 방법이지만 어미해삼의 상태에 따라 간혹 산란이 이루어지지 않을 경우도 있으며, 채란량을 예측할 수 없는 단점도 있다. 그러나 지금까지 알려진 채란 방법 중 가장 효과적이다.

수온자극 방법은 자연해수 수온보다 5~6℃ 높게 전기히터로 가온된 채란 수조에 어미해삼을 일시에 수용한다. 수용할 때 산란이 끝난 후 어미해삼을 신속히 들어낼 수 있도록 수조내의 해수 유동이 쉽게 될 수 있는 플라스틱 상자에 넣어 채란수조 수면에 고정시키는 것이 효과적이다.

해삼의 산란 습성은 수컷의 방정이 먼저 이루어져야 방란을 하게 되고, 야간에 방정, 방란이 이루어지므로 주간에는 채란할 때에는 채란 수조에 빛이 들어가지 않게 흑색 비닐 선팅지 등으로 차광시켜 준다. 자극중인 해삼은 상자 벽면을 타고 수면 가까이로 올라와 하반부는 벽면에 부착시키고 상반부를 수면에서 좌우로 흔들면서 입 부분 바로 위의 생식공을 통해 방정, 방란이 이루어진다.

수온자극 시작 후 대부분의 경우 2~3시간 정도 경과하면 방정, 방란이 이루어지며 산란 직후 수정이 된다. 산란 후 3~4시간 뒤에는 거의 산란이 끝나지만 방정, 방란이 상당히 늦게 시작되거나 전혀 반응이 없을 경우도 있다. 전혀 반응이 없는 경우 다시 자연해수 사육수조에 옮긴 뒤 3~4일 후 다시 산란 자극을 주면 산란이 이루어지는 수도 있다. 해삼의 채란량은 어미해삼의 상태와 수량에 따라 다르지만 대략 50~70개체를 자극하면 약 500~1,000만개의 수정란을 얻을 수 있다.

자극을 위한 어미해삼의 선정은 외관상 암, 수를 구분할 수 없으므로 무작위로 선정할 수밖에 없으나 특별한 경우가 아니면 암, 수의 비율이 1:1을 크게 벗어나지 않는다.

산란유발 자극을 받은 어미해삼 모든 개체가 방정, 방란이 이루어지는 것이 아니고 일부 또는 상당수의 어미가 산란이 이루어지지 않으므로 채란 시기에 주의하여야 한다. 산란이 완료된 후 수정란의 난경은 수정막을 포함하여 200 μ m 내외이므로 80~100 μ m 망목의 물러망으로 수거하여 이물질 제거 및 가벼운 세란을 실시한다. 너무 과도하게 세란하게 되면 수정란의 난막 등이 손상 될 수 있으므로 주의 하여야 한다. 세란이 끝나면 20ℓ용량 정도의 저면이 넓은 플라스틱 용기에 수정란을 ml당 20개체 이하의

밀도로 수정란을 수용하여 부화 시까지 정제하여 둔다.



해수 가온



어미해삼 수용



해삼 산란 자극

그림 12. 수온자극에 의한 해삼 채란

나. 난 발생

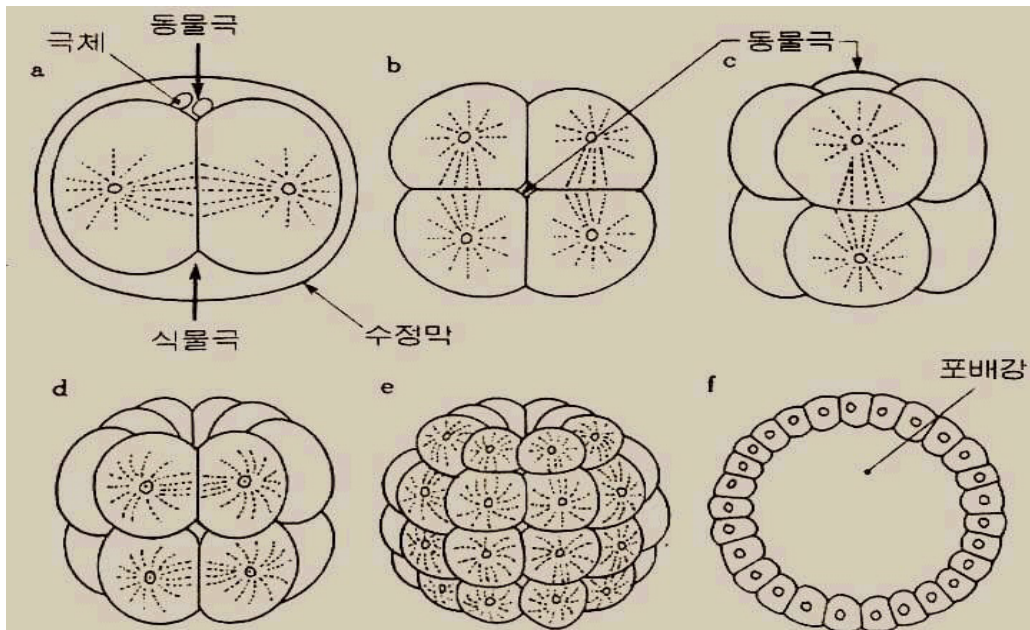
해삼의 수정란은 분리 침성란으로서 산란 즉시 수조 저면에 가라앉아 난할을 진행하게 된다. 난할은 전등할 이며, 수온에 따라 난 발생 진행속도에 차이가 있다. 수온 20℃일 경우 8세포기까지는 3.5시간, 16세포기는 4.5시간, 32세포기는 5.5시간이 걸렸으며, 포배기는 11시간, 낭배기까지는 24시간이 소요된다(표 6).

이 후 만 48시간 정도 경과하면 Auricularia 초기유생에 다다르게 된다.

표 6. 수온별 난 발생 경과 시간

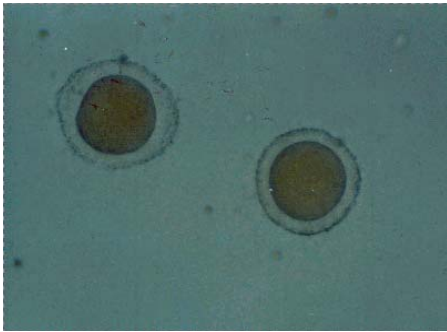
(단위 : 시간)

단 계	10℃	15℃	20℃	25℃
16세포기	9	5.5	4.5	3.5
32세포기	12.5	8	5.5	4.5
포 배 기	36	14.5	11	9
낭 배 기	54	31	24	19



a:2세포기, b:4세포기, c:8세포기, d:16세포기, e:32세포기, f:포배기

그림 13. 해삼 수정란의 난분할 과정



수정란



16세포기



상실기



포배기



낭배기



Auricularia 유생

그림 14. 해삼의 발생

다. 유생 사육

1) 먹이 공급

산란유발에 의해 산란된 난은 부화를 거쳐 수정 후 만 2일째에 이르면 체장 450~500 μ m 크기의 몸체 내부에 소화기관이 형성된 *Auricularia* 초기 유생으로 되므로 이 시기부터 매일 먹이를 공급해 주어야 한다.

돌기해삼 유생의 먹이생물로서 주로 *Chaetoceros calcitrans*, *Pavlova lutheri*, *Isochrysis galbana*의 3종을 이용하고 있다. 이 3종류 먹이생물을 단독 또는 혼합하여 공급하는데, 각각 단독 공급하는 것 보다 3종을 혼합하여 공급하는 것이 유생의 성장에 더욱 효과적이다.

먹이별 단독 공급으로 인한 사육 특징을 보면 *Chaetoceros calcitrans*를 단독 공급하였을 때는 유생의 변태는 비교적 빠르게 진행되어 사육기간이 단축되는 장점이 있지만 최종 생존율이 낮은 경향을 보이고, *Pavlova lutheri* 및 *Isochrysis galbana*를 각각 단독 공급하였을 경우는 초기유생의 성장이 빠르고 사육기간 동안 높은 생존율을 보였지만 변태가 늦게 이루어져 유생 사육기간이 상당히 길어지는 경향을 보였다.

이러한 먹이생물 상호간의 영양학적 보완을 위해 혼합공급이 꼭 필요하다. 혼합공급에서 3종을 같은 비율로 공급하였을 때가 다른 혼합공급보다 성장이 좋았으며, 변태도 순조롭게 진행된다.

여건에 따라 2종만을 혼합공급 할 경우일 때는 *Chaetoceros calcitrans*종은 반드시 포함시켜 *Chaetoceros calcitrans* + *Pavlova lutheri*, *Chaetoceros calcitrans* + *Isochrysis galbana*의 형태로 혼합 공급하는 것이 좋다. 이때 역시 같은 비율로 혼합 공급한다. *Chaetoceros calcitrans*는 유생의 변태를 빨리 진행시키는 요인으로 작용하므로 해삼 종묘 생산 시 꼭 필요한 먹이생물 종으로 생각된다.

먹이 공급량은 매일 1~2회씩 공급하는데 오전, 오후로 나누어 공급하는 것이 좋다. 유생 사육수의 환수 시에는 환수 후 공급한다. 공급밀도는 1~3 $\times 10^4$ cells/ml 밀도로서 유생의 성장에 따라 차츰 먹이량을 증가 시켜 공급한다. 먹이생물을 공급하기 전에 10 μ m 정도 망목의 물러망으로 먹이생물중의 이물질이나 찌꺼기를 걸러내고 공급하는 것이 좋다.

배양 경과일수가 너무 오래 지난 먹이생물은 그 속에 먹이생물의 사체와 원생동물 등이 아주 많이 번식되어 있으므로 먹이로 사용하지 않아야 한다.

유생사육을 지수식으로 할 경우 먹이생물의 과다한 공급은 유생 사육수조의 바닥과 벽면에 먹이생물 찌꺼기 등이 쌓이고, 여기에 유해한 원생동물이 번식되어 수질을 악화시키게 된다. 이로 인해 유생들의 생존율이 급격히 떨어지게 되어 결국 유생사육에 실패하게 되므로 적정량 공급에 주의하여야 한다.

2) 유생사육 관리

수정란을 부화 용기에 수용하여 정체 시킨 후 약 24시간이 지나면 부화수조 표층에 부상하게 되고, 48시간 정도 경과하면 *Auricularia* 초기유생이 된다. 이때 부화 용기에서 유생사육 수조로 부유하는 유생들을 부어주고 바닥에 가라앉아있는 부화되지 않은 난이나 지꺼기들은 분리하여 버린다.(그림 15)



그림 15. 해삼 수정란 부화 광경

유생이 수용된 사육 수조에는 2~3개의 에어스톤으로 적정량의 통기를 시키고, 사육 해수는 모래여과 해수를 다시 1 μ m 카트리지 필터 등으로 여과한 해수를 사용한다.

해삼 유생사육은 예전에는 지수식으로 주로 사육하였는데, 지수식은 먹이 공급 및 사육수의 오랜 정체 등으로 수질이 쉽게 악화되는 경향이 있었다. 또 매일 바닥 청소와 환수를 하여도 바닥과 벽면에는 항상 먹이 찌꺼기와 이물질이 항상 남아있기 때문에 원생동물들이 다량 번식되는 등 수질의 악화가 누적되어 유생의 생존율이 급격히 낮아지며, 결국 유생사육에 실패하는 경우가 빈번하였다. 이러한 사육 방법의 개선책으로 반유수식 사육과 2~3일마다 사육수를 전량 환수 방법으로 채묘 시까지 유생 생존율을 40~50% 정도까지 높일 수 있는 효과적인 유생사육이 가능하여 졌다. 그림 16과 같이 PVC 파이프를 이용하여 해수의 유동이 쉽게 될 수 있도록 가능한 많은 면적의 홈을 내고 겉면에 100~120 μ m 망목의 물러망으로 둘러싸고 유생이 끼이거나 빠져나가지 못하도록 빈틈없이 단단히 접촉시킨다. 배수망 하단부 끝 부분에는 소형의 원형 에어스톤을 고정시키고 약간 강한 에어가 뿜어져 나오도록 하여 유생들이 망에 엉겨 붙지 않

게 한다. 제작된 배수망은 수조 배수관과 연결, 설치하여 유수에 따라 배수되게 한다.

배수망의 규격은 현지 사정에 맞게 제작 할 수 있으나, 보통 직경 250mm PVC 위생 파이프를 이용하는 것이 적당하다. 배수관의 높이에 따라 수심이 조절되므로 적당한 수심을 유지한다.



그림 16. 해삼 유생 사육수조 배수망

배수망을 제작 설치한 다음 주간에는 먹이를 공급하고 지수식으로 사육하다가 야간에는 소량의 유수를 실시한다. 유수량은 수조 수량의 약 40~50% 정도 환수 될 수 있도록 한다. 야간의 유수로 인하여 일간 급격한 수온 차이가 일어나지 않으므로 사육수의 환수 시에도 수온의 안정을 유지 할 수 있는 이점도 있다.

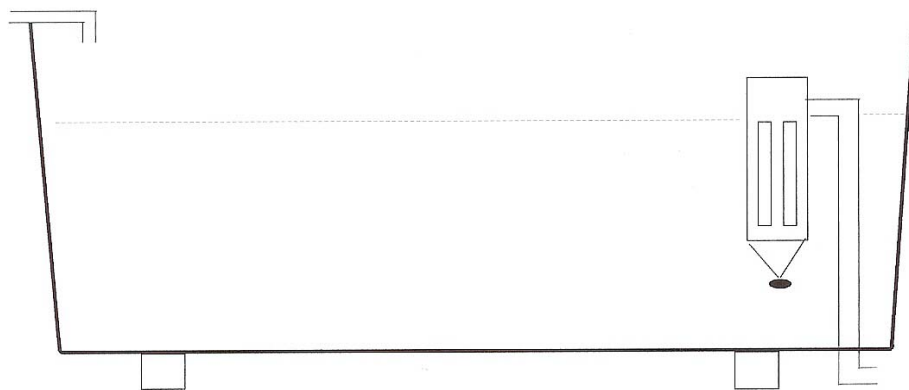


그림 17. 해삼 유생 사육수조 배수망 설치 구조

수조내의 오염 상태에 따라 2~3일마다 환수를 하는데 환수 할 때에는 배수망과 에어스톤을 모두 제거하고 약 10분간 정체하여 둔다. 시간이 지남에 따라 해삼 유생들은 표층에 거의 부유하게 되는데, 이때 그림 18과 같은 물러망 기구를 이용하여 한쪽 끝에서 천천히 이동하여 유생들을 수조 반대편 구석으로 모은 뒤, 바로 옆의 깨끗한 수조로 사이폰으로 옮기면 유생의 60~70%는 쉽게 이동 시킬 수 있다. 그 후 수조에 잔존하는 유생들은 호스 등으로 사이폰하여 내부 면적을 넓게 만든 150 μ m 망목의 물러망(그림 19)으로 수집하여 새 수조로 수용시키고 깨끗한 사육수를 채워준다. 유생을 사육했던 수조는 깨끗이 청소하고 말려두고 다음 환수시에 다시 사용한다.

유생의 일시적인 공기 노출에는 생존에 지장이 없다. 이러한 방법으로 환수하면 거의 95% 이상의 유생들을 회수함과 동시에 새 사육수로 거의 전량 환수할 수 있다.



그림 18. 해삼 유생 환수시 유생 모집 물러망 기구

유생사육에 있어서 사육수의 수온은 유생의 성장에 중요한 요인으로 작용한다. Auricularia 유생의 수온별 유생사육 실험결과 10 $^{\circ}$ C에서는 29일째, 25 $^{\circ}$ C구는 13일째에 전량 폐사되었다. Auricularia 유생의 적온하한은 15 $^{\circ}$ C로 추정하고 있으며 유생사육 적수온은 17~19 $^{\circ}$ C로 알려져 있다.

Doliolaria 유생은 Auricularia 유생보다 비교적 고수온에 강해 20 $^{\circ}$ C를 약간 넘어도 지장은 없다.



그림 19. 해삼 유생사육 관리용 플러망 기구

3) 유생의 성장

수온에 따른 유생의 성장시험 결과 수온 10℃에서의 평균 체장은 수정 후 5일째에 521.9 μm 크기로서 수온별 시험구중 가장 낮은 성장을 보였으며, 이 후에도 아주 완만한 저성장을 보이다가 17일째 606.0 μm , 27일째에 665.4 μm 의 극히 저조한 성장을 보이다가 29일째에 전량 폐사하였다. 25℃ 시험구는 초기부터 아주 빠른 성장을 보이다가 9일째에 795.9 μm 의 크기로서 최대 정점을 보인 후 유생의 상태 이상을 보이면서 11일째에 전량 폐사하였다. 18℃ 시험구는 5일째 641.9 μm , 9일째 829.3 μm , 13일째 920.0 μm 로서 최대 성장을 보이고, 15일째에 채묘시기에 도달하였다. 18℃까지는 수온이 높을수록 성장이 빠른 경향을 보였다.(표 7).

표 7. 수온에 따른 유생의 성장

수온(℃)	사육일수(일)			
	5	9	13	17
10	521.9	577.0	603.7	606.0
18	641.9	829.3	920.0	-
25	721.4	795.9	-	-

(단위 : μm)

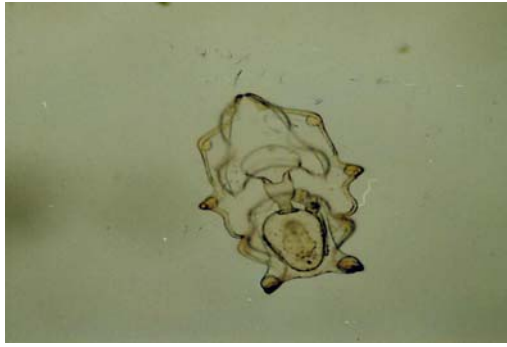
먹이생물 *Chaetoceros calcitrans* + *Pavlova lutheri*를 혼합공급하고, 16.7~19.8°C 수온범위에서의 유생사육 결과는 표 8과 같다.

수정 후 3일째에 613.1 μ m, 9일째 871.4 μ m, 13일째 901.5 μ m, 18일째 798.6 μ m, 23일째 793.4 μ m의 평균체장을 보였으며, 13일째에 Doliolaria 기 유생으로 변태되기 시작하였으며, 18일째에 이르러 Pentactula 기의 유생이 출현 하였다.

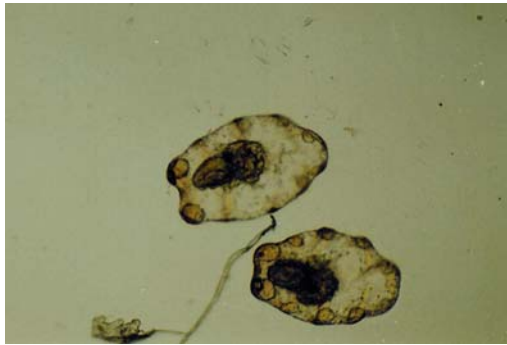
해삼 유생은 사육 수온과 먹이생물, 환경의 요건에 따라 성장의 속도와 변태 시기가 다양하게 나타나기 때문에 사육 기간동안 세심한 유생의 관찰이 필요하다.

표 8. 해삼 유생 성장 및 발달단계

(단위 : μ m)		
사육 일수	체장 범위(평균)	발달 단계
3	533~725(613.1)	Auricularia 기
9	777~959(871.4)	
13	756~1,015(901.5)	Doliolaria 기
18	709~851(798.6)	Pentactula 기
23	649~938(793.4)	



Auricularia 유생



Doliolaria 유생



Pentactula 유생

그림 20. 해삼 유생의 변태

라. 채묘 및 어린해삼 사육

해삼은 수정 후 약 15~20일 정도 지나면 *Doliolaria*와 *Pentactula* 유생으로 변태되어 저면에 착저하게 된다.

*Doliolaria*기 이후에는 유생의 착저에 먹이생물의 일부 종이 착저 촉진 유도에 관여된다. 특히 부착 규조류인 *Navicula sp.*를 투여하면 부유성 규조류를 투여 하였을 때보다 훨씬 많이 착저 유도 한다고 한다.

*Doliolaria*기 에서 *Pentactula*기로 변태하기 까지는 2~3일 정도 밖에 걸리지 않기 때문에 사육 유생 중 *Doliolaria*기 유생으로 변태된 개체가 보이게 되면 수조 저면을 채취해서 *Pentactula* 유생의 유무를 확인하여야 한다.

해삼의 유생은 일시에 모든 개체가 변태하는 것이 아니고 일부 개체씩 점차적으로 변태가 이루어져 선발개체와 후발개체 간에는 10일 이상의 기간 차이가 나타난다. 따라서 채묘 역시 한꺼번에 하면 변태가 이루어지지 못한 유생들은 유실되거나 폐사될 경우가 많으므로 채묘시기를 잘 선택하고, 변태되어 착저한 유생들만 채취하여 여러 차례에 걸쳐 채묘 하는 것이 효율적이다.

채묘 시기가 다가오면 어린해삼을 채묘 할 수 있는 채묘기를 준비 하여야 하는데, 채묘기는 전복의 종묘생산에 널리 쓰이는 염화비닐 파판을 사용한다. 채묘 5~6일전에 채묘기를 채묘수조에 설치하여 유수하여 부착규조류를 번식시킨다. 규조류는 파판이 연한 갈색 정도의 상태를 띠우도록 하는 것이 좋다. 너무 과다하게 번식되면 착저 및 부착, 이동에 지장이 있어 좋지 않다.

채묘시기에 이른 착저유생들은 유생 사육에서의 환수 방법과 같이 하여 부유하는 유생은 다른 수조로 이동시키고, 바닥에 착저된 *Pentactula* 유생과 어린해삼들은 해수를 조금씩 흘려주면서 부드러운 붓으로 벽면과 바닥을 훑어 배수구로 모아 물러망으로 수거한다. 수거된 유생들을 준비된 채묘수조에 골고루 부어준다. 이때 유생을 옮길때 사용한 용기 표면에도 많은 량의 *Pentactula* 유생 및 어린해삼이 붙어 있을 수 있으므로 손실이 없도록 용기를 잘 씻어 채묘수조에 부어준다.

해삼은 단위 면적당 비교적 고밀도 채묘 및 사육이 가능하므로 채묘 후, 다시 반복 채묘하여도 무방하다.

채묘유생을 채묘수조에 넣기 전에 채묘기를 가볍게 한번 해수를 뿌려 씻어주어 파판에 붙어있는 큰 이물질 등을 제거한 다음 채묘하는 것이 좋다. 채묘시 파판을 수평으로 하여 채묘 하는 것이 수직 채묘보다 높은 채묘율을 보인다.

채묘 후에도 *Pentactula* 유생은 곧바로 착저하여 새끼해삼이 되지만 아직 착저기가 되지 않은 유생들은 채묘 수조의 수면에 계속 부유하게 된다. 이러한 유생들이 유실되지 않게 지수상태로 1~2일간 약한 공기를 공급하면서 정체 시켜둔다. 정체 기간 동안

수온변화에 주의하여 고수온이 되지 않도록 한다.

이 후 부유 유생의 유무를 비이커 등으로 확인하여 유생들이 보이지 않을 때부터 조금씩 유수를 시작하여 시일이 경과함에 따라 차츰 유수량을 늘려준다.

채묘 후 채묘기에 착저한 어린해삼은 파판에 번식하는 부착 규조류 등을 섭취하면서 자라므로 먹이문제 등 크게 관리할 일은 없으나, 어린해삼 사육수조 내에는 가능한 타생물이 유입되지 않는 것이 좋으므로 약 2개월 정도 사육해수를 10 μ m 내외의 카트리 지 필터로 여과하여 공급하는 것이 좋다. 파도 등의 영향으로 찌꺼기가 많이 올라오는 시기에는 항상 필터의 상태를 살펴 단수가 되지 않도록 제때 필터를 교체해 주어야 한다. 또 수조의 누수 등을 잘 살펴 단수시 사육수의 누출로 인해 채묘 파판의 공기노출 등의 피해를 방지하도록 한다.

채묘가 끝난 후 약 2주 후 수평으로 둔 채묘기를 다시 수직으로 세우고, 규조류의 지속적인 적정한 번식이 되도록 차광율을 조절하면서 새끼해삼 사육에 들어간다.

채묘 후 약 1개월 정도 경과 후 파판을 살펴보면 약 1~2mm 크기의 백색으로 보이는 어린해삼을 확인할 수 있다.

5월에 채란하여 6월에 채묘한 어린해삼을 파판 규조류를 먹이로 사육한 결과 4개월 후, 평균체장 15.8mm의 성장을 보였고, 개체간의 성장 차이가 아주 심하게 나타나는 경향을 보였다.

표 9. 어린해삼 월별 성장

(단위 : mm)		
사육월	체장 범위	평균
6	1.0내외	-
7	1.4~4.5	2.4
8	4.5~14.9	6.4
9	5.5~32.5	12.3
10	5.6~50.5	15.8

어린해삼의 먹이로서 냉동규조를 공급하였을 때 수정 후 71일째에 평균체장 11.26 mm에 달하였다는 보고가 있다.(柳橋, 1984)

채묘 후 초기 2~3개월 동안 어린해삼의 감모가 심하게 일어날 경우가 있으므로 항상 주의 깊게 관찰하여야 한다. 감모요인 으로는 수온과 해적생물 등이 고려된다



그림 21. 채묘된 어린해삼과 파판사육

수온에 대한 시험결과 어린해삼은 30℃에서 24시간 후에 활력저하와 폐사개체가 있었으며, 48시간 후에는 65%가 폐사하였다고 한다. 또한 초기 어린해삼은 급격한 수온의 변화에도 주의하여야 한다.

해적생물인 Tigriopus에 의한 식해에 의한 감모도 확인되고 있다. Tigriopus는 어린해삼의 크기가 작을수록 피해가 크며, 어린해삼을 다리로 안아 골편을 제외한 육질부분을 포식한다고 한다. 어린해삼의 체장이 5mm 이상 크기에서는 식해현상을 볼 수 없지만 채표 등에 부착하여 간접적인 피해를 입힌다.

해삼의 성장에 따른 체색 변화는 표 10과 같다.

표 10. 해삼의 성장에 따른 체색 변화(柳橋. 1984)

체 장	체 색 변 화
0.3~4.0mm	백색
4.0~4.5mm	등의 돌기 적갈색-암홍색
4.5~5.0mm	몸의 등 부분과 측면 적갈색-암홍색
8 ~ 15mm	입과 몸 측면 일부 녹색, 몸 전체는 적갈색-암홍색
30mm 이상	성체와 동일한 황갈색-녹색



그림 22. 방류용 해삼 종묘

IV. 해삼 양성

생산된 해삼 종묘를 어미로 양성하기 위해서는 바다에 방류하여 자연적으로 양성시키는 방법과 육상에서의 인위적인 사육으로 크게 나눌 수 있다.

자연 양성은 해삼 종묘를 바다에 방류하여 상품 크기가 될 때까지 일정기간 양성시킨 후 채포하여 수확하는 방법인데 사육에 들어가는 노력과 경비가 전혀 들지 않는 장점이 있지만, 자연적인 현상 등으로 수확량이 변동될 가능성이 있다.

육상에서 사육하기 위해서는 해삼의 성장에 유리한 기후 조건을 갖추고, 일정한 생태계를 유지할 수 있는 대규모의 양식장이 유리하다. 그리고 사육에 있어서 생태적인 문제점을 고려해야 한다. 수온과 먹이관계인데, 해삼은 수온이 20℃ 이상 상승하면 먹이를 아주 소량 섭취하거나 중단하게 된다. 이에 따라 해삼은 여름철에는 오히려 체장과 체중이 줄어들게 되며, 폐사개체도 생겨난다. 특히 소규모 육상수조에서는 고수온에 이르는 경우가 많으므로 수온 제어장치가 필요하다. 또 해삼의 식성은 바다 저면에 쌓여 있는 침전물을 섭취하는 침전물 섭식생물(deposit feeder)이므로 이러한 조건에 맞는 먹이의 개발도 이루어져야 한다.

근래에는 해삼을 복합양식에 이용하고 있는데 육상수조에서 전복, 어류 등의 양식장에 해삼을 넣어두면 전복, 어류의 배설물과 사료 찌꺼기 등을 먹이로 성장하게 된다.

복합 양성의 예비 시험으로 참전복 종묘의 파판 사육수조에 어린해삼을 넣어 8월부터 이듬해 3월까지 사육한 결과, 약 7개월 동안 평균체중 1.1g에서 16.3g의 크기로 성장하였고, 생존율은 79.0%를 보여, 자연 조건에서의 성장에 비하여 훨씬 기대치에 미치지 못하는 성장을 보임에 따라, 이는 한정된 공간에서의 먹이 부족현상에서 오는 결과로 보여진다.

해삼의 성장은 수온 16~17℃ 이하 인 시기에 주로 이루어지므로 우리나라에서의 연간 실질적인 성장기간은 11월에서 다음해 5월까지 약 7개월 정도가 해당되므로 해삼의 지속적인 성장을 위해서는 약간 불리한 여건이다. 따라서 해삼의 양성을 위해서는 해수 온도가 낮은 시기가 장기간 지속될 수 있는 지역이 적지라고 생각된다.

현재 우리나라에서는 몇몇 민간 양식장에서 종묘생산은 소규모로 이루어지고 있으나, 대규모로 양성하는 곳은 없는 실정이다.

중국에서는 근래 들어 산동성을 중심으로 종묘생산 및 양성이 활발히 이루어지고 있다. 중국의 해삼 양성은 새우를 양식하던 광활한 노지 축제식 양식장을 활용하여 사육하고 있다. 해삼 양성을 위해 주기적으로 사료를 공급하고 있으나, 해삼사료로서의 일

정한 표준 제품은 없으며, 각 양식장의 자체적인 기준에 따라 일정 원료를 이용하여 제조, 공급하고 있는 실정이지만, 대규모 양성을 통하여 연간 수 톤씩의 해삼을 생산하고 있다.

이와 같이 우리나라에서 해삼을 양성하기 위해서는 육상에서 해삼을 양성할 경우, 새우양식장과 같은 대규모의 축제식 노지 양식장 등을 활용하여 주기적인 먹이 공급을 통하여 사육하는 방법과 바다의 일정한 면적에 대한 어업권을 보장받을 수 있는 해면에 해삼이 서식하기에 알맞은 적지를 선정하여 해삼 종묘를 방류하여 자연에 의해 해삼 양성을 하는 것이 합리적이라고 생각된다. 방류용 해삼의 종묘는 3~5cm 정도의 크기가 적당하다.

해삼의 사료는 어패류의 분말, 해조류 분말 등을 사용할 수 있으며, 현재 시판되고 있는 각종 어류 및 패류등의 배합사료도 해삼의 먹이 제조 원료로 사용할 수 있다.

해삼은 5년 이상 생존하는 것으로 추정되며 연령별 성장은 표 11과 같다.

표 11. 해삼의 성장(崔, 1963)

연 령	체 장(cm)	체 중(g)	각 중(g)
1	5.9	15.5	9
2	13.3	122.5	80
3	17.6	307.0	175
4	20.8	472.5	260



해삼 양식장



해삼 양성 셸터로 사용하는 페그물



해삼 양성용 사료

그림 23. 중국의 해삼 양성 양식장 및 사료

V. 전망

해삼은 우리나라 바다 연안의 대표적인 수산물로 오래 전부터 많은 고문헌 등에서 해삼에 대한 약리작용 및 효능을 소개하고 있고, 고급 요리의 주재료로 많이 쓰이는 등 우리의 식생활에 기호식품 또는 건강식품으로 밀접한 관계를 가지고 있다.

중국에서는 요리재료로서 많이 이용하고 있었지만, 최근 유행하는 사스(SAS)의 예방 및 치료에 효과가 있다고 알려지면서 해삼의 폭발적인 수요가 일어나고 있어, 비싼 가격에 거래되고 있다.

예부터 해삼은 우리나라에서는 언제나 흔히 볼 수 있는 수산물 중의 하나라는 인식으로 그렇게 중요한 품종으로 인정받지 못하였으나, 최근 들어 건강식품으로 알려지면서 점차 수요가 늘어나고 있으며, 일선 어민들도 해삼양식에 많은 관심을 갖게 되었다.

우리나라에서의 해삼에 대한 연구는 국립수산물과학원 수산종묘시험장에서 종묘생산기술개발이 이루어져 종묘생산 및 방류를 시작하였고, 그 후 일부 도립 수산시험장에서도 종묘생산을 시도하여 기술 축적과 매년 일정량의 종묘를 방류를 하고 있다.

근래 들어 기존의 일부 양식품종은 과다 생산 등으로 경영악화가 겹쳐 어려움에 처해 있어, 이의 타개책으로 새로운 양식 대상종을 모색하고 있는 실정이다.

이로 인해 어민들에게 점차 해삼양식이 새로운 양식 대상종으로서의 관심이 높아지기 시작하였으며, 종묘생산 기술습득과 종묘생산을 시도하여, 몇 군데의 양식장에서는 해삼 종묘생산에 성공하고 있다.

현재 우리나라에서의 해삼종묘 생산량의 정확한 통계가 없지만, 대략 5백만마리 내외로 추정된다. 지금은 종묘생산이 시작단계에 불과하기 때문에 극히 미미한 생산량이지만 종묘 생산기술의 축적, 일반화 등으로 종묘 생산량의 증대가 기대된다.

또한 해삼은 국내에서 다른 수산물에 비해 비교적 높은 가격에 거래되고 있어 어촌계 수입에 큰 비중을 차지하고 있는 종이다. 따라서 어민들에게 해삼종묘는 높은 선호도를 가지고 있으므로 해삼종묘의 수요도 꾸준히 늘어날 것으로 전망된다.

또 세계에서 해삼 소비량이 가장 많은 중국에서도 국내산 해삼을 최고의 상품성으로 인정하고 있으며, 중국의 현지 유통 가격이 우리나라 보다 비싸게 거래되고 있으므로 해삼 양식을 통한 대외 수출 품종으로도 기대된다.

VI. 참고문헌

- 국립수산진흥원, 1995. 한국수산물성분표. 80~81.
- 교육부, 1997. 한국동식물도감 동물편(극피동물). 281~293.
- 山本干裕, 1981. 마나마코 양殖에 關する 基礎的 研究. 福岡縣福岡水産試驗場 研究業務報告, 59~62.
- 山本翠·渡 憲一郎, 1981. 나마코 幼生의 初期飼育에 關하여. 山口縣內海水産試報, 8, 51~62.
- 石田雅俊, 1979. 마나마코의 種苗生産. 栽培技研, 8(1), 63~75.
- 小林 信·石田雅俊, 1984. 稚나마코의 減耗要因에 關する 二·三의 實驗. 栽培技研 13(1), 41~48.
- 伊藤史郎·小早川 淳·谷 雄策, 1987. 마나마코 浮游幼生의 飼育適水溫에 關하여. 水産増殖 43(4), 25~28.
- 柳橋茂昭·柳澤豊重·河崎憲, 1984. 마나마코 種苗生産에 關하여의 浮游幼生着底および着底以後의 幼若個體의 餌料과 飼育方法에 關하여. 水産増殖, 32(1), 6~14.
- 池田善平·草加耕司·植木範行, 1988. 마나마코 中間育成에 關하여. 岡山水試報 3, 47~54.
- 崔 相, 1963. 나마코의 研究. 海文堂刊

수산기술지 발간현황(해양수산부)

일련번호	기 술 지 명	발간 년도	발간부수	집 필 자
1	○ 미역(쇠미역)양식	'97	2,500	류중장외 1
2	○ 톳 양식	'97	2,500	조용철외 1
3	○ 전복 종묘생산	'98	2,500	한석중
4	○ 황복 양식	'98	2,500	한형균외 1
5	○ 참돔 양식	'99	2,500	김철중
6	○ 내파성 가두리양식시설 및 개량부자	'99	2,500	김태호
7	○ 새우양식과 질병관리	2000	2,500	장인권의 6
8	○ 비단가리비 양식	2000	2,500	박기열외 2
9	○ 돌돔 양식	2000	2,500	황형규
10	○ 새로운 해조류 양식(메생이 등)	2001	2,500	김도기·윤장택
11	○ 어류질병 진단 및 치료대책	2001	2,500	정승희외 6
12	○ 가두리식 전복양식	2001	2,500	이군승
13	○ 전복양식 시설과 종묘생산	2002	2,500	지영주
14	○ 감성돔 종묘생산	2002	2,500	변순규외 3
15	○ 해삼종묘생산	2004	2,500	구학동

해삼종묘생산

2004년 11월 인쇄

2004년 11월 발행

발행인 : 해양수산부장관

편집인 : 수산경영과장

집필인 : 어류연구센터 구학동 연구사

발행처 : 해양수산부

서울특별시 서대문구 충정로3가 139

인터넷 : www.badaro21.net 및 www.nfrda.re.kr에서
다운받을 수 있습니다.

전화 : (02) 3148-6864
