

돌기해삼(*Stichopus japonicus*)의 방류효과 향상 연구

김철원¹, 정달상^{1*}

¹한국농수산대학 수산양식학과

Study on the Improvement Effect of the Seeds Release of Sea Cucumber, *Stichopus Japonicus*

C. W. Kim¹ and D. S. Jeong^{1*}

¹Korea National College of Agriculture and Fisheries, 1515, Kongjwipatjwi-ro, Wansan-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do, 54874, Korea

Abstract

Effects of artificial releases of sea cucumber around the marine ranching area in Jeollanam-do were showed very efficient by the released good seeds(total weight, 3.2g) in 'Wolhang', compared with those in 'Hwatae'. The survival rates were the higher in 'Wolhang' by 66.0% than in 'Hwatae' by 27.0%. The results indicates that the releasing effect of sea cucumber depended on the releas size.

To analyze the productivity we investigated the growth and survival rates of sea cucumber according to the releasing area. Our result showed that the growth rate and survival rate was higher in 'Hwatae' than other areas. In 'Hwatae', the growth rate and survival rate were 6.2g and 32.1% respective.

The results indicates that if the food supply is continued, although proceeding contamination the productivity of sea cucumber increased. Therefore, in order to enhancement and conservation of resource, bottom of fish cage should consider to the utilization.

Key Words : Sea cucumber, Releasing effect, Growth rate, Survival rate, Recapture amount

1 *교신저자 : 한국농수산대학 수산양식학과, jdalsang@af.ac.kr

I. 서론

해삼류는 극피동물(棘皮動物)에 속하며 국내에는 4과 14종이 서식하는 것으로 알려져 있는데 그 중 경제적으로 가장 중요한 종은 해삼(*Stichopus japonicus*)이다. 해삼은 바다에서 나는蓼이란 뜻으로 인삼의 약효성분인 사포닌이 다량함유 되어 있어 최고의 건강 강정식품으로 국민적 관심이 점차 증대되고 있다. 특히 중국, 일본, 동남아시아 지역의 경제발전으로 인하여 해삼에 대한 소비욕구가 증대되고 있어 수요는 갈수록 늘어날 것으로 예상되기 때문에 해삼의 자원량이 풍부하다면 이들 국가로 수출하여 어업인 소득향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단되나 국내에서는 연안 어장의 환경오염과 지구 온난화, 해안 매립 등으로 인해 산란장과 서식장이 축소되고 남획으로 인해 자원량이 크게 감소되고 있는 실정이다.

해삼에 관한 연구는 일본의 경우 채란법과 유생의 초기사육시험(山本, 1985), 중간육성(池田, 1988), 양식기술(高見 等, 1987) 등이 보고되고 있으며, 중국에서는 해삼 인공종묘 대량생산 기술 및 중간육성, 양식기술(張群采, 1998; 謝忠明, 2005) 등 있으며 국내의 경우 유생사육(이와 박, 1999), 양식기술(해양수산부, 2006), 생식주기(박 등, 2007), 배합사료(서 등, 2008), 해삼양식기술(강 등, 2012) 등에 관한 연구가 있으나 자원조성에 관한 연구는 전무한 실정이다.

해삼 자원조성은 일본의 경우 자율관리에 의한 자원회복계획은 추진하고 있으며, 중국은 대량인공종묘생산과 씨뿌림 양식 등으로 해삼의 자원조성사업이 크게 발전되어 있다. 하지만 국내의 경우 2009년 국가, 지방자치단체 및 유관기관에서 약 1,000만 마리 정도의 종묘를 방류하고 있으나 자원조성 기술의 부족으로 아직까지 뚜렷한 성과를 도출하지 못하고 있어 자원조성 기술의 개발과 방류효과에 대한 검증에 대한 연구가 절실히

필요하게 되었다.

따라서 본 연구는 해삼의 자원조성 기술개발 및 모니터링을 위하여 전남 바다목장사업에서 해삼을 방류한 어촌계중 2곳을 선정하여 방류실태를 모니터링하고, 방류해역의 특성에 따른 해삼의 생산성을 구명함으로써 적정 방류해역의 선정과 자원조성효과 향상을 위한 기초자료로 활용하기 위하여 수행하였다.

II. 재료 및 방법

해삼의 방류실태조사는 전남바다목장해역의 해삼방류 해역중 2개 어촌계(화태, 월항)를 선정하여 4월과 11월 2회에 걸쳐 실시하였다. 해삼방류는 2곳의 해역에 각각 어린해삼 50,000마리씩을 방류하였다. 화태어촌계의 경우 방류면적은 1.5 ha이며 방류한 해삼의 평균중량은 $1.2 \pm 0.5g$ 이었으며, 월항어촌계의 경우는 방류면적이 1.0 ha이며, 방류해삼의 평균중량은 $3.2 \pm 0.9g$ 이었다. 방류실태조사는 100×100cm 방형구안에 해삼을 채집하여 단위면적당(m²)출현종과 출현량을 조사하였으며, 채집된 개체의 크기에 따라 방류개체유무를 확인하였다. 또한 어촌계별 방류면적과 해삼의 성장과 생존율을 파악하여 각 어촌계별 방류효과를 조사하였다.

해삼의 생산효과 분석은 전남바다목장해역인 여수 남면 안도, 송고, 화태, 횡간어촌계에서 5월에서 11월까지 수행되었다(Fig 1). 생산효과 실험장소는 안도어촌계의 경우 전남바다목장 중간육성장의 가두리 저면, 송고어촌계의 경우는 전복가두리 양식장 저면, 화태어촌계는 어류가두리 양식장 저면에 해삼을 방류하였으며, 횡간어촌계는 마을어장에 해삼을 방류하여 대조구로 활용하였다. 생산효과 분석조사는 잠수부를 활용하여 5월, 7월, 9월, 11월까지 4회에 걸쳐 수행하였다. 또한 실험 해역별 특징을 구명하기 위하여 수질환경

조사는 YSI-2000을 이용하여 수온, 염분, pH, DO를 측정하였으며, 퇴적물은 잠수부를 이용하여 채집한 후 실험실에 옮겨 해양환경공정시험방법(해양수산부, 2005)으로 분석하였다. 생산효과 분석자료의 정량적인 자료도출은 사육틀(100×100×20cm)을 이용하여 사육틀 안에 해삼을 수용하여 성장과 생존율을 분석함으로써 정확한 자료를

구하였다.

해삼의 생산효과 실험에 사용된 어린 해삼은 평균중량이 1.5g 내외이며, 밀도별 생산효과를 알아보기 위하여 1m² 사육틀에 350, 700, 1,000마리의 어린해삼을 수용하여 6개월간 사육하면서 성장과 생존율을 조사하였다.



Fig. 1. Monitoring site and analysis of the improvement effect of released sea cucumber
 (○ Monitoring site ● Analysis site of the improvement release effect)

III. 결 과

해삼을 방류한 2곳(화태, 월항)의 어촌계 마을 어장의 서식환경을 조사하고 잠수부를 활용하여 해삼의 서식밀도를 조사한 결과 화태어촌계의 마을어장의 저질은 주로 사니질로 구성되어 있었으며, 수심 5m까지 해조류가 번무하고 있으며 작은 자갈과 암석이 넓게 분포하고 있었다. 월항어촌계는

수심 1.0m까지는 자갈과 작은 암석이 많이 분포하였고 1.0m 이하의 수층의 저질은 주로 니질로 구성되어 있었으며, 수심 3m까지는 해조류가 번무하고 있으나 일부에서는 갯녹음 현상이 발견되었다.

방류 실태조사는 4월의 경우 화태어촌계에서 해삼의 서식밀도 2.7마리/m²로 나타나 방류전의 서식밀도인 1.8 마리/m²보다 m²당 0.9마리가 더

많이 서식하는 것으로 나타나 증가된 밀도를 방류한 해삼로 산정하였을 경우 방류한 해삼의 생존율은 27.0%로 나타났으며, 이때 채집된 해삼의 평균중량은 70.5g으로 성장이 매우 양호한 것으로 나타났다. 월항어촌계의 경우는 4월 조사 시 서식밀도가 4.1마리/m²로 높아져 방류에 의해 서식밀도가 매우 높아진 것으로 나타났으며, 방류한 해삼의 생존율은 66.0%, 평균중량은 43.9g으로 나타났다. 4월의 경우 화태어촌계에 비하여 월항어촌계의 생존율이 매우 높은 것으로 나타났다. 그러나 평균중량은 화태어촌계가 월항어촌계에 비하여 매우 높은 것으로 나타났는데 이것은 서식밀도와 화태 마을어장 주변의 어류가두리에서의

배합사료 공급이 성장에 영향을 준 것으로 판단된다. 11월 조사에는 화태어촌계의 경우 m²당 해삼 서식밀도는 1.5마리/m²로 나타났으며 이때 채집된 해삼의 평균중량은 102.5g으로 나타나 방류 전 보다 서식밀도가 낮게 나타났다. 월항어촌계는 서식밀도가 2.2마리/m²로 4월에 비해 매우 적었으며 생존율은 23.0%, 평균중량은 89.7g으로 나타났다. 이러한 결과는 낮은 서식밀도는 해당 어촌계에서 마을어장의 해삼을 채취하였기 때문으로 판단되며 방류효과가 화태어촌계보다 월항어촌계에서 더 좋은 것으로 추정될 수 있는데 이것은 방류된 어린해삼의 크기와 해역의 저질 차이 때문으로 판단된다(Table 1).

Table 1. Density of sea cucumber in survey areas

Fishing village	Released number (inds.)	Mean weight (g)	Released area (ha)	Habitat density (inds./m ²)	Density of april (inds./m ²)	Density of november (inds./m ²)	Survival rate(%)	
							Apr.	Nov.
Hwatae	50,000	1.2	1.5	1.8	2.7 (70.5g)	1.5 (102.5g)	27.0	-
Wolhang	50,000	3.2	1.0	0.8	4.1 (43.9g)	2.2 (89.7g)	66.0	28.0

방류해삼의 생산효과 분석을 위하여 각각 특징이 있는 4개의 해역에 사육틀을 설치하여 성장과 생존율을 조사하였다. 4개 해역의 특징은 안도의 경우 어류 가두리양식장이 넓게 분포하고 있으며 매일 MP사료가 어류먹이로 공급되는 해역이며, 송고해역은 조류가 빠르며 전복양식장이 위치하고 있으며 10일 간격으로 다시마가 전복먹이로 공급되는 해역이다. 안도해역은 전남바다목장 중간육성 가두리가 위치하고 있으며 이곳에는 매일 EP사료가 어류먹이로 공급되어지고 있으며, 횡간 해역은 마을어장으로 양식시설은 존재하지 않으나 가깝게 위치한 마을에서 생활하수가 일부

공급되어지는 해역으로 본 연구에서는 대조구로 설정하였다.

해삼의 생산효과를 알아보기 위하여 각 해역의 수질 및 퇴적물환경을 조사하였는데 4개 해역의 수질환경은 비교적 안정되었으나 퇴적물의 경우 화태해역의 AVS 값이 일본 양식장환경기준인 0.2mg/g.dry를 초과하여 오염이 상당히 진행된 해역으로 나타났다. 수온의 경우는 13.9~25.9°C범위로 나타났으며 9월에 화태해역에서 가장 높게 나타났고, 용존산소는 5.6~10.7mg/g.dry 범위였는데 9월에 화태에서 매우 낮게 나타났다. 현장조사에서도 저질의 부패정도가 매우 높은 것으로

확인되었으며 이러한 높은 오염도는 실험현장이 여수시에서 가장 어류 양식가두리가 밀집되어 있는

해역으로 매일 생사료 및 MP사료가 공급되고 있기 때문에 판단된다(Table 2).

Table 2. Monthly change of the environment of water and sediment in survey areas

	Site	Water quality			Sediment		
		Water Tem. (°C)	Salinity	pH	DO (mg/L)	COD (mg/g.dry)	AVS (mg/g.dry)
May	Hoenggan	17.5	32.8	8.1	9.2	7.8	0.12
	Ando	16.6	33.4	8.3	10.5	10.5	0.12
	Hwata	17.3	32.9	7.5	7.2	13.8	0.21
	Songgo	17.5	32.8	8.2	9.4	10.8	0.15
Jul.	Hoenggan	22.9	31.4	7.9	8.5	8.5	0.15
	Ando	22.5	32.1	8.2	10.7	14.2	0.13
	Hwatae	22.8	31.2	7.2	7.1	15.9	0.25
	Songgo	22.6	31.9	7.9	7.7	11.8	0.19
Sep.	Hoenggan	25.4	33.5	6.9	9.7	10.8	0.12
	Ando	24.6	34.1	7.5	10.3	13.2	0.13
	Hwatae	25.9	33.4	6.5	5.6	17.7	0.25
	Songgo	25.2	33.4	7	8.5	15.4	0.17
Nov.	Hoenggan	14.3	32.5	7.9	8.7	8	0.15
	Ando	13.9	32.9	8.1	9.3	9.5	0.12
	Hwatae	14.1	33.1	7.8	6.9	14.5	0.19
	Songgo	13.9	33	7.9	8.4	12.8	0.12

해삼의 생산효과에 대한 정량적인 결과를 도출하기 위하여 각 해역에 1m² 크기의 사육틀에 해삼밀도를 달리하여 사육한 결과 해역별로는 오염도가 심한 화태해역에서 가장 성장과 생존율이 좋았으며 대조구인 황간해역도 성장과 생존율이 양호하게 나타났다. 그러나 송고해역은 성장과 생존율이 가장 낮은 것으로 나타났다. 밀도에 따라서는 어린해삼을 낮은 밀도로 수용한 350마리 실험구가 1,000마리를 수용한 실험구에 비해 성장과 생존율이 더 좋은 것으로 나타났다. 실험종료 시인 11월의 성장은 화태해역에서 350마리를

수용한 사육틀에서 6.2g으로 가장 좋은 것으로 나타났으며, 송고해역에서 1,000마리를 수용한 사육틀에서 1.5g으로 가장 낮게 나타났다. 생존율의 경우는 화태해역에서 350마리를 수용한 사육틀에서 실험종료 시 32.1%로 가장 높게 나타났으며 송고해역의 1,000마리를 수용한 사육틀에서 5.5%로 가장 낮게 나타났다. 하지만 전반적으로 성장과 생존율이 매우 낮게 나타났는데 이것은 높은 사육밀도와 지속적인 먹이공급이 되지 못하고 실험초기 이동에 따른 심한 스트레스를 받았기 때문에 판단된다(Table 3)

Table 3. Growth and survival rate according to rearing density in survey areas(rearing cage)

Site	Density (inds)	Growth weight (g)				Survival rate(%)			
		May	Jul.	Sep.	Nov.	May	Jul.	Sep.	Nov.
Hoenggan	350	1.4	1.40	3.42	5.16	100	44.5	29.2	24.9
	700	1.5	1.36	2.12	3.25	100	32.7	20.1	15.4
	1,000	1.6	1.24	1.54	3.10	100	25.1	24.5	16.8
Ando	350	1.3	1.25	2.58	2.75	100	37.2	17.5	13.2
	700	1.5	1.15	2.02	2.00	100	24.5	12.9	10.4
	1,000	1.6	1.09	1.50	2.19	100	24.0	11.8	8.5
Songgo	350	1.5	1.45	2.25	2.19	100	49.3	10.7	9.3
	700	1.5	1.35	1.05	1.27	100	32.5	7.9	5.7
	1,000	1.6	1.25	1.05	1.45	100	25.8	8.8	5.5
Hwatae	350	1.5	1.69	3.55	6.19	100	57.7	39.4	32.1
	700	1.6	1.50	3.25	5.50	100	37.5	28.8	25.9
	1,000	1.6	1.55	2.85	5.55	100	29.8	24.5	21.2

또한 실험해역 주변에 어린해삼을 m²당 50마리 씩을 방류하여 생산효과를 조사한 결과 4개 해역에서 해삼의 성장은 실험종료시인 11월에 25~56g의 범위로 사육틀 실험에 비하여 매우 좋은 것으로 나타났다. 해역별로는 화태해역에서 가장 좋았으며 안도해역과 송고해역에서 낮게 성장을 보였다. 또한 방류한 개체로 판단되는 해삼의 재포량은 11월에 m²당 화태해역에서 6마리, 횡간해역에서 5마리가 재포되어 약 10%정도의 재포

율을 나타내었으나 송고와 안도해역에서는 5%이하로 매우 낮게 나타났다. 9월의 경우에는 재포량이 매우 적었으며 특히 안도와 송고에서 발견되지 않았다. 이것은 하면(夏眠)과 관련 있을 것으로 판단되며 표지 방류한 개체의 재포량은 7월에 횡간해역에서 2마리, 화태해역에서 1마리 발견되었으며 9월에는 화태에서만 1마리가 발견되었다 (Table 4).

Table 4. Growth and recapture-amount of sea cucumber in survey areas.(surroundings)

Site	Growth weight(g)				Recapture-amount(inds/m ²)			
	May	Jul.	Sep.	Nov.	May	Jul.	Sep.	Nov.
Hoenggan	1.6	6.5	3.8	32	25	8(2)	1	5
Ando	1.5	5.1	-	25	25	7	-	1
Songgo	1.6	5.4	-	30	25	9	-	2
Hwatae	1.6	10.3	9.8	56	25	11(1)	2(1)	6

IV. 고찰

해삼은 전복과 더불어 마을어장에서 생산되는 가장 중요한 유용수산물로 어촌계의 안정적인 소득향상에 기여하고 있다. 하지만 최근 해삼의 유용성이 증가되고, 수출전략품종으로서 가능성이 제기되면서 해삼의 생산성 향상을 위한 많은 연구들이 추진되고 있다. 그중 가장 경제적이면서 생산성을 높일 수 있는 방법은 방류에 의한 자원조성이며 국내에서도 국가와 지자체 및 유관기관에서 많은 양의 인공종묘를 방류함으로써 해삼의 자원조성에 많은 노력을 기울이고 있다. 하지만 자원조성에 대한 기술개발은 매우 부족한 실정이고, 방류효과에 대한 과학적인 결과도 도출되지 못한 실정이다.

해삼의 방류실태조사를 한 결과 월항어촌계의 방류효과가 화태어촌계에 비하여 매우 양호한 것으로 나타났으며, 월항어촌계에서 방류 후 10개월이 지난 2009년 4월에는 생존율이 66%로 매우 높았으나 화태어촌계는 28%로 나타나 두 해역간의 큰 차이를 보였다. 이러한 차이는 월항어촌계에 방류한 해삼의 종묘 크기가 화태어촌계에 비해 2배 이상 컸기 때문으로 판단된다. 또한 방류해삼의 생존율은 축제식 양식에서 사육하였을 경우 8.8~28.0%로 보고하고 있으며(해양수산부, 2006), 열대산 해삼, *Holothuria scabra*를 잘피밭에 방류하였을 경우 48h안에 약 65%의 높은 폐사율을 보인다는(Dance et al., 2003)보고와는 차이를 보이고 있다. 이러한 연구결과의 차이는 방류종묘의 크기, 방류해역의 여건과 포식자 유무 등에 의해 발생하는 것으로 판단된다.

본 연구 결과에서는 m^2 당 4.1마리의 서식밀도를 나타내었으며, 축제식 양식장의 경우 m^2 당 8마리 정도의 서식밀도를 나타내었다(해양수산부, 2003). 이러한 결과는 개방식과 폐쇄식 사육 여건에서 차이 때문으로 판단된다.

본 연구에서 월항어촌계의 경우만을 볼 때

우량종묘를 방류하였을 경우 자원조성이 가능할 수 있을 것으로 나타났는데 이것은 방류종묘의 크기와 밀접한 관계가 있는 것으로 판단되며 방류효과를 높이기 위해서는 주변 환경에 적응 가능한 우량종묘를 방류하는 것이 매우 중요한 것으로 생각되며 우량종묘를 확보하기 위한 중간육성기술의 개발이 필요할 것으로 판단된다. 그리고 해삼의 자원조성 효과를 높이기 위해서는 우량종묘의 확보, 자율적인 어장관리, 해삼자원의 재생산을 위하여 어미자원의 보존과 채포시기 및 채포금지기간 등의 지정이 필요할 것으로 판단된다.

한편 최근 해삼의 굴과 가리비 양식장(Zhou et al., 2006), 새우 양식장(Pitt et al., 2004), 담치 양식장(Slater and Carton, 2007)에서 해삼을 복합적으로 양식을 수행하는 것으로 보고하고 있다. 이것은 저질유기물을 섭취하는 해삼의 먹이특성을 이용함으로써 생산해역을 입체적으로 활용할 수 있어 생산성을 높일 수 있으며, 저질의 정화작용을 통하여 2차적인 생산성을 향상시킬 수 있기 때문이다. 본 연구에서는 어류가두리양식장과 전복가두리양식장에 해삼을 방류하여 자원조성효과를 조사한 결과 성장과 생존율은 매우 좋지 않았으나 관심을 가질 수 있는 다양한 결과를 도출하였다. 본 연구결과 방류해삼의 생존율은 5.5~32.1%로 저조한 것으로 나타났다. Battaglen et al.(1999)은 2cm 이상 크기의 해삼종묘를 고밀도로 육상수조에서 사육하였을 경우 2개월 후에 4% 이하로 매우 저조하며, 3cm 정도의 종묘는 2개월 후에 40g/마리 정도로 성장한다고 보고하고 있어 본 연구에 비하여 생존율은 낮고, 성장은 매우 좋았다. 본 연구에서는 해삼의 성장과 생존율은 식물 먹이원(다시마)을 지속적으로 공급한 송고어촌계에 비하여 동물성 먹이원(생사료 및 MP 사료)을 공급한 화태어촌계에서 성장과 생존율이 좋은 것으로 나타나 공급하는 먹이원의 종류에 의해 직접적인 영향을 받는 것으로 나타났다. 또한 저질오염도가 가장 높은 화태어촌계에서 성장과

생존율이 가장 좋은 것으로 나타났는데 이것 역시 저질의 오염정도 보다는 풍부한 유기물의 존재 여부가 해삼의 성장과 생존에 더 밀접하게 관여 한다는 것을 보여주는 것으로 판단된다. 하지만 해삼방류가 어류가두리양식장 저질을 정확부분에 대하여는 보다 구체적인 연구가 추진되어야 할 것으로 판단된다. 그리고 본 연구에서는 낮은 성장과 생존율은 방류하기 위하여 고밀도로 포장되어 이송하고, 종묘를 수확하는 과정중의 스트레스나 이동하는 동안의 충격 때문으로 판단되므로, 방류와 관련된 이송방법, 수확방법, 스트레스 및 방류해역에 대하여 적용할 수 있는 방법 등에 대한 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

V. 적요

전복 방류 효과를 조사한 결과 크기가 큰 종묘(전중, 3.2 g)를 방류한 월항어촌계가 크기가 작은 종묘를 방류한 화태어촌계에 비하여 방류효과가 좋은 것으로 나타났으며, 방류 후 10개월이 경과된 후 월항어촌계의 해삼 생존율은 66%로 매우 높게 나타났다. 이러한 결과는 방류효과가 종묘의 크기에 따라 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다.

또한 방류해역에 따른 해삼의 생산효과를 분석한 결과 어류 가두리 양식장에 밀집한 화태어촌계에서 실험종료 시 성장(6.2 g)과 생존율(32.1%)이 가장 좋은 것으로 나타났는데 이것은 오염도는 높지만 지속적으로 동물성먹이가 공급되는 해역의 생산성이 높다는 것을 의미한다. 따라서 자원조성 및 종 보존을 위해서 어류 양식가두리 저면을 활용하는 것도 고려할 방법으로 판단된다.

VI. 참고문헌

1. Battaglene, M. A. and Hamel, S. C. (2000). Periodic movement, recruitment and size-related distribution of the sea cucumber *Holothuria scabra* in Solomon Islands. *Hydrobiologia* 440, 81-100.
2. Dance, S. K., Idris Lane, Johann, D. Bell. (2003). Variation in short-term survival of cultured sandfish (*Holothuria scabra*) released in mangrove-seagrass and coral reef flat habitats in Solomon Islands. *Aquaculture* 220. 495-505.
3. Pitt, R., and Duy, N. D. Q. (2004). Breeding and rearing of the sea cucumber *Holothuria scabra* in Viet Nam. In: Lovatelli, A., Conand, C., Purcell, S., Uthicke, S., Hamel, J.-F., Mercier, A. (Eds.), *Advances in sea cucumber aquaculture and management*. FAO Fisheries Technical Paper, no. 463, pp. 333-346.
4. Slater, M. J., and Carton, A. G. (2007). Survivorship and growth of the sea cucumber *Australostichopus* (*Stichopus*) *mollis* (Hutton 1872) in polyculture trials with green-lipped mussel farms. *Aquaculture* 272. 389-398.
5. Zhou, Yi, Yang, H., Liu, S., Yuan, X., Mao, Y., Liu, Y., Xu, X., Zhang, F. (2006). Feeding and growth on bivalve biodeposits by the deposit feeder *Stichopus japonicus* Selenka (Echinodermata : Holothuroidea) cocultured in lantern nets. *Aquaculture* 256, 510-520
6. 高見東洋·河本良彦·松浦水喜. (1987). マナマコの栽培漁業化技術に関する研究, 山口県内海水

- 産試験場報告.17号,1-22.
7. 謝忠明 等. (2005). 海蔘海胆 増養殖技術. 金盾出版社, pp.1-175
 8. 山本千裕, (1985). マナマユの養殖に關する基礎的研究-Ⅲ. 福岡縣福岡水試研報,113-116.
 9. 張群采. (1998). 海蔘 海潭 増養殖技術.
 10. 池田善平·草加耕司·植木範行. (1988). マナマユの中間育成について. 岡山水試報. 47-54.
 11. 강석중, 강승완, 강정하, 정우철, 진상대, 최병대, 한종철. (2012). 최근 해삼양식기술. pp. 426
 12. 박광재, 박영제, 김수경, 최상덕, 김용구, 최낙현. (2007). 한국 서해안 해삼, *Stichopus japonicus*의 생식주기에 관한 조직학적 연구. 한국양식학회지, 20: 26-30.
 13. 서주영, 최 진, 김근업, 조성수, 박흥기, 이상민. (2008). 배합사료의 단백질 및 지질 함량이 어린 돌기해삼 *Stichopus japonicus*의 성장 및 체조성에 미치는 영향. 한국양식학회지, 21: 19-25.
 14. 이채성, 박영재. (1999). 해삼 *Stichopus japonicus* 유생의 성장과 생존에 미치는 먹이 및 수용밀도의 영향. 한국양식학회지 12: 39-45.
 15. 해양수산부, (2005). 해양환경공정시험법. 452pp.
 16. 해양수산부. (2006). 해삼양식기술에 관한 연구. 151pp.