



사육수조 내 사육기질이 어린 해삼의 성장 및 체조성에 미치는 영향

서주영, 김동규, 김근업¹, 조성수¹, 박홍기, 이상민*
강릉대학교 해양생명공학부, ¹강원도수산자원연구소

Effect of Different Substrates in the Rearing Tank on Growth and Body Composition of Juvenile Sea cucumber *Apostichopus japonicus*

Joo-Young Seo, Dong-Gyu Kim, Guen-Up Kim¹, Sung-Su Cho¹, Heum Gi Park and Sang-Min Lee*
Faculty of Marine Bioscience and Technology, Kangnung National University, Gangneung 210-702, Korea
¹Gangwon Province Fisheries Resources Institute, Gangneung 210-860, Korea

This experiment was conducted to evaluate the effects of different substrates in rearing tank on growth and body composition of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. Sea cucumber (average weight 3.6) were randomly distributed at a density of 10 juvenile per tank into nine tanks providing three different substrates including free-substrates, sand and wave-shaped plastic sheet as (shelter). Juveniles were fed with a commercial feed once in every 2 days for 8 weeks. At the end of the experiment, survival of sea cucumber was not affected by the presence of substrates ($P>0.05$). Weight gain and specific growth rate of sea cucumber reared in the tanks with sand were significantly higher than those of sea cucumber reared in the tanks with shelter and without substrate ($P<0.05$). Crude protein and crude lipid of whole body in sea cucumber reared in free-substrate tanks were significantly higher than those of juvenile reared in the tanks with other substrates ($P<0.05$). Higher ash content was obtained in sea cucumber reared in the tanks with sand compared to that of juvenile reared in the tanks with other substrates ($P<0.05$). The results of this study suggest that growth and proximate composition of whole body of sea cucumber was significantly affected by substrates. Among materials tested, sand may be a proper substrate for sea cucumber culture.

Keywords: Sea cucumber, *Apostichopus japonicus*, Growth, Shelter, Sand

서 론

한국, 중국, 일본 및 러시아 등에서 주로 식용으로 이용되고 있는 돌기해삼 *Apostichopus japonicus*은 칼로리가 낮고 필수아미노산과 미네랄 등이 풍부하여 건강식품으로 비교적 고가로 판매되고 있을 뿐 아니라 그 수요도 높다(Sloan, 1984). 그러나 최근에 무분별한 남획과 환경오염 등으로 인해 해삼 생산량이 감소함에 따라(Chen, 2004; Conand, 2004; Uthicke, 2004) 해삼의 인공증묘생산기술의 확립과 함께 양식에 대한 관심이 증가되고 있다.

해삼은 증묘생산 후, 10~20일 정도의 부유유생기를 거쳐 펜타클라 유생으로 변태하면서 부착생활을 하게 된다(Smiley et al., 1991). 이 때, 해삼 유생은 구강의 관족을 이용하여 부착기질에 부착하는데, 부착기질로 평판 또는 골판과 같은 채묘기를 사용하여 초기 유생을 관리한다. 그리고 해삼은 낮에는 햇빛의 영향을 덜 받는 바닥이나 은신처에 주로 존재하는(Mercier et

al., 1999) 야행성으로 유생관리 이후에는 부착 기질 또는 생활 은신처의 역할을 하는 shelter나 나일론 망사 등을 수조에 넣어 준다. 이것은 해삼의 환경적 스트레스를 최소화하고 수조 내에서 해삼의 부착 표면적을 넓혀 고밀도 사육이 가능하게 해준다. 그리고 자연에서 해삼은 모래나 펄 속에 함유된 유기물을 섭취하면서 생활한다. 해삼의 서식환경을 고려하여 볼 때, 양식에 있어 해삼의 성장 또는 사료 섭취는 사육수조 내 기질에 따라서 달라질 가능성은 매우 높다. 지금까지 해삼에 관한 연구로는 섭식과 소화(Tanaka, 1958b), 생식(Tanaka, 1958a), 유생사육(Sui et al., 1986; Sui, 1989) 및 대사(Kashenko, 2000; Li et al., 2002) 등 생물학적 특성에 초점을 두어 진행되었고, 부착 기질 및 저질 등 사육수조 내 물리적 조건에 관한 연구는 열대성 해삼인 *Holothuria scabra*를 대상으로 수행된바 있으나(Battaglione et al., 1999) 돌기해삼에 관해서는 수행되지 않았다. 따라서 본 연구는 사육수조 내 기질이 어린 해삼의 성장 및 체조성에 미치는 영향을 조사하기 위해 수행하였다.

*Corresponding author: smlee@kangnung.ac.kr

재료 및 방법

해삼 및 사육관리

전남 완도의 해삼 종묘생산 업체로부터 어린 해삼을 구입한 후, 대형 콘크리트 수조에 수용하여 수입 분말사료를 2일 1회 공급하면서 2주간 적응시켰다. 사육실험은 총 9개의 실험 수조 (50 L 사각수조)에 외형적으로 건강한 어린 해삼(평균체중: 3.6 ± 0.03 g)을 각각 10마리씩 3반복으로 수용하였으며, 사육수조 내 기질의 효과를 조사하기 위해 shelter와 모래를 넣지 않거나(Con), shelter (Shelter)와 모래(Sand)를 각각 넣어주어 사육수조의 조건을 달리하였다. 8주간의 사육실험 기간 동안 수입 분말사료(crude protein 16.8%, crude lipid 0.3%)를 해삼 체중의 5%씩 2일 1회(16:30 h) 공급하였다. 사육실험 기간 동안 수온은 $15.8 \pm 2.38^\circ\text{C}$, 비중은 1.025 ± 0.0002 이었다. 각 수조마다 aeration을 실시하였으며, 여과해수를 1 L/min로 조절하여 흘려주었다. 그리고 각 수조에 남은 사료 찌꺼기와 분은 이틀마다 사이폰으로 제거해 주었다. 사육실험 시작시와 종료시에는 측정 전일 절식시킨 후 각 실험수조에 수용된 해삼을 채취하여 표면을 거즈로 닦아 물기를 제거한 다음 전체무게를 측정하였다.

시료채취 및 성분분석

성분 분석용으로 최초 어린 해삼 10마리를 무작위로 표본 추출하였으며, 실험 종료시에는 각 실험수조에 생존한 모든 어린 해삼을 성분분석용 시료로 취하여 동결 보관(-70°C)하였다. AOAC (1990)의 방법에 따라 실험사료 및 어린 해삼의 조단백질(N \times 6.25)은 Auto Kjeldahl System (Buchi B-324/435/412, Switzerland)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105°C dry oven에서 6시간 동안 건조 후 측정하였다. 조회분은 600°C 회화로에서 4시간 동안 태운 후 정량 하였다.

통계처리

결과의 통계 처리는 SPSS Version 12 (SPSS, Michigan Avenue, Chicago, IL, USA) program을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시한 후, Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

사육수조의 조건을 달리하여 평균체중 3.6 g의 해삼을 8주간 사육실험한 결과를 Table 1에 나타내었다. 생존율은 모든 실험구에서 80% 이상으로 실험구간에 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$). 증중율과 일간성장율은 사육수조 내 기질에 영향을 받아 Sand 실험구가 Con과 Shelter 실험구들 보다 유의하게 높았으며, 수조에 모래와 Shelter가 없는 Con 실험구에서 가장 낮은 값을 보였다($P < 0.05$).

해삼은 해저의 모래나 펄을 섭취하면서 그 속에 존재하는 유기물을 함께 섭취하여 성장이나 에너지원으로 이용한다(Choe, 1963; Yingst, 1976; Moriarty, 1982; Uthiche, 1999; Michio et al., 2003). 이러한 해삼의 식성을 고려할 때, 수조에 모래를 넣어준 실험구에서 양호한 성장을 보인 것은 아마도 해삼이 사료를 섭취할 때 모래에 존재하는 유용성 박테리아를 사료와 함께 섭취하여 더 풍부한 영양소가 공급되었기 때문으로 판단된다. Battaglene et al. (1999)은 사육수조에 모래를 넣어준 실험구가 다른 부착기질을 넣어주거나 아무것도 넣어주지 않은 실험구들 보다 해삼 *H. scabra*의 성장이 양호하였다고 보고하였다. 그리고 본 연구에서 결과를 나타내지는 않았지만, 자연산 해삼의 장 내용물을 현미경으로 조사하였으며, 모래와 함께 해조류 찌꺼기와 다양한 유기물이 발견되었다. 그리고 이전 연구들은 모래가 어린 해삼에게 사료 이외의 먹이 공급과 은신처 역할을 한다고 보고하였으나(Wiedemeyer, 1992; Mercier et al., 1999), 본 실험에서는 실험기간 동안 해삼이 모래에 잠입하는 현상이 나타나지 않아 잠입에 의한 영향은 받지 않은 것으로 생각된다.

Shelter 실험구가 Sand 실험구에 비해 낮은 성장을 보였으나, Con 실험구보다 양호하였던 것은 shelter가 해삼의 은신처 역할을 하여 빛 등의 외부 환경에 의한 스트레스를 덜 받았기 때문으로 생각된다. Nelson and Vance. (1979)는 대분의 극피동물이 포식자로부터 자신을 보호하기 위해 야행성 습성을 지닌다고 보고하였으며, Mercier et al. (1999)은 어린 해삼의 일일 은신주기를 조사한 결과, 빛이 있는 낮 시간에는 은신하다가 먹이섭취를 위해 야간에 활동한다고 보고하였다.

어린 해삼의 일반성분 분석결과를 Table 2에 나타내었다. 수분함량은 실험구간에 유의한 차이가 없었다. 단백질 함량은 Con 실험구가 Sand 실험구보다 유의하게 높았으나($P < 0.05$), Shelter

Table 1. Survival and growth of juvenile sea cucumber fed the commercial feed at different rearing condition levels for 8 weeks¹

	Initial mean weight (g/ sea cucumber)	Final mean weight (g/ sea cucumber)	Survival (%)	Weight gain (%) ²	SGR ³
Con	3.6 ± 0.06	4.0 ± 0.13^a	80 ± 0.1	8.9 ± 2.65^a	0.12 ± 0.35^a
Sand	3.6 ± 0.07	5.9 ± 0.19^c	83 ± 3.3	63.8 ± 5.77^c	0.70 ± 0.49^c
Shelter	3.7 ± 0.06	5.2 ± 0.11^b	80 ± 5.8	41.3 ± 2.66^b	0.49 ± 0.27^b

¹Values (mean \pm SEM of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P < 0.05$).

²(Final weight - initial weight) \times 100 / initial weight.

³Specific growth rate (%) = [(ln final weight - ln initial weight)] \times 100 / days.

Table 2. Proximate compositions (%) of whole body in sea cucumber fed the commercial feed at different rearing condition for 8 weeks¹

	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ash
Initial	92.2	1.6	0.09	3.8
Con	90.5±0.21	3.1±0.12 ^b	0.24±0.04 ^b	3.8±0.11 ^a
Sand	88.7±0.67	2.4±0.22 ^a	0.08±0.03 ^a	6.2±0.72 ^b
Shelter	89.9±0.94	2.8±0.11 ^{ab}	0.06±0.03 ^a	3.5±0.10 ^a

¹Values are means from triplicate groups of sea cucumber where the means in each column with a different superscript are significantly different ($P<0.05$).

실험구와 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 지질 함량은 Con 실험구에서 가장 높게 나타났으며($P<0.05$), Sand와 Shelter 실험구간에 유의한 차이는 없었다($P>0.05$). 회분 함량은 Sand 실험구에서 가장 높은 값을 보였는데($P<0.05$), 이 결과는 해삼이 사료를 섭취할 때, 모래와 함께 섭취를 하였기 때문에 해삼 내장에 배출되지 않고 남아있는 모래에 영향을 받았기 때문으로 생각된다.

이상의 결과로 보아, shelter와 모래는 어린 해삼의 성장과 체조성에 영향을 미치는 것으로 보이며, 특히 모래는 해삼 양식을 위한 사육수조의 적절한 기질로 사용될 수 있을 것으로 판단된다. 하지만 모래를 기질로 사육할 때 수조 바닥에 쌓이는 먹이 찌꺼기나 분의 부패에 관한 문제를 고려하여야 할 것이다. 그리고 본 연구에서 수조에 shelter와 모래를 함께 넣어준 실험구를 설정하진 않았지만, 이에 대한 연구가 계속 수행되어야 할 것이다.

요 약

본 연구는 사육수조 내 shelter와 sand가 어린 해삼의 성장 및 체조성에 미치는 영향을 조사하기 위해 수행되었다. 사육수조에 shelter와 모래를 넣지 않거나(Con), shelter (Shelter)와 모래(Sand)를 각각 넣어 사육 조건을 달리하여 평균체중 3.6 g의 어린 해삼을 3반복으로 수용하여 수일 분말사료(조단백질 16.8%, 조지방 0.3%)를 8주간 공급하였다. 생존율은 80% 이상으로 모든 실험구간에 유의한 차이가 없었다($P>0.05$). 증중율과 일간 성장율은 Sand 실험구에서 가장 높았고, Con 실험구에서 가장 낮은 값을 보였다($P<0.05$). 해삼의 단백질과 지질 함량은 Con 실험구에서 가장 높게 나타났으며, 회분 함량은 Sand 실험구에서 가장 높은 값을 보였다($P<0.05$). 이상의 결과로 보아, 사육수조 내 shelter와 모래는 어린 해삼의 성장과 체조성에 영향을 미치며, 모래는 어린 해삼의 적정 성장을 위한 사육수조의 기질로 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 수산특정연구개발사업 및 한국 Sea Grant 사업의 연구비 지원에 의한 것이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Battaglene, S. C., E. J. Seymour and C. Ramofafia, 1999. Survival and growth of cultured juvenile sea cucumbers *Holothuria scabra*. *Aquaculture*, 178, 293–322.
- Chen, J., 2004. Present status and prospects of sea cucumber industry in China. (in) A. Lovatelli, C. Conand, S. Purcell, S. Uthicke, J. F. Hamel and A. Mercier (eds.), *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management*. FAO, Rome, Italy, pp. 25–38.
- Choe, S., 1963. *Study of Sea Cucumber: Morphology, Ecology and Propagation of Sea Cucumber*. Kaibundo Publishing House, Tokyo, Japan, p. 219.
- Conand, C., 2004. Present status of world sea cucumber resources and utilization: an international overview. (in) A. Lovatelli, C. Conand, S. Purcell, S. Uthicke, J. F. Hamel and A. Mercier (eds.), *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management*. FAO, Rome, Italy, pp. 13–23.
- Kashenko, S. D., 2000. Acclimation of sea cucumber *Apostichopus japonicus* to decreased salinity at the blastula and gastrula stages: its effect on the desalination resistance of larvae at subsequent stage of development. *Russian. J. Mar. Biol.*, 26, 422–426.
- Li, B., H. Yang, T. Zhang, Y. Zhou and C. Zhang, 2002. Effect of temperature on respiration and excretion of sea cucumber *Apostichopus japonicus*. *Oceanol. Limnol. Sin.*, 33, 182–187.
- Mercier, A., S. C. Battaglene and J. F. Hamel, 1999. Daily burrowing cycle and feeding activity of juvenile sea cucumbers *Holothuria scabra* in response to environmental factors. *Aquaculture*, 239, 125–156.
- Michio, K., K. Kengo, K. Yasunori, M. Hitoshi, Y. Takayuki, Y. Hideaki, and S. Hiroshi, 2003. Effects of deposit feeder *Stichopus japonicus* on algal bloom and organic matter contents of bottoms sediments of the enclosed sea. *Mar. Poll. Bull.*, 47, 118–125.
- Moriarty, D. J. W., 1982. Feeding of *Holothuria atra* and *Stichopus chloronotus* on bacteria, organic carbon and organic nitrogen in sediments of the great barrier reef. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, 33, 255–263.
- Nelson, B. V. and R. R. Vance, 1979. Diel foraging patterns of the sea urchin *Centrostephanus coronatus* as a predator avoidance strategy. *Mar. Biol.*, 51, 251–258.
- Sloan, N. A., 1984. Echinoderm fisheries of the world: a review. In: *Echinodermata (Proceedings of the Fifth International Echinoderm Conference)*. A. A. Balkema Publishers, Rotterdam, Netherlands, pp. 109–124.
- Smiley, S., F. S. McEuen, C. Chaffee and S. Krishan, 1991. Echinodermata: Holothuroidea. (in) A. C. Giese, J. S. Pearse and V. B. Pearse (eds). *Reproduction of marine invertebrates, vol VI: Echinoderms and Lophophorates*, California: Boxwood Press, PP. 663–750.
- Sui, X., 1989. The main factors influencing the larval development and survival rate of the sea cucumber *Apostichopus japonicus*. *Oceanol. Limnol. Sin.*, 20, 314–321.
- Sui, X., Q. Hu and Y. Chen, 1986. A study on technology for rear-

- ing of postlarvae and juvenile of sea cucumber *Apostichopus japonicus* in high density tanks. *Oceanol. Limnol. Sin.*, 17, 513–520.
- Tanaka, Y., 1958a. Seasonal changes occurring in the gonad of *Stichopus japonicus*. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.*, 9, 29–36.
- Tanaka, Y., 1958b. Feeding and digestive processes of *Stichopus japonicus*. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.*, 9, 14–28.
- Uthicke, C., 2004. Overfishing of holothurians: lessons from the Great Barrier Reef. (in) A. Lovatelli, C. Conand, S. Purcell, S. Uthicke, J. F. Hamel and A. Mercier (eds.), *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management*. FAO, Rome, Italy, pp. 163–171.
- Wiedemeyer, W. L., 1992. Feeding behaviour of two tropical holothurians *Holothura (Metriatyla) scabra* (Jäger, 1833) and *H. (Halodeima) atra* (Jäger, 1833), from Okinawa, Japan. *Proc. 7th Int. Coral Reef Symp.*, 2, 853–860.
- Yingst, J. Y., 1976. The utilization of organic matter in shallow marine sediments by an epibenthic deposit-feeding holothurian. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 23, 55–69.

원고접수 : 2009년 2월 2일

심사완료 : 2009년 2월 10일

수정본 수리 : 2009년 2월 17일