

배합사료 내 펄 분말 첨가가 어린 해삼(*Apostichopus japonicus*)의 성장 및 체조성에 미치는 영향

김경덕* · 배기민 · 한현섭 · 김강웅 · 이봉주 · 김성삼 · 박기영¹ · 권오남¹

국립수산과학원 사료연구센터, ¹강릉원주대학교 해양자원육성학과

Effects of the Dietary Inclusion of Sea Mud on the Growth and Body Composition of Juvenile Sea Cucumbers *Apostichopus japonicus*

Kyoung-Duck Kim, Ki-Min Bae, Hyon-Sob Han, Kang-Woong Kim, Bong-Joo Lee, Sung-Sam Kim, Kie-Young Park¹ and O-Nam Kwon¹

Aquafeed Research Center, National Institute of Fisheries Science, Pohang 37517, Korea

¹Department of Marine Biology, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 25457, Korea

This study investigated the effects of dietary inclusion of sea mud on growth and body composition of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. In experiment 1, three experimental diets containing sea mud at the level of 0, 30 and 60% were prepared. After feeding trial for 7 weeks, survival was not significantly different among groups. Final mean weight of sea cucumber fed the experimental diet without sea mud supplementation was significantly higher than that of sea cucumber fed the diet containing 30 and 60% sea mud. In experiment 2, three experimental diets containing sea mud at the levels of 0, 15 and 30% were prepared. After feeding trial for 19 weeks, survival was not significantly different among groups. Final mean weight of sea cucumber fed the diet without sea mud supplementation was not significantly different from that of 15%, but was significantly higher than that of sea cucumber fed the diet containing 30% sea mud. It was concluded that dietary inclusion of sea mud may inhibit growth of sea cucumber.

Key words: *Apostichopus japonicus*, Sea cucumber, Sea mud, Growth, Body composition

서론

해삼(*Apostichopus japonicus*)은 우리나라를 비롯한 중국 및 일본 등에서 수요가 높은 종이며, 비교적 고가로 판매되고 있는 수산물이다. 중국은 해삼 양식을 위한 종묘 생산 및 양성 기술을 확립하여 세계 해삼 생산량의 대부분을 차지하고 있다. 국내 해삼 생산량은 2014년에 2,148톤이었으며 대부분 어획 생산에 의한 것이고(Statistics Korea, 2013), 해삼은 2004년부터 자원 회복을 위한 방류 품종으로 지정되면서 종묘 생산 및 어린 해삼 생산이 활성화 되고 있다. 특히, 해삼은 중국의 수요가 높아 수출 전망이 높은 양식 종이며, 국내에서도 해삼 양식을 시도하는 양어인들이 증가하는 추세이다. 최근 국내 해삼 양식의 대부분은 종묘 생산 및 어린 해삼 육성 위주로 이루어지고 있다.

국내 사료 회사에서의 해삼 전용 배합사료 개발 및 생산은 미비한 실정이며, 국내 해삼 양식장에서는 중국산 해삼 사료 사용을 선호하여 해삼 사료의 대부분이 중국에서 수입되어 사용되고 있다. 그러나 중국산 수입 사료는 국내에서 고가로 판매되고 있어 외화 낭비 등의 문제점을 초래하고 있다. 따라서 국내 해삼 양식 활성화를 위해서는 경제적인 해삼용 배합사료 개발이 필수적이다. 해삼 양식용 사료 개발을 위한 연구로는 어린 해삼의 단백질 및 지질과 같은 필수 영양소 요구량(Seo et al., 2008; Seo and Lee, 2010)과 사료원료 이용성(Seo et al., 2011a; 2011b)에 관한 연구들이 보고되어왔다.

해삼은 퇴적물식자(deposit-feed)로써 자연에서는 바다 퇴적물 내 유기물 및 해조류 부식물 등을 섭취한다(Zhang et al., 1995). 이러한 식성을 감안하여 대부분의 해삼 양식장에서는

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2016.0026>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Korean J Fish Aquat Sci 49(1) 026-029, February 2016

Received 15 August 2015; Revised 30 December 2015; Accepted 5 January 2016

*Corresponding author: Tel: +82. 54. 230. 3630 Fax: +82. 54. 232. 3697

E-mail address: kimkd92@korea.kr

사료 공급시 다량의 펄을 사료와 혼합하여 공급하는 실정이다. Liu et al. (2009)는 지층이(*Sargassum thunbergii*) 분말과 펄의 혼합 비율을 다르게 한 먹이 공급이 해삼의 성장에 미치는 영향에 관하여 보고하였다. 그러나 사료 내 첨가물의 사용 효과는 첨가물이 혼합된 사료의 원료 조성비에 영향을 받을 수 있으며, 배합사료 내 펄 첨가량이 해삼의 성장에 미치는 영향에 관한 연구는 제한적인 실정이다. 그래서 본 연구에서는 펄 함량을 다르게 첨가한 배합사료가 어린 해삼의 성장 및 체조성에 미치는 영향에 관하여 조사하였다.

재료 및 방법

실험 사료

실험 1에서는 펄 분말을 첨가하지 않은 대조사료, 대조사료와 펄을 7:3 및 4:6의 비율로 혼합한 3종류의 실험사료를 설계하였다(Table 1). 대조사료는 주원료로 대두박, 콘글루텐밀, 지

층이 분말 및 소맥분을 사용하였다. 실험사료 제조에 사용된 펄 분말은 충남 태안 지역에서 채취하여 수세 후 자연 건조한 펄을 60℃에서 3시간 건조하여 사용하였다.

실험 2에서는 펄을 첨가하지 않은 대조사료와 펄 15% 및 30%를 첨가한 3종류의 실험사료를 설계하였다(Table 1). 미역분, 다시마분, 대두박, 콘글루텐밀 및 소맥분 함량을 조절하여 모든 실험사료의 조단백질 함량이 30% 전후가 되도록 조절하였다. 이와 같이 설계된 실험사료는 각 원료들을 잘 혼합한 후, 분쇄기(Pulverisette 16, Fritsch)를 사용하여 150 μm 이하의 입자로 분쇄한 후 사육 실험에 사용하였다.

사육 실험

실험 1의 사육 실험을 위하여 어린 해삼(*Apostichopus japonicus*)을 실험 수조에서 2주간 순치시킨 후, 최초 평균 체중 0.3 ± 0.09 (표준편차) g의 해삼을 9개의 30 L 원형수조에 각 수조당 100마리씩 3반복으로 수용하여 7주간 사육 실험을 실시하였다. 각 실험 수조에는 해삼이 은신할 수 있도록 검은색 플라스

Table 1. Ingredients and nutrient contents of the experimental diets

| | Experiment-1 | | | Experiment-2 | | |
|---|--------------|-------------|-------------|--------------|------|------|
| | Con | SM30 | SM60 | Con | SM15 | SM30 |
| Ingredients (%) | | | | | | |
| Soybean meal ¹ | 30 | | | 33 | 28 | |
| Corn gluten meal | 25 | | | 6 | 13 | 37 |
| <i>Undaria pinnatifida</i> powder | | | | 12 | 8 | 6 |
| <i>Laminaria japonica</i> powder | | | | 12 | 8 | 6 |
| <i>Hizikia fusiforme</i> powder | | | | 12 | 8 | 6 |
| <i>Sargassum thunbergii</i> powder ² | 20 | Con diet 70 | Con diet 40 | | | |
| Wheat flour | 20 | | | 20 | 15 | 10 |
| Squid meal | 1 | | | 1 | 1 | 1 |
| Brewer yeast | 1 | | | 1 | 1 | 1 |
| Vitamin premix ³ | 1 | | | 1 | 1 | 1 |
| Mineral premix ⁴ | 1 | | | 1 | 1 | 1 |
| Calcium phosphate | 1 | | | 1 | 1 | 1 |
| Sea mud powder | | 30 | 60 | | 15 | 30 |
| Nutrient contents (dry matter basis) | | | | | | |
| Crude protein (%) | 43.7 | 30.7 | 18.5 | 31.2 | 30.3 | 30.5 |
| Crude lipid (%) | 1.5 | 0.8 | 0.5 | 2.5 | 1.7 | 1.7 |
| Ash (%) | 13.4 | 37.5 | 61.4 | 10.8 | 22.8 | 34.8 |

¹Dehulled, solvent extracted. ²Imported from China. ³Vitamin premix contained the following amount which were diluted in cellulose (g/kg premix): L-ascorbic acid, 121.2; DL- α -tocopheryl acetate, 18.8; thiamin hydrochloride, 2.7; riboflavin, 9.1; pyridoxine hydrochloride, 1.8; niacin, 36.4; Ca-D-pantothenate, 12.7; myo-inositol, 181.8; D-biotin, 0.27; folic acid, 0.68; p-aminobenzoic acid, 18.2; menadione, 1.8; retinyl acetate, 0.73; cholecalciferol, 0.003. ⁴Mineral premix contained the following ingredients (g/kg premix): NaCl, 43.3; MgSO₄·7H₂O, 136.5; NaH₂PO₄·2H₂O, 86.9; KH₂PO₄, 239; CaHPO₄, 135.3; Ferric citrate, 29.6; ZnSO₄·7H₂O, 21.9; Ca-lactate, 304; CuCl, 0.2; AlCl₃·6H₂O, 0.15; KI, 0.15; MnSO₄·H₂O, 2.0; CoCl₂·6H₂O, 1.0.

텍 셀터를 1개씩 넣어주었고(Seo et al., 2009), 사육수를 분당 1 L로 조절하여 흘려주었으며, air를 공급하였다. 사육 기간 중 평균 수온은 14 ± 1.2 (표준편차) °C였다. 실험사료 종류별로 펄을 제외한 사료량을 해삼 체중의 3-5%씩 동일하게 1일 1회(15:00) 공급하였다. 사료 공급 전, 각 수조에 해삼이 먹고 남은 사료와 배설물을 제거하여 주었다.

실험 2의 사육 실험을 위하여 해삼을 실험 수조에서 2주간 순치시킨 후, 최초 평균 체중 2.9 ± 0.02 (표준편차) g의 해삼을 9개의 300 L 원형수조에 각 수조당 30마리씩 3반복으로 수용하여 19주간 사육 실험을 실시하였다. 각 실험 수조에는 검은색 플라스틱 셀터를 3개씩 넣어주었고, 사육수를 분당 3 L로 조절하여 흘려주었으며, air를 공급하였다. 사육기간 중 평균수온은 19.6 ± 3.1 (표준편차) °C였다. 실험 사료는 해삼 체중의 1-3%씩 동일한 량을 1일 1회(15:00) 공급하였다. 사료 공급 전, 각 수조에 해삼이 먹고 남은 사료와 배설물을 제거하여 주었다.

해삼 측정 및 성분 분석

사육 실험 시작 시와 종료 시에는 측정 전일 24시간 절식시킨 후 각 수조에 수용된 해삼의 전체 무게를 측정하였다. 실험 2의 최초 성분 분석용으로 해삼 100마리를 샘플하였으며, 실험 종료 시에는 각 실험 수조에서 생존한 해삼 중 중간 크기의 해삼을 10마리씩 성분 분석용으로 채취하여 냉동 보관하였다. 실험 사료와 해삼의 수분은 135 °C 에서 2시간 건조한 후에 측정하였으며, 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Gerhardt VAP500T/TT125, Germany)을 사용하여 분석하였다. 조지질은 조지질 추출기(Velp SER148, Italy)를 사용하여 ether로 추출한 후 측정하였으며, 조회분은 회화로를 사용하여 600 °C에서 4시간 동안 태운 후 측정하였다.

통계 처리

결과의 통계처리는 SPSS 프로그램을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시한 후 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성($P < 0.05$)을 검정하였다.

결 과

실험 1의 대조사료와 펄을 7:3 및 4:6의 비율로 혼합하여 제조한 사료로 어린 해삼을 7주간 사육한 결과를 Table 2에 나타내었다. 생존율은 모든 실험구에서 90-98% 이상이였으며, 실험구간에 유의한 차이가 없었다. 최종 체중은 펄 첨가량에 유의한 영향을 받았으며($P < 0.05$), 펄을 첨가하지 않은 실험구가 펄 30% 및 60% 첨가 실험구에 비하여 유의하게 높은 최종 체중을 보였다($P < 0.05$).

실험 2의 사료내 펄 분말을 0%, 15% 및 30% 첨가한 사료로 어린 해삼을 19주간 사육한 결과를 Table 3에 나타내었다. 생존율은 85-95% 모든 실험구간에 유의한 차이가 없었다. 사료별 해삼의 최종 체중은 펄 15% 및 30% 첨가 실험구가 펄을 첨

가하지 않은 대조구에 비하여 감소하였으며, 펄 30% 첨가 실험구의 평균 체중은 펄을 첨가하지 않은 대조구에 비하여 유의하게 낮았다($P < 0.05$).

사육 실험 종료 후, 해삼의 일반 성분 분석 결과를 Table 4에 나타내었다. 수분, 조단백질, 회분 함량은 모든 실험구간에 유의한 차이가 없었으나, 조지질 함량은 사료내 펄 함량에 유의한 영향을 받았다($P < 0.05$).

Table 2. Growth performance of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* fed the diets containing different level of sea mud powder for 7 weeks (experiment 1)

| | Sea mud powder levels (%) | | |
|------------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|
| | 0 | 30 | 60 |
| Initial mean weight (g/fish) | 0.30±0.09 ^{ns} | 0.30±0.09 | 0.30±0.09 |
| Final mean weight (g/fish) | 0.45±0.24 ^a | 0.30±0.16 ^b | 0.29±0.15 ^b |
| Survival (%) | 98±0.5 ^{ns} | 98±0.3 | 90±0.3 |

Values (mean±SE of three replications) in each row with a different superscript are significantly different ($P < 0.05$). ^{ns} Not significant ($P > 0.05$).

Table 3. Growth performance of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* fed the diets containing different level of sea mud powder for 19 weeks (experiment 2)

| | Sea mud powder levels (%) | | |
|-----------------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|
| | 0 | 15 | 30 |
| Initial mean weight (g/fish) | 2.9±0.03 ^{ns} | 2.8±0.03 | 2.9±0.01 |
| Final mean weight (g/fish) | 8.8±0.80 ^a | 7.4±0.86 ^{ab} | 5.6±0.44 ^b |
| Specific growth rate ¹ | 0.84±0.06 ^a | 0.70±0.08 ^{ab} | 0.50±0.06 ^b |
| Survival (%) | 95±2.3 ^{ns} | 85±7.7 | 92±1.0 |

Values (mean±SE of three replications) in each row with a different superscript are significantly different ($P < 0.05$). ^{ns} Not significant ($P > 0.05$). ¹[ln (final weight) – ln (initial weight)]×100/days of feeding.

Table 4. Proximate composition of whole body in juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* fed the diets containing different level of sea mud powder for 19 weeks (experiment 2)

| | Sea mud powder levels (%) | | | |
|-------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | initial | 0 | 15 | 30 |
| Moisture (%) | 90.3 | 91.4±0.1 ^{ns} | 91.4±0.1 | 90.9±0.1 |
| Crude protein (%) | 4.2 | 3.8±0.11 ^{ns} | 3.8±0.07 | 3.8±0.06 |
| Crude lipid (%) | 0.22 | 0.16±0.02 ^a | 0.38±0.05 ^b | 0.33±0.03 ^b |
| Ash (%) | 3.7 | 3.5±0.01 ^{ns} | 3.5±0.04 | 3.6±0.08 |

Values are mean±SE of three replications. ^{ns} Not significant ($P > 0.05$).

고 찰

해삼을 양식하는 대부분의 양어기들은 자연에서 바다 퇴적물 내 유기물이나 해조류 부식물을 섭취하는 해삼의 식성을 감안하여 해삼 사육용 먹이로 다량의 펄을 사료와 혼합하여 공급하는 실정이다. 따라서 사료내 펄 첨가가 해삼의 성장에 미치는 영향에 대해서는 해삼 양식에 적합한 사료 공급을 위하여 우선적으로 고려되어야 한다. 사료내 펄 함량이 해삼에 미치는 영향을 조사한 본 연구의 실험 1에서 배합사료에 펄을 30% 및 60% 첨가함에 따라서 사료의 조단백질 및 조지질 함량은 감소하였으며, 해삼의 성장 역시 펄 30% 및 60% 실험구가 펄 무첨가구에 비하여 낮았다. 실험 2에서는 펄의 함량은 0, 15 및 30%로 다르지만 사료원료 조성비를 조절하여 영양소 함량을 유사하도록 제조한 사료로 사육한 경우에도 해삼의 성장은 사료 중의 펄 함량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였으나 펄을 15% 첨가한 실험구는 펄을 첨가하지 않은 실험구와 유의한 차이는 없었다. 이러한 결과로 볼 때, 해삼 배합사료에 펄 분말을 혼합하여 공급할 경우, 해삼의 적정 성장을 위해서는 펄을 15% 이하로 사용하는 것이 적합한 것으로 판단된다. Liu et al. (2009)의 연구에서 지층이 분말에 펄을 0-80% 첨가한 먹이에 대한 해삼의 소화율을 측정하고, 펄 첨가율이 증가함에 따라서 먹이에 대한 소화율이 감소하는 결과를 보였는데, 본 연구에서 펄 첨가에 따른 해삼의 성장 감소는 이와 같은 소화율 저하에 의한 것으로 판단된다. 그러나 Liu et al. (2009)의 연구에서 지층이 분말에 펄을 20% 첨가한 실험구가 펄 첨가 없이 지층이 분말만을 공급한 실험구에 비해 높은 성장을 보였는데, 이는 펄 첨가에 따른 사료섭취율 증가에 의한 것으로 보고되었다. 본 연구의 사육 실험에서는 실험 사료별 일일사료섭취율을 별도로 측정하지는 않았으나, 모든 실험 사료는 해삼이 매일 섭취하고 일부 남을 정도로 충분히 공급하였으며, 펄 첨가에 따른 사료 섭취량의 증가는 관찰되지 않았다. 이와 같이 사료 내 펄 첨가가 해삼의 성장에 미치는 영향의 차이는 해삼 사육 실험에 사용된 펄과 혼합한 기초사료의 차이에 의한 것으로 판단된다. 본 연구의 경우 기초사료는 해삼 영양 요구량을 충족할 수 있도록 사료원료 조성비를 설계하여 제조한 배합사료를 사용하였으나, Liu et al. (2009)의 연구에서는 펄과 혼합한 기초사료로 지층이 분말만을 단독으로 사용하였다. 그리고 펄을 20% 첨가한 배합사료와 펄을 첨가하지 않은 배합사료를 대조사료로 사용하여 해삼의 성장도를 비교한 Robinson et al. (2013)의 연구에서도 펄 첨가에 따른 해삼의 성장 개선 효과는 나타나지 않아 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

본 연구에서 해삼의 지질 함량은 실험구간에 유의한 차이를 보였지만, 모든 실험구의 해삼 체내의 지질 함량은 0.16-0.33%로 전반적으로 낮은 값을 보였다.

이상의 결과 볼 때, 사료 내 다량의 펄 분말 첨가는 어린 해삼의 성장을 감소시킬 수 있으므로, 어린 해삼의 적정 성장을 위해

서는 사료 내 펄을 첨가하지 않는 것이 적합할 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 2013년도 국립수산물과학원 수산과학연구사업(R20151016)의 지원으로 수행된 연구이며 연구비 지원에 감사드립니다.

References

- Duncan DB. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics* 11, 1-42.
- Liu Y, Dong S, Tian X, Wang F and Gao Q. 2009. Effects of dietary sea mud and yellow soil on growth and energy budget of the sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka). *Aquaculture* 286, 266-270. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.09.029>.
- Robinson G, Slater MJ, Jones CLW and Stead SM. 2013. Role of sand as substrate and dietary component for juvenile sea cucumber *Holothuria scabra*. *Aquaculture* 392-395, 23-25. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.01.036>.
- Seo JY and Lee SM. 2010. Optimum dietary protein and lipid levels for growth of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. *Aquacult Nutr* 17, 56-61. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-5095.2009.00728.x>.
- Seo JY, Choi J, Kim GU, Cho SS, Park HG and Lee SM. 2008. Effects of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of juvenile sea cucumber *Stichopus japonicus*. *J Aquacult* 21, 19-25.
- Seo JY, Kim DG, Kim GU, Cho SS, Park HG and Lee SM. 2009. Effect of different substrates in the rearing tank on growth and body composition of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. *J Aquacult* 22, 118-121.
- Seo JY, Shin IS and Lee SM. 2011a. Effect of various protein sources in formulated diets on the growth and body composition of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. *Aquac Res* 42, 623-627. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02653.x>.
- Seo JY, Shin IS and Lee SM. 2011b. Effect of dietary inclusion plant ingredients as an alternative for *Sargassum thunbergii* on growth and body composition of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. *Aquacult Nutr* 17, 549-556. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2095.2010.00849.x>.
- Statistics Korea. 2014. Fishery production survey. Retrieved July 23 2015 from <http://kostat.go.kr>.
- Zhang B, Sun D and Wu Y. 1995. Preliminary analysis on the feeding habit of *Apostichopus japonicus* in the rocky coast waters off Lingshan Island. *Mar Sci* 3, 11-13.