

시판 뱀장어용 부상사료 및 반죽사료에 대한 치어기 뱀장어(*Anguilla japonica*) 성장 및 사육수질 비교

김성원 · 임상구 · 손상규 · 이진환[†]

(국립수산과학원 남부양식연구소 · [†] 해양대학교 해양과학기술연구소)

Comparison of Growth and Water Quality in Juvenile Japanese Eel, *Anguilla Japonica* Fed Commercial Extruded Pellet and Paste Type Diets

Seoung-Won KIM · Sang-Koo RIM · Sang-Gyu SOHN · [†] Jinhwan LEE

Southern Inland Fisheries Research Institute · [†] Research Institute of Marine Science and Technology

(Received November 8, 2007 / Accepted January 4, 2008)

Abstract

Growth and water quality in Japanese eel, *Anguilla japonica* (6.0±0.9 g) fed extruded and paste type diets were compared for 8 weeks. Fish in the duplicate tanks were fed with one of three experimental diets: two different extruded pellet diets and one paste type diet. Six FRP tanks were used with stocking density of 3.6 kg per tank (3 m³). Restricted feeds (ca. 2% of body weight) were served twice daily. Weight gains were checked at the end of every two-week interval, and water qualities in terms of NH₄-N and NO₂-N were determined daily one hour after feeding in the morning. Water temperature, dissolved oxygen, and pH were constantly kept within the optimum range, while fifty percent of total water volume was changed daily. Eels fed the extruded pellet diets showed significantly better (P<0.05) growth performance than did eels fed the paste type diet. The amount of feed waste from the paste type diet was significantly greater than those from the extruded pellet diets (P<0.05). Ammonia (NH₄-N) waste was significantly higher from the paste diet than from the extruded pellet diets (P<0.05). These results show that extruded pellet diets are better than the paste type diet for growth and water quality management in eel culture.

Key words : extruded pellet, paste type diet, *Anguilla japonica*

I. 서론

뱀장어는 전 세계적으로 1속 15종 3아종이 분포하며, 한국에는 극동산뱀장어(*Anguilla japonica*)와 무태장어(*A. marmorata*) 두 가지 종류가 있다.

뱀장어는 다른 어종에 비해서 단백질, 지방, 무기질, 비타민 등이 풍부하게 함유되어 있는 건강기능 식품으로 뱀장어 소비가 매년 증가하고 있다. 이에 따라 뱀장어의 생산량 증대와 더불어 양질의 배합사료 및 사료효율을 높일 수 있는 연구가 이

[†] Corresponding author : 051-410-4107, jinhwanlee@hhu.ac.kr

투여되어야 한다. 뱀장어 사료에 관한 연구는 사료 내 지질 이용(Gallego et al., 1993), 탄수화물 이용(Hidalgo et al., 1993), 단백질 이용(Degani and Levanon, 1988; Higuera et al., 1989) 및 에너지 이용에 관한 연구(Sanz et al., 1993)가 있으며, 부상사료 급여에 따른 뱀장어 성장에 관한 연구(민병서, 1990), 펠릿을 이용한 수조 내 뱀장어 사육시험에 관한 연구(김인배·이숙희, 1981), 고품사료에 대한 뱀장어 사육 시험 연구(靑江弘 1977, 高松千秋, 1978)와 유럽산 뱀장어 먹이형태별 성장에 관한 연구(Kastelein, 1983) 등이 있다.

현재 우리나라 뱀장어 사료는 분말반죽사료와 부상사료가 공급되고 있으나 양식업자는 전적으로 분말반죽사료에 의존하고 있는 실정이지만 분말반죽사료와 부상사료에 대한 성장과 수질을 비교하는 자료가 없는 실정이다. 이에 본 연구는 뱀장어 양식업자에게 사료효율을 높이고, 양식장 배출수의 규제와 정책에 효율적으로 대처할 수 있도록 양식현장에서 개발되어 사용 중인 분말반죽사료와 부상사료에 대하여 사료효율, 먹이섭취 시간, 성장률 및 사육 수질 등을 조사하여 제시하고자 한다.

II. 재료 및 방법

실험어는 목포연안에서 포획된 평균무게 0.2 g의 실뱀장어 5000마리를 구입하여 초기 냉동사료와 분말 백자사료를 공급하여 2개월 예비 사육한 평균 무게가 6.0±0.9g인 뱀장어 치어를 이용하였다. 실험사료는 뱀장어 양식현장에서 많이 이용되고 있는 시판용 분말사료 1종과 부상사료 2종을 택하였으며, 일반 사료 조성에 의한 분석결과를 Table 1에 나타내었다.

성장과 사육수질 분석을 위한 수조는 6개 원형 FRP 수조(3 m³)를 이용하였으며, 각 수조에 600마리씩 수용하여 2반복 실험을 하였다. 사료는 어체중의 2% 정도를 정량하여 부상사료의 경우

자동 사료공급기로 소량씩 공급 하였고, 분말사료는 반죽사료(수분함량 40%)로 제조하여 수조내 먹이터에 담아 공급하였다. 사료공급은 오전·오후 2회 실시하였다. 사료공급시 마다 사료섭취 시간을 측정하였다.

어체중 측정은 매2주 간격으로 실시하였다. 사육 수온은 aquatron을 이용하여 27±3℃를 유지하였다. 암모니아성질소(NH₄-N)와 아질산성질소(NO₂-N) 농도는 오전 사료공급 1시간 이후 수조별로 유입수와 유출수를 채취하여 분석 하였다. 암모니아성 질소와 아질산성 질소는 HACH Co., DR 2800의 분석방법에 의거 흡광도법으로 측정하였다. 용존산소(DO)와 pH는 매일 3번 이상 측정하여 일정하게 유지하도록 하였다.

실험결과를 SPSS Version 10 (SPSS, Michigan Avenue, Chicago, IL, USA) program을 사용하여 one-way ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의차를 검정하였다.

<Table 1> Proximate composition of extruded pellet (EP1, EP2) and paste diet

Ingredient (%, DM basis)	Feed type ¹		
	EP1	EP2	Paste
Crude Protein	50.06	46.81	48.25
Lipid	11.66	9.85	5.79
Carbohydrate ²	27.78	31.04	25.6
Ash	7.03	7.64	14.59
Ca	1.25	1.39	3.96
P	1.22	1.27	1.81
Gross energy (MJ/kg) ³	2,120	2,027	1,807

¹EP, extruded pellet; Paste, formulated powder feed.

²Carbohydrate (%) was calculated as 100-protein-lipid-ash-mineral (Ca, P).

³Calculated using combustion values for protein, lipid and carbohydrates of 23.6, 39.5 and 17.2 MJ/kg, respectively (Aksnes and Opstvedt, 1998).

Ⅲ. 결 과

평균무게 6 g인 뱀장어를 2종의 시판 부상사료와 1종의 반죽사료를 공급하여 8주 동안의 측정된 성장과 사육수질 측정 결과를 Table. 2와 Table 3에 나타내었다.

사육기간 동안 사료는 건조중량으로 동일한 양을 제한공급 하였으나 미섭취 사료분을 제외하였을 때 반죽사료 섭취량이 유의하게 낮게 나타났다($P<0.05$). 그러나 사료계수는 반죽사료 공급구에서 유의하게 높게 나타났으며($P<0.05$), 두 종의 부상사료 공급구에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다($P>0.05$). 단백질이용율(PER, protein efficiency ratio)은 반죽사료 공급구에서 유의하게 낮게 나타났다($P<0.05$). 사료 섭취시간은 2종의 부상사료 모두에서 반죽사료 보다 유의하게 높게 나타났으며($P<0.05$), 소요시간은 부상사료가 반죽사료에 비해 약 10배 섭취시간이 더 소요되었다 <Table 2>. 폐사율은 0.5-2.3% 범위로 나타났으며, 반죽사료 공급구에서 유의하게 높게 나타났다($P<0.05$).

<Table 2> Growth performance of eels fed extruded pellet (EP1, EP2) and paste diet

Feed type	Average weight(g)		Feed intake (g)	FCR ¹	PER ²	Satiation time (min)	Mortality (%)
	Initial	Final					
EP1	5.89 ^a	22.46 ^a	11,852 ^{ab}	1.19 ^a	1.67 ^a	58.2 ^b	0.5 ^b
EP2	5.99 ^a	21.18 ^a	12,047 ^a	1.18 ^a	1.62 ^{ab}	57.9 ^b	1.0 ^b
Paste	5.98 ^a	19.84 ^b	10,848 ^c	1.35 ^b	1.53 ^c	6.2 ^a	2.3 ^a

¹FCR, feed conversion efficiency.

²PER, Protein efficiency ratio = weight gain (g) / protein intake (g).

Mean values with different superscripts in each column are significantly different ($P<0.05$).

사료 종류와 섭취 방법은 사육수조의 수질에도 영향을 주는 것으로 나타났다. 실험기간 8주 동

안 수온은 모든 실험구에서 평균 27°C를 유지하였으며, pH는 평균 7.1을, 용존산소는 6.6 mg/L를 유지하였다. 사육수내 암모니아성 질소(NH₄-N)는 반죽사료 공급구에서 평균 0.76 mg/L로 부상사료 공급구인 EP1 (0.57 mg/L)과 EP2 (0.42 mg/L) 보다 유의하게 높게 나타났으며($P<0.05$), 부상사료 공급구간에는 유의한 차이가 없었다($P>0.05$). 사육수내 아질산성 질소(NO₂-N)는 반죽사료 공급구(0.25 mg/L)와 부상사료 공급구인 EP1 (0.21 mg/L)와 EP2 (0.21 mg/L) 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다($P>0.05$).

<Table 3> Water quality parameters in the culture tanks of eels fed extruded pellet (EP1, EP2) and paste diet

Feed Type	Water Temp. (°C)	pH	DO NH ₄ -N NO ₂ -N		
			(mg/L)		
EP1	27.2 ^a	7.07 ^a	6.56 ^a	0.57 ^b	0.21 ^a
EP2	27.3 ^a	7.12 ^a	6.57 ^a	0.42 ^b	0.21 ^a
Paste	27.3 ^a	7.22 ^a	6.71 ^a	0.76 ^a	0.25 ^a

Mean values with different superscripts in each column are significantly different ($P<0.05$).

Ⅳ. 고 찰

본 연구에서는 뱀장어 성장 최적 수온으로 알려진(Sadler, 1979; Seymour, 1989) 22-27°C 중 최상위 수온인 평균 27°C를 유지하여 뱀장어의 빠른 성장과 사료섭취 활력이 최대가 되도록 하였다. 일반적으로 뱀장어의 최적 사육수온은 높은 편이며 이 때문에 월동기 가온 비용이 상대적으로 높아져 뱀장어 양식업자에게는 환수율을 낮추기 위해 사료효율이 높고 수질악화를 경감시키는 사료의 개발이 절실하다(Heinsbroke and Kamsta, 1990; Van Rijn and Rivera, 1990; Arbiv and van Rijn, 1995).

본 실험 결과에서와 같은 반죽사료의 사료섭취량 감소와 높은 사료계수 및 낮은 단백질 이용효율(PER)은 반죽사료의 특성상 뱀장어가 먹이 섭취시 수중에서의 유실률이 높기 때문인 것으로 사료된다. 반죽사료와 냉동 생사료에 대한 이와 유사한 결과가 다수 보고되고 있으며(Watanabe, 1991), 본 실험에 이용된 부상사료와 반죽사료의 비교에서도 비슷한 단백질 함량임에도 불구하고 반죽사료의 이용효율이 낮게 나타나 체내 섭취전에 사료의 유실이 높은 것을 의미함을 알 수 있다.

이와 같은 수중 사료의 유실은 수질에도 영향을 미치어 암모니아성 질소의 배출량은 반죽사료 공급구가 부상사료 공급구에 비해 높게 나타났다. 일반적으로 어류양식 시스템에서는 양식 어류의 사육밀도, 어류의 대사량 및 환수량에 따라 암모니아 배설 농도가 달라진다(Soderberg et al., 1983; Degani and Gallagher, 1985). 또한 사육수의 총암모니아 농도는 사료의 단백질 함량에 따라 영향을 받는다(Gallagher et al., 1984; Degani and Gallagher, 1985). 본 실험에서는 Degani and Gallagher (1985)에 따라 실험어 사육밀도와 용존산소 및 pH를 성장에 영향을 미치지 않는 최적의 농도 범위를 유지하였고, Arai et al.(1972)와 Nose et al.(1972)에 따라 최대성장을 유도하는 사료단백질 45% 이상의 사료를 공급하였다. 그러나 사육수내 암모니아성 질소는 반죽사료 공급구가 부상사료 공급구보다 유의하게 높게 나타나고 부상사료 공급구간에는 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나 반죽사료가 부상사료에 비해 수중에서 안정성이 낮고 또한 수질관리에 보다 많은 비용이 소요될 것으로 판단된다.

평균 어체 크기 6-22g의 치어기 뱀장어에 대한 이상의 결과에서 부상사료가 반죽사료에 비해 성장과 수질 관리 측면에서 경제성이 높을 것으로 판단되며 향후 보다 큰 어체 크기에 대한 사료별 성장과 수질 실험이 필요할 것으로 사료된다.

참고 문헌

- 김인배 · 이숙희(1981). Pellet를 이용한 수조내 뱀장어 사육실험. 한국수산학회지, 14(1). 29~31.
- 민병서(1990). 부상사료 급여에 따른 뱀장어 (*Anguilla japonica*) 성장에 관한 연구, 부산수산대학교 산업대학원 석사논문, 25.
- 高松千秋(1978). ウナギ固形飼料の有利性, 養殖, 15(2), 48~51.
- 青江弘(1977). これからの ウナギ養殖と飼料. 養殖, 14(9). 38~43.
- Aksnes, A. · J. Opstvedt(1998). Content of digestible energy in fish feed ingredients determined by the ingredient-substitution method. Aquaculture, 161, 45~53.
- Arai, S. · T. Nose · Y. Hashimoto(1972). Amino acids essential for growth of eels, *Anguilla anguilla* and *A. japonica*, Bull. Jap. Fish Sci. Soc., 111, 363-366.
- Arbiv, A. · J. van Rijn(1995). Performance of treatment system for inorganic nitrogen removal in intensive aquaculture systems. Aquaculture Eng., 14, 189~203.
- Degani, G. · M. L. Gallagher(1985). The relationship between growth, food conversion and oxygen consumption in developed and underdeveloped American eels (*Anguilla rostrata* L.). J. of Fish Biol., 27, 635~641.
- Degani, G. · D. Levanon(1988). The relationship between ammonia production and oxygen concentration in water and the biomass of eels and level of protein in the diet of *Anguilla anguilla* L. Aquacultural Eng., 7, 23 5~244.
- Gallagher, M. L. · E. Kane(1984). Courtney "Differences in oxygen consumption and ammonia production in American elvers (*Anguilla rostrata*). Aquaculture, 40. 183~187.
- Gallego, M. G. · M. C. Hidalgo · M. D. Suarez · A. Sanz · M. de la Higuera(1993). Feeding of the european eel(*Anguilla anguilla*). Influence of dietary lipid level. Comparative Bioch. and Phys. Part A: Physiology, 105. 17 1~175.
- Heinsbroke, L. T. H. · A. Kamsta(1990). Design

- and performance of water recirculation systems for eel culture. *Aquaculture Eng.*, 9, 187~207.
- Hidalgo, M. C. · A. Sanz · M. Garcia Gallego · M. D. Suarez · M. de la Higuera(1993). Feeding of the European eel (*Anguilla anguilla*), Influence of dietary carbohydrate level. *Comp. Bioch. and Phys. Part A: Physiology*, 105, 165~169.
- Higuera, M. · M. Garcia Gallego · A. Sanz · C. Hidalgo · M. D. Suarez(1989), Utilization of dietary protein by the eel (*Anguilla anguilla*): Optimum dietary protein levels. *Aquaculture*, 79, 53~61.
- Kastelein, P.(1983). Survival and growth of elvers, *Anguilla anguilla* (L.), reared on an expanded granulate diet. *Aquaculture*, 30, 155~172.
- Nose, T. · S. Arai(1972). Optimum level of protein in purified diet for eel, *Anguilla japonica*. *Bull. Fresh. Fish. Res. Lab. (Tokyo)*, 22, 145~153.
- Sanz, A. · M. D. Suarez · M. C. Hidalgo · M. Garcia Gallego · M. de la Higuera(1993). Feeding of the european eel (*Anguilla anguilla*). Influence of the relative proportions of the energy yielding nutrients, *Comp. Bioch. and Phys. Part A: Physiology*, 105, 177~182.
- Soderberg, R. W. · J. B. Flynn · H. R. Schmittou(1983). Effects of ammonia on growth and survival of rainbow trout in intensive static water culture. *Trans, Am. Fish. Soc.*, 112, 448~451.
- Van Rijn, J. · G. Rivera(1990). Aerobic and anaerobic bio-filtration in aquaculture unit-nitrate accumulation as a results of nitrification and denitrification, *Aquaculture Eng.*, 9, 217~234.
- Watanabe, T.(1991). Past and present approaches to aquaculture waste management in Japan. Pages 137~154, (in) C.B. Cowey and C.Y. Cho, editors. *Nutritional Strategies and Aquaculture Wastes*, Symposium on Nutritional Strategies in Management of Aquaculture Wastes. University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.