

## 부상 건조사료(EP)와 습사료(MP)의 반복 및 제한 공급이 넙치 치어의 성장 및 체조성에 미치는 영향

서주영, 이종하<sup>1</sup>, 김근업<sup>2</sup>, 이상민\*

강릉대학교 해양생명공학부, <sup>1</sup>국립수산과학원 동해수산연구소  
어류연구센터, <sup>2</sup>강원도 수산 양식시험장

### Effect of Extruded and Moist Pellets at Different Feeding Rate on Growth and Body Composition of Juvenile Flounder, *Paralichthys olivaceus*

Joo-Young Seo, Jong Ha Lee<sup>1</sup>, Gun-Up Kim<sup>2</sup> and Sang-Min Lee\*

Faculty of Marine Bioscience and Technology, Kangnung National University, Gangneung 210-702, Korea

<sup>1</sup>National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-902, Korea

<sup>2</sup>Gangwon Province Marine Culture Experimental Station, Gangneung 210-860, Korea

A 10-week feeding trial was conducted to determine the optimum feeding rate of two extruded pellets (EP1 and EP2) and raw fish-based moist pellet (MP) for juvenile flounder. Two replicate groups of the fish (average weight of 27 g) were fed EP and MP three times daily at different feeding rate (satiation and 85% satiation). Weight gain of fish was not affected by diet, but affected by feeding rate. Weight gain with satiation feeding group showed a tendency to higher compared to that of fish with 85% satiation feeding at the same diet. Feed efficiency of fish was affected by diet, but not feeding rate. Feed efficiency of fish fed the EP1 and EP2 was higher than that of fish fed the MP at the same feeding rate. Daily feed intake was affected by diet and feeding rate. Daily feed intake of fish fed with satiation was higher than that of fish with 85% satiation at same diet, and this variable of fish fed the MP was higher than that of fish fed the EP1 and EP2. Protein efficiency ratio of fish fed the MP was significantly lower than that of fish fed the EP1 and EP2 regardless of feeding rate. Lipid content of whole body was affected by diet, and that of fish fed the EP2 and MP at satiation feeding was the highest. It can be concluded that satiation feeding will be good and EP is better than MP for growth of juvenile flounder grown from 27 g to 51 g.

**Keywords:** Flounder, Feeding rate, Extruded pellet, Moist pellet

### 서 론

어류 양식에 있어 사료공급체계는 사료효율 및 어류 성장에 직접적으로 영향을 미치는 중요한 요소이다(Tsevis et al., 1992; Azzaydi et al., 2000; Lee et al., 2000a). 사료공급체계 중 적절한 사료 공급률은 어류의 성장과 사료효율을 향상시킬 뿐 아니라 사료의 과잉 공급으로 인해 발생하는 수질오염원을 줄일 수 있다고 보고 되었다(Ng et al., 2000; Mihelakakis et al., 2002; Webster et al., 2002). 이러한 사료 공급률은 양식장의 환경, 사료종류 및 양어가들의 경험 등에 따라 달라질 수 있는데, 양식 어에게 적정 사료 섭취량 이상 또는 이하의 공급은 사료효율이 낮아지거나 성장이 저하되어 결국은 양식 생산 단가를 상승시

키는 불이익이 초래되므로 대상어종의 적정 사료 공급률을 조사하는 것은 매우 중요하다.

양어사료의 물성이나 가공 형태는 제조공정, 사료 가격, 유통 및 수질 오염 등에 영향을 미치는 요인으로 어종마다 선호하는 사료의 형태나 물성이 다를 수 있으며, 이러한 사료의 물성 또는 가공 형태는 각각 장단점을 가지고 있다. 현재 양어가들이 선호하고 있는 생사료나 생사료와 분말 사료를 혼합한 형태의 moist pellet (MP)은 성장도에 비하여 가공, 유통, 및 보관 등에 많은 문제점들이 잠재되어 있을 뿐 아니라 사료 유실로 발생하는 수질오염은 매우 심각한 환경적 문제를 초래 할 수 있다. 최근, 가두리나 육상수조 양식에서는 사료 유실을 줄이고 소화율을 높이기 위하여 부상 건조사료(extruded pellet, EP)를 사용하는 양어장이 늘어나는 추세에 있다. EP는 전분을 알파화시켜 소화율을 높이는 대신 사료 가공 단가가 높아질 뿐 아니라 사

\*Corresponding author: smlee@kangnung.ac.kr

료 제조시 고온과 고압으로 인하여 열에 약한 영양소가 파괴되는 단점을 지닌다.

양식 대상 어종의 식성 및 소화능력에 따라 사료의 영양소 이용효율이 달라질 수 있으므로 이러한 요인들을 고려하여 양식에 적합한 형태의 사료가 공급되어야 할 것이다. 그리고 사육환경, 사료품질 및 형태, 어체크기 등은 사료 공급률에 영향을 미칠 수 있으므로 이에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다. 본 연구에서는 두 종류의 부상 건조사료와 생사료와 분말이 혼합된 습사료의 효능을 비교함과 동시에 이들 사료의 공급률(만복 및 제한 공급)이 넙치 치어의 성장 및 체조성에 미치는 영향을 조사하였다.

### 재료 및 방법

#### 실험사료

실험에 사용된 부상 건조사료(EP) 및 습사료(MP)의 사료조성 및 영양성분을 Table 1에 표시하였다. 실험 배합사료로 EP1과 EP2는 넙치의 영양소 요구(Lee et al., 2000b)를 고려하여 사료를 설계하고 사료회사에 의뢰하여 Extruder Pellet Mill로 부상 건조 pellet으로 제조되었다. 또한, MP로 현재 넙치 양식장에서 많이 사용하고 있는 넙치용 분말사료(우성 사료)와 냉동 전갱이를 1:3의 무게 비율(습중량 기준)로 혼합하여 성형하였다.

#### 실험어 및 사육관리

실험어로 넙치를 경남 욕지도에서 구입하여 10톤 크기의 원형 콘크리트 수조에 수용하면서 3개월 동안 실험수조에 적응을 시켰다. 실험수조에 수용한 이후 병원성 세균과 기생충의 발생을

예방하기 위해 포르말린과 항생제로 약욕을 시켰고, 약욕기간 동안은 절식시켰으며 외형적으로 정상적인 개체만 선별하여 실험어로 사용하였다. 적응기간 동안 1일 2회 상업용 넙치 부상 건조사료를 공급해 주었다. 실험수조에 적응 후, 외형적으로 건강한 넙치(평균 체중: 27±1.1 g)를 무작위로 추출하여 원형 콘크리트 수조(지름 460 cm, 높이 60 cm)에 각각 500 마리씩 2반복으로 수용하였다. 사료 종류별로 매일 3회(09:00, 13:00, 17:00) 반복 및 제한으로 사료를 공급하면서(1주일에 6일) 10주간 사육실험하였다. 사료 공급량은 각 사료마다 반복 공급구는 실험어가 먹을 때까지 손으로 던져주었으며, 제한 공급구는 각 사료별 반복 공급구의 85%를 3회로 나누어 공급하였다. 사료 공급 1시간 후에 사육수의 약 80%를 배수시켜 수조내 찌꺼기를 제거하여 주었으며, 각 수조의 해수 환수율은 1일 15회전으로 하였고, 용존산소 보충을 위해 에어를 공급하였다. 사육 실험 기간 동안의 수온은 11.0~18.5°C의 범위였으며, 평균 수온은 13.5±1.47°C이었다. 그리고 각 수조에서 죽은 개체는 매일 제거하여 주었다.

#### 사료채취 및 성분분석

최초 어체의 성분 분석용으로 20마리를 무작위로 표본 추출하였으며, 실험 종료시에는 각 실험수조에서 10마리를 성분 분석용 시료로 취하여 냉동보관(-75°C)하였다. 실험 사료 및 어체의 일반 성분은 AOAC (1990)의 방법에 따라 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Buchli B-324/435/412, Switzerland; Metrohm 8.719/806, Switzerland)을 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105°C의 dry oven에서 6시간 동안 건조 후 측정하였으며, 조회분은 550°C의 회화로에서 4시간 동안 태운 후 측정하였다. 총에너지는 5.64 kcal/g protein, 9.44 kcal/g lipid 및 4.11 kcal/g carbohydrate로 계산하였다.

#### 통계처리

결과의 통계 처리는 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 유의성을 검정하였고, Two-way ANOVA-test로 사료 종류와 공급량에 대한 상관요인을 분석하였다.

### 결 과

평균 체중 27 g의 넙치 치어를 10주간 사육 실험한 결과, 생존율은 94% 이상으로 모든 실험구간에 유의한 차이가 없었다 (P>0.05). 사료섭취율, 성장 및 영양소 이용율에 대한 결과를 Table 2에 표시하였다. 일일사료섭취율은 사료 종류와 사료 공급률에 모두 영향을 받았다(P<0.01). 동일한 사료에서 일일사료섭취율은 제한 공급구가 반복 공급구의 84-86%로 나타나 각각의 사료를 반복과 반복의 85%로 조절하여 공급한 결과와 거

**Table 1.** Ingredients and nutrient contents of the experimental diets

	Diets		
	EP1	EP2	MP
<b>Ingredients (%)</b>			
Fish meals <sup>1</sup>	48.0	53.0	
Meat meal	3.0	3.0	
Wheat gluten	8.0	8.0	
Soybean meal	9.0	9.0	
Corn gluten meal	4.0	4.0	
Wheat flour	23.0	18.0	
Others	5.0	5.0	
<b>Nutrient contents</b>			
Dry matter (%)	94.5	93.6	55.1
Crude protein (% DM)	56.5	55.9	57.9
Crude lipid (% DM)	6.9	7.7	7.9
Ash (% DM)	10.3	10.1	9.5
Gross energy (kcal/g diet) <sup>2</sup>	4.9	4.9	5.0

<sup>1</sup>Mixture of mackerel fish, tuna and pollack fish meal.

<sup>2</sup>Based on 5.64 kcal/g protein, 9.44 kcal/g lipid and 4.11 kcal/g carbohydrate.

**Table 2.** Growth performance of juvenile flounder fed the experimental diets with different feeding rates for 10 weeks<sup>1</sup>

Diets	Feeding rate	IMW <sup>2</sup>	DFI (%) <sup>3</sup>	WG (g/fish) <sup>4</sup>	FE (%) <sup>5</sup>	PER <sup>6</sup>	ERE (%) <sup>7</sup>
EP1	Satiation	26.9±1.85 <sup>ns</sup>	0.97±0.001 <sup>b</sup>	25.0±2.15 <sup>abc</sup>	94.9±1.64 <sup>bc</sup>	1.68±0.030 <sup>b</sup>	22.5±0.35 <sup>ns</sup>
	85% satiation	27.3±0.65	0.83±0.003 <sup>a</sup>	22.7±1.15 <sup>ab</sup>	104.8±1.64 <sup>c</sup>	1.86±0.025 <sup>b</sup>	26.0±3.05
EP2	Satiation	26.9±1.30	1.00±0.001 <sup>b</sup>	27.6±0.05 <sup>c</sup>	95.0±3.88 <sup>bc</sup>	1.70±0.070 <sup>b</sup>	26.7±0.25
	85% satiation	27.4±0.45	0.85±0.004 <sup>a</sup>	21.3±1.27 <sup>a</sup>	99.2±4.19 <sup>c</sup>	1.77±0.075 <sup>b</sup>	23.0±0.05
MP	Satiation	27.2±0.70	1.27±0.071 <sup>c</sup>	27.1±0.00 <sup>bc</sup>	77.6±5.39 <sup>a</sup>	1.34±0.090 <sup>a</sup>	21.1±0.05
	85% satiation	27.2±0.10	1.07±0.020 <sup>b</sup>	23.6±1.02 <sup>abc</sup>	83.8±1.51 <sup>ab</sup>	1.45±0.025 <sup>a</sup>	20.9±1.00
Two-way ANOVA							
Diets			<i>P</i> <0.001	<i>P</i> <0.5	<i>P</i> <0.004	<i>P</i> <0.002	<i>P</i> <0.3
Feeding rate			<i>P</i> <0.001	<i>P</i> <0.008	<i>P</i> <0.05	<i>P</i> <0.05	<i>P</i> <0.08
Interaction			<i>P</i> <0.7	<i>P</i> <0.4	<i>P</i> <0.8	<i>P</i> <0.7	<i>P</i> <0.08

<sup>1</sup>Values (mean±SE of two replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (*P*<0.05).

<sup>2</sup>Initial mean weight (g/fish).

<sup>3</sup>Daily feed intake=feed intake (dry matter)×100/[(initial fish wt.+final fish wt.+dead fish wt.)/2×days fed].

<sup>4</sup>Weight gain.

<sup>5</sup>Feed efficiency=fish wet weight gain×100/feed intake (dry matter).

<sup>6</sup>Protein efficiency ratio=fish wet weight gain×100/protein intake (dry matter).

<sup>7</sup>Energy retention efficiency=fish energy gain×100/energy intake.

의 유사한 경향을 보였다. 또한, 일일사료섭취율은 반복 및 제한 공급구 각각에서 MP를 공급한 실험구가 EP1 및 EP2를 공급한 실험구보다 유의하게 높았다(*P*<0.05).

증중량은 사료 종류에는 영향을 받지 않았지만(*P*>0.05), 사료의 공급률에는 영향을 받았다(*P*<0.01). EP2를 반복 공급한 실험구의 증중량이 27.6 g으로 가장 높았지만, EP1을 반복 공급한 실험구와 MP를 반복 및 제한 공급한 실험구들과는 유의한 차이가 없었다(*P*>0.05). 그리고 다른 사료와 달리 EP2 사료 공급구의 증중량은 반복 공급구가 제한 공급구에 비해 높은 값을 보였다(*P*<0.05).

사료효율은 사료 종류와 공급률에 모두 영향을 받았다(*P*<0.05). EP1과 EP2를 제한으로 공급한 실험구의 사료효율이 가장 높은 결과를 보였지만, EP1과 EP2의 반복 공급구와 유의한 차이는 없었다(*P*>0.05). MP 사료에서도 반복 공급구의 사료효율이 제한 공급구에 비해 낮은 경향을 보였지만 유의한 차이는 없었다.

동일한 사료 공급률에 있어 사료효율은 MP를 공급한 실험구가 EP1과 EP2를 공급한 실험구에 비해 유의적으로 낮은 결과를 보였다(*P*<0.05).

단백질효율은 사료 종류에 영향을 받았으며(*P*<0.01), 반복 및 제한 공급에 관계없이 MP를 공급한 실험구가 EP1 및 EP2를 공급한 실험구보다 유의하게 낮았다(*P*<0.05). 에너지 축적효율은 21-27%의 범위로 나타났으며, 사료종류 및 공급률에 영향을 받지 않았다(*P*>0.05).

사육 실험 종료후, 전어체의 일반성분을 분석한 결과를 Table 3에 나타내었다. 전어체의 수분, 단백질 및 회분의 함량은 사료종류 및 공급률에 영향을 받지 않았으며(*P*>0.05), 모든 실험구에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 반면에 지질의 함량은 사료종류에 영향을 받았으며(*P*<0.05), EP2와 MP의 반복 공급구에서 가장 높았고, EP1의 반복 공급구에서 가장 낮은 값을 보였다.

**Table 3.** Proximate composition (%) of the whole body in juvenile flounder fed the experimental diets with different feeding rates for 10 weeks<sup>1</sup>

Diets	Feeding rate	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Crude ash
EP1	Satiation	75.6±0.09 <sup>ns</sup>	17.2±0.24 <sup>ns</sup>	1.71±0.055 <sup>a</sup>	3.79±0.185 <sup>ns</sup>
	85% satiation	75.4±0.11	17.5±0.24	1.86±0.110 <sup>ab</sup>	3.56±0.300
EP2	Satiation	75.7±0.54	17.7±0.04	2.97±0.235 <sup>c</sup>	3.49±0.120
	85% satiation	75.2±0.54	17.5±0.08	1.90±0.025 <sup>ab</sup>	3.65±0.060
MP	Satiation	74.9±0.46	17.7±0.12	2.87±0.435 <sup>c</sup>	3.36±0.080
	85% satiation	74.9±0.15	17.2±0.17	2.60±0.310 <sup>bc</sup>	3.48±0.215
Two-way ANOVA					
Diets		<i>p</i> <0.3	<i>p</i> <0.4	<i>p</i> <0.03	<i>p</i> <0.5
Feeding rate		<i>p</i> <0.5	<i>p</i> <0.4	<i>p</i> <0.1	<i>p</i> <1.0
Interaction		<i>p</i> <0.8	<i>p</i> <0.2	<i>p</i> <0.2	<i>p</i> <0.5

<sup>1</sup>Values (mean±SE of two replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (*P*<0.05).

## 고찰

본 실험에서 제한 공급구에 비해 반복 공급구의 증중량이 높은 경향을 보였는데, 이는 사료의 공급률이 증가할수록 어류의 성장이 증가한다는 타 어종에 대해 보고된 결과(De Silva et al., 1986; Hung and Lutes, 1987; Xiao-Jun and Ruyung, 1992; Adebayo et al., 2000; Ng et al., 2000; Mihelakakis et al., 2002)와 유사한 경향을 나타내었다. 그리고 사료의 공급률이 증가할수록 사료 이용효율이 낮아진다고 타 어종(Sedgwick, 1979; Mills and McCloud, 1983; Clark et al., 1990; Hung et al., 1993; Mihelakakis et al., 2002)에 보고되어 있어, 본 연구의 결과와 같은 경향을 보였다.

한편, 사료의 적정 공급률은 어종, 어류의 크기 및 사육환경 등에 따라 달라질 수 있기 때문에(Brett, 1979; Ng et al., 2000; Webster et al., 2002; Fiogbe and Kestemont, 2003), 이에 대한 고려가 필요하다. 본 실험에 사용한 넙치와는 달리 평균체중 25-60 g의 조피볼락의 적정 사료 공급률이 반복의 70-85%라고 보고되었으며(Lee, 1997), European sea bass에서는 평균체중 30 g일 때 체중의 3.0-3.5%를(Eroldogan, 2003), 60 g일 때 체중의 3.2%를(Tsevis et al., 1992) 그리고 78 g일 때 체중의 1.06% (Ballestrazzi et al., 1998)를 공급하여 주는 것이 적합하다고 보고된 바 있다. 이러한 차이는 어종과 동일 어종이라도 크기에 따른 차이가 있음을 의미한다. 또한, 적정 사료 공급률은 공급횟수를 몇 회로 할 것인가에 따라라도 달라질 수 있으므로 공급횟수와 반복 또는 제한 공급에 대한 상관관계를 심도 있게 연구할 필요가 있다. 본 실험조건에서의 성장 결과로부터, 넙치는 조피볼락과는 달리 제한 공급보다는 반복 공급이 성장에 좋을 것으로 생각된다. 이는 대상 어종의 식성, 소화기관의 구조, 소화효소 활성 등의 차이에 의한 것으로 판단되나, 차후 이러한 차이에 대한 상세한 연구가 요구된다.

아직까지 우리나라의 해산어, 특히 넙치 양식의 먹이로 생사료가 주로 사용되고 있으며, 배합사료를 사용하는 경우에도 딱딱한 건조사료를 그대로 사용하지 않고 수분을 건조 pellet에 첨가하여 습사료 형태로 흔히 사용되고 있다. 이러한 현상은 수분 함량이 높은 사료가 넙치에 기호성이 더 높은 것으로 알려져 있기 때문인데, 사실 이에 대한 정확한 근거는 없는 실정이다. 단지, 지질함량이 높은 연질사료(soft dry pellet)를 연구하여(Viyakarn et al., 1992, Watanabe et al., 1992) 사용한 예는 있지만, 이러한 연질사료가 수분 함량과 상관도가 있는지는 의문이다. 어쨌든 우리나라 양식생산량이 높은 넙치 사육용으로 사용되는 생사료의 문제점, 즉 생사료의 생산 시기나 종류에 따라 영양소 함량 및 가격 변동이 심하고, 수급이 불안정할 뿐 아니라 사료 급여시 수중으로 유실되기 쉬워 수질 오염 등 많은 문제점이 잠재되어 있으므로 하루빨리 생사료에서 부상 건조사료로 전환하는 것이 시급하다. 본 연구의 동일한 사료 공급률에서 사료 종류에 따른 증중량이 유의한 차이를 보이지 않은 것은 MP를

EP로 대체하여 공급할 수 있음을 암시하고 있다. 물론 넙치의 영양소 요구량, 원료 이용성 등의 측면이 고려되어야 하겠지만, 본 연구에서 동일 공급구에서 사료간에 성장 차이가 없었던 것은 사료간에 영양소 함량이 비슷하였기 때문으로 생각된다.

이미 언급했던 것처럼 본 실험에서 동일한 먹이 공급률에서 사료 종류에 따른 성장 차이가 인정되지 않았지만, MP 실험구의 일일사료섭취율이 EP1과 EP2에 비해 유의하게 높았다. 그럼에도 불구하고 MP 실험구의 사료효율과 단백질효율은 EP 실험구보다 유의하게 낮은 값을 보였다. 이러한 현상은 MP가 넙치에게 공급될 때 수중으로 유실된 양이 EP에 비해 높았거나, 섭취된 MP 사료의 영양소의 소화율이 낮았을 가능성 때문으로 추측되는데, 아마도 수중으로 유실된 양의 증가가 주요 원인으로 보인다. 따라서 점결력이 약한 습사료보다는 전분이 알파화된 건조 pellet 형태의 EP사료가 경제적으로나 환경친화적인 면에서 장점이 많을 것으로 기대된다. 이러한 관점에서 보면 본 실험에 사용된 EP사료들은 현재 양식현장에서 사용하고 있는 생사료를 대체할 수 있을 것으로 생각된다. 하지만, 본 연구에서는 사료 단가나 경제적인 면에 대한 고려가 없었다. 따라서 앞으로 생사료를 경제적으로 대체할 수 있는 질 좋은 경제적인 배합비 개발에 대한 연구가 계속 수행되어야 할 것이다. 최근에 인건비는 계속 상승하고 있고 양식은 판매가격이 하락하고 있는 추세이기 때문에 양식에 투자되는 노동적인 비용을 최소한으로 하는 것이 합리적인 양식방법으로 판단된다. 따라서 넙치 어체 크기와 계절별로 적정 일일사료섭취율이 결정되면, MP로는 실행할 수 없는 자동화된 사료공급체계의 양식 산업이 형성될 수 있을 것이다.

## 요약

본 연구는 부상 건조사료와 습사료의 효능을 비교함과 동시에 이들 사료의 적정 공급률(반복 및 제한 공급)을 조사하기 위해 수행되었다. 평균 체중 27 g의 넙치를 각 수조마다 500 마리씩 2반복으로 수용하여 부상 건조사료(EP1과 EP2)와 넙치용 분말사료(우성 사료)와 냉동 전갱이를 1:3의 무게 비율(습중량 기준)로 혼합하여 성형한 moist pellet (MP)을 반복 및 반복의 85%로 공급하면서 10주간 사육하였다. 생존율은 모든 실험구에서 94% 이상이었으며, 증중량은 EP2를 반복 공급한 실험구가 가장 높았지만, EP1을 반복 공급한 실험구와 MP를 반복 및 제한 공급한 실험구들과는 유의한 차이가 없었다( $P>0.05$ ). 사료효율은 EP1과 EP2를 제한으로 공급한 실험구가 가장 높은 결과를 보였으며( $P<0.05$ ), 동일한 사료 공급률에 있어 MP를 공급한 실험구가 EP1과 EP2를 공급한 실험구에 비해 유의적으로 낮은 결과를 보였다( $P<0.05$ ). 일일사료섭취율은 반복 및 제한 공급구 각각에서 MP를 공급한 실험구가 EP1 및 EP2를 공급한 실험구보다 유의하게 높았다( $P<0.05$ ). 단백질효율은 반복 및 제한 공급에 관계없이 MP를 공급한 실험구가 EP1 및

EP2를 공급한 실험구보다 유의하게 낮았다( $P<0.05$ ). 에너지 축적효율은 사료종류 및 공급률에 영향을 받지 않았다( $P>0.05$ ). 전어체의 수분, 단백질 및 회분의 함량은 모든 실험구에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 반면에 지질의 함량은 EP2와 MP의 반복 공급구에서 가장 높았고, EP1의 반복 공급구에서 가장 낮은 값을 보였다. 본 실험의 결과로부터, 본 연구에 사용된 EP 사료들은 현재 양식현장에서 사용하고 있는 생사료를 대체할 수 있을 것으로 생각되며, 사료는 반복으로 공급되는 것이 좋을 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 해양수산부 수산특정연구개발사업의 연구비 지원에 의한 것이며, 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

- Adebayo, O. T., A. M. Balogun and O. A. Fagbenro, 2000. Effects of feeding rate on growth: body composition and economic performance of juvenile clariid catfish hybrid (♀ *Clarias gariepinus* × ♂ *Heterobranchus bidorsalis*). *J. Aquac. Trop.*, 15, 109–117.
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis. 15th edition. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia, 1298pp.
- Azzaydi, M., F. J. Martinez, S. Zamora, F. J. Sanchez-Vazquez and J. A. Madrid, 2000. The influence of nocturnal vs. diurnal feeding under winter conditions on growth and feed conversion of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture*, 182, 329–338.
- Ballestrazzi, R., D. Lanari and E. D'Agaro, 1998. Performance, nutrient retention efficiency, total ammonia and reactive phosphorus excretion of growing European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) as affected by diet processing and feeding level. *Aquaculture*, 182, 329–338.
- Brett, J. R., 1979. Environmental factors and growth. (In) *Fish Physiology*, (eds) W. S. Hoar, D. J. Randall and J. R. Brett, Bioenergetics and Growth, vol. 8. Academic Press, New York, USA, pp. 599–675.
- Clark, J. H., W. O. Watanabe and D. H. Eranst, 1990. Effect of feeding rate on growth and feed conversion of Florida red tilapia reared in reared in floating marine cages. *J. World Aquac. Soc.*, 21, 16–24.
- De Silva, S. S., M. R. Gunasekera and C. Keembiyahetty, 1986. Optimum ration and feeding frequency in *Oreochromis niloticus* young. (In) *The first Asian Fisheries Forum*, (eds) J. L. Maclean, L. B. Dizon and L. V. Hosillos, Asian Fisheries Society, Manila, Philippines, pp. 559–564.
- Duncan, D. B., 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1–42.
- Eroldogan, O. T., 2003. Acclimation of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) to freshwater and determination of its optimal feeding rates in freshwater. Ph. D. thesis, University of Cukurova, Adana, Turkey.
- Fiogbe, E. D. and P. Kestemont, 2003. Optimum ration for Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. reared at its optimum growing temperature. *Aquaculture*, 216, 243–252.
- Hung, S. S. O. and P. B. Lutes, 1987. Optimum feeding rate of hatchery-produced juvenile white surgeon (*Acipenser transmontanus*) at 20°C. *Aquaculture*, 65, 307–317.
- Hung, S. S. O., F. S. Conte and E. K. Hallen, 1993. Effects of feeding rates on growth, body composition and nutrient metabolism in striped bass (*Morone saxatilis*) fingerlings. *Aquaculture*, 112, 349–361.
- Lee, S.-M., 1997. Effects of feeding rates on growth, feed frequency and body composition of the juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Kor. J. Anim. Nutr. Feed*, 21, 327–334.
- Lee, S.-M., U.-G. Hwang and S. H. Cho, 2000a. Effects of feeding frequency and dietary moisture content on growth, body composition and gastric evacuation of juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Aquaculture*, 187, 399–409.
- Lee, S.-M., S. H. Cho and K.-D. Kim, 2000b. Effects of dietary protein and energy levels on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. *J. World Aquac. Soc.*, 31, 306–315.
- Mihelakakis, A., C. Tsolkas and T. Yoshimatsu, 2002. Optimization of feeding rate of hatchery-produced juvenile gilthead sea bream *Sparus aurata*. *J. World Aquac. Soc.*, 33, 169–175.
- Mills, B. J. and P. I. McCloud, 1983. Effects of stocking and feeding rates on experimental pond production of the cryfish *Cherax desiructor* Clark (Decapoda: Paratacidae). *Aquaculture*, 34, 51–72.
- Ng, W. K., K. S. Lu, R. Hashim and A. Ali, 2000. Effects of feeding rate on growth, feed utilization and body composition of a tropical bagrid catfish. *Aquac. Int.*, 8, 19–29.
- Sedgwick, R. W., 1979. Effects of ration size and feeding frequency on growth and food conversion of juvenile *Penaeus merguensis* de Man. *Aquaculture*, 16, 279–298.
- Tsevis, N., S. Klaoudatos and A. Coides, 1992. Food conversion budget in sea bass, *Dicentrarchus labrax*, fingerlings under two different feeding frequency patterns. *Aquaculture*, 101, 293–304.
- Viyakarn V., T. Watanabe, H. Aoki, H. Tsuda, H. Sakamoto, N. Okamoto, N. Iso, S. Satoh and T. Takeuchi, 1992. Use of soybean meal as a substitute for fish meal in a newly developed soft-dry pellet for yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58, 1991–2000.
- Watanabe T., V. Viyakarn, H. Kimura, T. Ogawa, N. Okamoto and N. Iso, 1992. Utilization of soybean meal as a protein source in a newly developed soft-dry pellet for yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58, 1761–1773.
- Webster, C. D., K. R. Thompson and L. Muzinic, 2002. Feeding fish and how feeding frequency affects sunshine bass. *World Aquac.*, 33, 20–24.
- Xiao-Jun, X. and S. Ruyung, 1992. The bioenergetics of the southern catfish (*Scoththalmus maximus*). *Aquaculture*, 217, 547–558.

원고접수 : 2004년 12월 28일

수정본 수리 : 2005년 1월 11일