



일일 및 격일 습사료 공급방법이 육성 넙치의 성장과 영양소 이용효율에 미치는 영향

김정대^{*} · 신승훈 · 조국진 · 이상민¹

강원대학교 사료생산공학과 · ¹강릉대학교 해양생명공학부

Effect of Daily and Alternate Day Feeding Regimens on Growth and Food Utilization by Juvenile Flounder *Paralichthys olivaceus*

Jeong-Dae Kim^{*}, Seung-Hoon Shin, Kook-Jin Cho and Sang-Min Lee¹

Department of Feed science and technology Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

¹Faculty of Marine Bioscience and Technology, Kangnung National University, Gangnung 210-702, Korea

Two groups of juvenile flounders (90 g/each) were fed on moist pellet feed thrice a day for a period of 8 weeks; the first group, reared in 4 circular (6m × 0.8 m) tanks (1200 flounders/tank), was fed daily (ED) and the second one on alternate days (EO). There was no significant difference in growth and feed conversion ratio (FCR) between these groups. There was also no difference in chemical composition, except in lipid, which was significantly higher (4.1%) in the ED group than the EO group (3.4%). Food intake and gain in the whole body nitrogen (N) were higher in the ED group but there was no significant difference between these groups in N retention; they excreted almost equal amount (114 vs 112 g) of N. Although phosphorus intake was significantly different between these groups, the flounders retained equal amount (0.5 g) of P in their body and excreted also equal amount (27.6 vs 26.0 g/kg weight gain) of P. Energy intake (2528 kJ) of the ED group was higher than that (2116 kJ) of the EO group. However, there was no significant difference in their energy retention efficiency. Clearly, alternate day feeding regimen led to more efficient utilization of food by the juvenile flounder.

Key words: *Paralichthys olivaceus*, Daily and alternate day feeding, Weight gain, Feed utilization

서 론

국내의 넙치 사육은 펠릿사료를 공급하는 치어단계를 제외하고는 생어에 기초한 생사료나 생어에 분말사료를 일정량 혼합한 습사료 (MP)에 기반하여 행해지고 있다. 그러나, 지금까지 생사료나 습사료의 공급에 따른 넙치의 질소 및 인 배설량에 관한 연구는 수행되지 않았다. 생사

료 위주의 먹이 공급은 병원균 전염, 생사료 단독공급에 따른 심한 영양학적 불균형에 기인한 영양성 질병, 다량의 사료를 제조하는 과정에서 많은 노동력과 시설비 필요, 수질오염 등의 많은 단점을 내포하고 있다 (김, 1992). 넙치는 한국인과 일본인이 가장 선호하는 해수어류중 하나이며, 양식기간이 타 어종에 비해 짧아 자본회전이 빠르고, 우리 바다 환경에서 양식이 적합하여 사육관리가

*Corresponding author : jdekim@cc.kangwon.ac.kr

아직 구명되어야 할 연구 분야로 남아 있는 실정이다. 또한, 대상 양식 어종에 적합한 사료개발과 영양소 요구량이 구명되었다 하더라도 그 사료를 보다 효율적으로 공급하지 못하면 양식 생산 단가가 높아질 뿐만 아니라 어류의 성장과 어체 품질에 영향을 미칠 수 있다 (Sedgwick, 1979; Mills and McClude, 1983). 과잉으로 사료를 어류에게 공급하는 것은 어체내 에너지 대사의 효율성을 저하시킬 뿐 아니라 사료유실로 인한 경제적 손실과 수질오염원이 증가될 수 있다. 반대로 사료를 부족하게 공급하는 것은 어류의 성장을 지연시키므로 대상어류의 소화능력 등을 고려하여 최적 성장에 필요한 양만큼의 영양소를 공급하여 사료에 소요되는 비용을 최소화시켜야 한다.

일반적으로 어류영양 연구는 인공적인 실험실 조건의 통제된 상태에서 이뤄지고 있는데, 이것은 현장 실험이 실험실 조건의 실험보다 엄청난 자원과 연구자의 노력을 요구하기 때문이다. 하지만 실제 육상수조나 가두리에서 생산되는 어류는 계속적으로 변하는 환경조건에 노출되어 있다. 따라서 영양 연구는 양어장 환경과 유사한 조건이나 운영중인 양어장에서 시행되어 그 결과를 실제조건에 적용하는 것이 가장 바람직하다 (Tacon, 1995). 그러나 넙치의 경우 실험실 조건에서조차도 적정 공급횟수 설정에 관한 연구는 평균체중 1.6~15 g의 치어 단계 (Lee et al., 1999, 2000a)를 제외하고는 전무한 실정이다. 이로 인해 양어가들은 다분히 경험적으로 사료를 공급하고 있으며, 그 결과 많은 량의 사료가 허실되어 자원의 낭비뿐 아니라 수질오염을 야기시키는 것으로 추정되고 있다. 따라서, 본 실험은 육상 수조식 양식에서 관행의 일일공급체를 격일공급체로 전환할 경우 넙치의 사료섭취량과 증체량이 어떻게 변화하는지를 조사하고, 습사료의 사용에 따른 질소와 인의 배설량을 측정하고자 수행되었다.

재료 및 방법

1. 실험사료

본 실험에 이용된 실험사료는 생사료 (raw fish)와 분말

배합사료를 혼합한 습사료 두 종류 (사료 2와 3호)로서 강원도에 위치한 함도수산 양어장에서 생사료 펠렛 제조기 (청강기기)를 이용하여 관행에 따라 습사료로 제조하였다. 2호 사료 (No. 2)는 곤쟁이 16%, 전어 21%, 까나리 47%, 분말사료 5%, 영양제와 비타민제 1%, 물 10%를 펠렛 제조기에 장착되어있는 배합기를 이용, 완전히 혼합되도록 배합한 후 사료를 성형하여 냉동고에 보관 (-30℃)하였으며, 3호 사료 (No. 3)는 곤쟁이 14.9%, 전어 19.9%, 까나리 44.8%, 분말사료 9.9%, 영양제와 비타민제 1%, 물 9.5%로 동일한 방법으로 성형하였다. 2호 사료는 8 mm 크기로 성형되었으며 사육실험 시작 후 38일간 공급하였으며, 그 후 10 mm 크기로 성형된 3호 사료를 실험 종료 시까지 공급하였다.

Table 1에 제시된 바와 같이 실험사료는 분말사료의 첨가량에 따라 수분함량이 71% (No. 2) 및 68.9% (No. 3)로 차이를 보였으나 건물 기준으로 볼 때 단백질, 지방, 회분 등의 함량은 큰 차이가 없었다.

2. 실험어 사육

강원도 양양 소재의 (주)함도수산에서 MP를 공급하여 사육중이던 평균 체중 90 g의 넙치 (*Pararichthys olivaceus*)를 하루동안 절식시킨 후 각 사육수조에 1,300 마리씩 수용하여 일일공급구와 격일공급구를 2반복으로 완전 임의 배치하여 8주간 사육 실험하였다. 실험개시와 종료시 24 시간의 절식후 사육조의 모든 어류를 계량하고 마리수를 측정하였으며, 사료공급은 구배치와 계량이 시작된 다음 날부터 행하였다.

유수식 사육장치는 4개의 육상 실내 원형사육조 (3 × 3 × 1 m)로서 수량은 16톤 (수심 0.6 m)으로 유속은 초당 26 L로 유지되었으며, 유입수는 양어장에서 약 500 m에 위치한 바다로부터 펌핑하였다. 전 실험기간동안 자연 해수를 이용하였으며 수온은 13.5~22℃의 범위를 보였다. 실험개시 후 4주정도 냉수대가 형성되어 평균수온이 14.1℃로 낮았다가, 그 후 8주까지는 평균수온 20.3℃를 회복

Table 1. Chemical composition of the experimental diets

Diet	Moisture (%)	Protein (%)	Lipid (%)	Ash (%)	Ca (%)	P (%)	Gross energy (kJ/100 g)
No. 2	71.04	17.26	2.28	2.92	0.90	0.65	675
No. 3	68.90	18.74	2.36	2.86	1.02	0.75	745
Dry matter basis							
No. 2		59.58	7.89	10.08	3.11	2.23	2332
No. 3		60.24	7.58	9.20	3.27	2.40	2394

하였다.

실험기간 중 수온은 매 사료 공급 전에 측정하였으며, DO, pH 및 유입수의 암모니아는 1주 간격으로 측정하였다. 실험기간 동안 평균 DO, 수온, pH 및 NH₃-N은 각각 5.6 mg/l, 17.8°C, 7.15 및 0.03 ppm 이었다. 광주기는 자연 광주기에 의존하여 사육하였다. 병어 및 폐사어는 발생 즉시 수조에서 제거하여 어체중을 계량하였으며, 되도록 폐사후 체중감량과 손실 및 어병의 확산을 막기 위해 병어 발생시 격리를 우선으로 시행하였다. 또한, 어병의 발생시 양어장 관행에 따라 약욕 (oxytetracycline 4 ppm과 formalin 200 ppm을 혼합)을 하였으며 약욕 전후 절식을 원칙으로 하였다. 사료는 양어장 관행에 따라 1일 3회 (08.00, 12.00 및 17.00 h) 공급하였는데, 일일공급구는 일요일을 제외하고 주 6일 하루에 3회 공급하였으며, 격일 공급구는 격일로 절식하면서 절식 다음날마다 3회 사료를 공급하는 방식을 채택하였다. 사료공급량은 공급전과 공급후 사료 무게를 측정하였다.

3. 조사항목

사료의 공급방법에 따른 성장 및 사료효율을 파악하기 위하여 사료섭취량 (feed intake), 증체량 (weight gain) 및 사료전환효율 (feed conversion ratio)을 조사하였다. 실험 개시시 20마리 그리고 종료시 각 수조에서 20마리를 임의로 채취한 후 분쇄기 (2094 Homogenizer, FOSS)를 이용하여 분쇄한 다음 균질화한 후 일정량을 분석에 사용하였다. 일반성분은 AOAC (1990)의 방법에 따라 분석하였으며, 항목별 분석방법은 Kim et al. (1998)에 전술한 바

와 동일하였다. 질소 축적효율 (nitrogen retention efficiency: NRE), 인 축적효율(phosphorus retention efficiency: PRE) 및 에너지 축적효율(energy retention efficiency: ERE)은 섭취량과 어체내 축적량에 기반하여 계산하였다. 질소와 인의 증체단위당 배설량은 질소와 인의 섭취량과 체내 증가량의 차를 증체량으로 나누어 계산하였다. 사료와 동결건조한 어체의 에너지 분석은 단열 bomb calorimeter (Parr-1261, USA)를 이용하여 수행하였다. 얻어진 결과는 종합하여 t-test로 평균의 유의차를 SAS program (1985)을 이용하여 검정하였다.

결 과

개시 평균 체중 90 g인 넙치에 사료공급 방식을 달리하여 8주간 사육한 넙치의 성장, 사료전환효율 및 단백질효율에 관한 결과는 Table 2에 제시된 바와 같다. 일일공급구 (ED)와 격일공급구 (EO)의 평균 개시어체중은 각각 90.9 g과 89.5 g으로 유의적 차이가 없었다 ($P>0.05$). 마리당 증체량은 ED구가 71.6 g으로 EO구의 61.1 g보다 다소 높았으나 유의적인 차이는 발견되지 않았다. ED구의 건물사료 섭취량은 평균 107.7 g으로 EO구 89.8 g에 비해 유의적으로 높게 나타났으나 사료전환효율 (FCR)은 ED구 및 EO구에서 각각 1.51 및 1.47로 유의적인 차이가 없었다. 단백질 이용효율 (PER) 또한 1.07 및 1.04로 두 처리구간 유의성이 없었다.

Table 3에 나타난 바와 같이 종료어의 체내 수분은 공히 약 75%로 유사하였으며, 단백질은 17.8% (ED구) 및

Table 2. Weight gain and feed utilization of juvenile flounders fed for 8 weeks

Treatment ¹	Initial wt. (g/fish)	Wt. gain (g/fish)	Feed intake (g DM/fish)	FCR ²	PER ³
ED	90.9±2.56	71.6±4.63	107.7 ^x ±1.47	1.51±0.08	1.07±0.05
EO	89.5±5.28	61.1±2.03	89.8 ^y ±0.90	1.47±0.06	1.04±0.04

¹ED, Daily feeding; EO, Alternate day feeding.

²Feed conversion ratio = Feed intake, DM/wet weight gain

³Protein efficiency ratio = wet wt. gain/protein (N × 6.25) intake.

^{xy}Values (mean±SE) in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different ($P<0.05$).

Table 3. Whole body composition of flounder fed the diets for 8 weeks (wet wt. basis)

Treatment	Moisture (%)	Protein (%)	Lipid (%)	Ash (%)	Ca (%)	P (%)	Gross energy (kJ/100 g)
ED	75.0±0.43	17.8±0.88	4.1±0.05 ^x	2.7±0.05	0.84±0.07	0.64±0.01	619±0.22
EO	75.1±0.35	17.5±0.49	3.4±0.13 ^y	2.8±0.06	1.08±0.05	0.70±0.02	582±0.06
Initial	77.2±0.21	17.1±0.02	3.5±0.02	2.7±0.04	0.75±0.04	0.59±0.00	541±0.21

^{xy}Values (mean±SE) in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different ($P<0.05$).

17.5% (EO구)로 유사하였다. 체지방 함량은 ED구가 4.1%로 EO구의 3.4%에 비해 유의적으로 높은 경향을 보였다 ($P<0.05$). 한편, 회분 함량은 두 처리구가 유사하게 나타났으며, 칼슘과 인 함량 또한 유의적인 경향을 보이지 않았다. 어체 100 g당 총 에너지 (gross energy, GE) 함량은 ED구가 6.19 kJ로 EO구 (5.82 kJ)에 비해 약간 높게 나타났으나 유의적인 차이는 발견되지 않았다.

일일공급구와 격일공급구의 질소 섭취량, 어체내 질소 증가량 및 증체 단위당 질소 배설량은 Table 4에 나타난 바와 같다. 실험기간 동안 ED구는 마리당 10.3 g의 질소를 섭취하였으며 EO구는 8.6 g의 질소를 섭취하였다 ($P<0.05$). 개시어와 종료어의 어체 분석을 통해 얻어진 질소 증가량은 ED구가 2.13 g으로 EO구 (1.76 g)에 비해 유의적으로 높았다. 그러나 질소 축적효율은 20.7% (ED) 및 20.4% (EO)로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한, 증체 단위당 질소 배설량도 114 g 및 112 g으로 유사하게 나타났다.

인의 섭취량과 어체내 증가량 그리고 증체 단위당 인 배설량은 Table 5에 나타난 바와 같다. ED구는 8주간의 실험기간 동안 마리당 2.46 g의 인을 섭취한 반면 EO구는 유의적으로 낮은 2.07 g을 섭취하였다. 그러나 어체내 인 증가량은 두 처리구 공히 마리당 0.5 g으로 동일하였다. 그 결과 인 축적효율은 EO구가 23.5%로 ED구에 비해 약간 높게 나타났으나 유의성은 발견되지 않았다. 한편, 증체 단위당 인 배설량은 두 처리구가 각각 27.6 g (ED) 및 26.0 g (EO)으로 유사하였다.

마리당 에너지 섭취량은 ED구가 2528 kJ로서 EO구 (2116 kJ)에 비해 유의적으로 높게 나타났으며, 어체내 에

너지 증가량 또한 전자가 520 kJ로 후자 (399 kJ)보다 유의적으로 높았다 ($P<0.05$). 그러나 에너지 축적효율은 각각 20.6% (ED) 및 18.9% (EO)로 유의적인 차이가 발견되지 않았다 (Table 6).

고 찰

본 실험에서 일일공급체제에 의한 넙치의 마리당 건물 사료섭취량은 격일공급체제에 의한 그것보다 유의적으로 높게 나타났으나 증체량과 사료전환효율은 두 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이것은 일반 양어장에서 관행으로 공급하는 일일사료공급체제는 과잉공급을 초래하여 많은 양의 사료가 허실되고 있다는 것을 의미한다. 두 공급체제에 따른 종료어의 화학적 조성은 지방 함량을 제외하고는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이처럼 일일 사료공급이 격일사료공급에 비해 성장은 유의하게 개선

Table 6. Energy (E) utilization of juvenile flounder fed the diets for 8 weeks

Treatment	E intake (kJ/fish)	E gain (kJ/fish) ¹	E retention (%) ²
ED	2527.8 ^x ± 34.07	519.6 ^x ± 4.76	20.6 ± 0.47
EO	2115.8 ^y ± 20.78	399.1 ^y ± 23.96	18.9 ± 1.32

¹E in whole body of final fish - E in whole body in initial fish.

²E gain/E intake × 100.

^{xy}Values (mean ± SE) in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different ($P<0.05$).

Table 4. Nitrogen (N) utilization of juvenile flounder fed for 8 weeks

Treatment	N intake (g/fish)	N gain (g/fish) ¹	N excretion (g/kg wt. gain)	N retention (%) ²
ED	10.3 ^x ± 0.14	2.13 ^x ± 0.09	114.2 ± 4.13	20.7 ± 1.19
EO	8.6 ^y ± 0.09	1.76 ^y ± 0.06	112.0 ± 4.14	20.4 ± 0.49

¹N in whole body of final fish - N in whole body in initial fish.

²N gain/N intake × 100.

^{xy}Value (means ± SE) in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different ($P<0.05$).

Table 5. Phosphorus (P) utilization of juvenile flounder fed for 8 weeks

Treatment	P intake (g/fish)	P gain (g/fish) ¹	P excretion (g/kg wt. gain)	P retention (%) ²
ED	2.46 ^x ± 0.03	0.50 ± 0.04	27.6 ± 1.92	20.1 ± 1.44
EO	2.07 ^y ± 0.02	0.49 ± 0.04	26.0 ± 0.65	23.5 ± 1.45

¹P in whole body of final fish - P in whole body in initial fish.

²P gain/P intake × 100.

^{xy}Values (mean ± SE) in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different ($P<0.05$).

되지 않고 어체 지질이 증가된 것은 넙치 성장에 필요한 에너지 요구보다 과잉으로 공급되었기 때문으로 판단된다. 일반적으로 과잉의 사료 공급은 영양소 이용률이 낮아져 (Lee et al., 1996), 섭취되어 이용되지 못한 과잉의 영양소는 수중으로 배출되어 수질오염원을 증가시킬 뿐 아니라 과잉의 에너지는 체내에 지방으로 축적 (Page and Andrews 1973; Lee et al., 2000b)되어 어체 품질을 저하시키는 결과를 초래한다. 또한 사료내에 지질 (에너지) 함량 증가가 어체에 지질을 증가시킨다고 넙치를 대상으로 이미 보고되어 있고 (Lee et al., 2000c), 과잉의 사료 공급이 본 실험과 같이 성장을 더 이상 개선되지 않고, 어체 지질만 증가된다는 연구결과가 넙치와 조피볼락 치어에 대해서 보고되어 있어 (Lee et al., 2000a,b), 본 실험 결과를 뒷받침하고 있다.

한편, 개시어에 비해 수분함량은 두 처리구 공히 감소하였으나 지방 함량은 일일공급구만 증가했을 뿐 격일공급구는 변화가 없었다. 넙치는 양식되고 있는 타 넙치류 (yellowtail flounder 및 halibut)에 비해 체지방 함량이 상대적으로 낮는데 (Kim and Lall, 2000), 그 이유가 공급하는 사료내 지방함량의 차이에서 기인하는지 아니면 어종의 유전적 특성에서 기인하는 것인지는 명확하게 밝혀져 있지 않다. 질소 섭취량과 어체내 축적량에 기반한 축적효율은 두 처리구 (20.7% 및 20.4%) 공히 유사하게 나타났으나, 일일공급구가 질소 섭취량이 높아 어체내 질소 축적량이 유의적으로 높게 나타났다. 그러나, 증체 단위당 질소 배설량은 두 처리구가 각각 114 g 및 112 g으로 동일하였다. 이 수치는 김과 이 (2000)가 개시어체중 210 g의 넙치를 습사료로 8주간 사육하여 측정한 배설량 (62 g)보다 두 배정도 높았다. 한편, 인 섭취량은 일일공급구가 격일공급구보다 유의적으로 높았으나 어체내 인 축적량은 마리당 0.5 g으로 두 처리구가 동일하였다. 이 결과는 인의 경우 격일 공급에 의해서도 넙치가 필요로하는 인 요구량이 충족되었음을 의미한다고 볼 수 있을 것이다. 그러나, 증체 단위당 인 배설량은 27.6 g (ED) 및 26.0 g (EO)으로 김과 이 (2000)의 연구에서 보고된 수치 (11.6 g)보다 두 배 이상 높았다. 에너지 섭취량과 어체내 에너지 증가는 일일공급구가 유의적으로 높게 나타나 질소 이용효율에서 관찰된 결과와 동일한 경향을 보였다. 이러한 결과는 두 처리구의 증체량이 유의적인 차이는 없었지만 일일공급구가 더 높게 나타난 것을 반영한다.

일반적으로 배합사료를 섭취하는 연어류에 있어 질소

와 인의 체내 축적효율은 각각 30% 및 32% 정도이다 (Ramseyer and Garling, 1997). 김과 이 (2000)는 통제된 조건하에서 넙치에 습사료를 공급하여 37.2% 및 40.1%의 질소 및 인 축적효율을 보고하였다. 그러나 본 실험에서는 질소 축적효율은 각각 20.7% (ED) 및 20.4% (EO)이었으며 인 축적효율은 20.1% (ED) 및 23.5% (EO)로 두 처리구 공히 낮게 나타났다. 이것은 사육기간중 해수의 급격한 수온변화와 사료공급시 허실량 두 가지 요인에 기인한 것으로 추정된다. 첫째, 사육실험의 개시전 적응기간의 수온은 18℃ 이었으나, 실험시작시 수온은 13.5℃로 급격한 변화를 보여, 실험기간중 첫 4주 평균수온은 14.1℃로서 전년도에 비해 5℃이상 낮은 수온이 계속되었다. 어류는 주변환경에 의해 체내대사 및 생리상태가 변화하며 (Clarke et al., 1981; Berg et al., 1992), 수온은 어류의 번식, 영양대사, 성장 등과 같은 생리학적 요인을 좌우하는 중요한 변수가 된다 (장 등, 1999). 특히, 급격한 수온의 변화는 어체의 생리 조건을 변화시키거나 체내 항상성을 붕괴시킬 수 있다 (Barton and Iwama, 1991; Pickering, 1992). 둘째, 사료의 영양소 이용률은 어종, 사료의 품질, 사료 공급량, 사료 공급 횟수 및 사육환경 등에 달라진다 (Lee et al., 2000a,b,c). 본 연구에서는 사료의 공급을 양어가 직접 관행대로 하였기 때문에 사료의 유의적인 허실이 일어나 영양소의 이용성이 낮았을 것으로 추정된다. Whalen et. al. (1998)은 yellowtail flounder의 공급횟수 (1일 4회, 1일 2회, 1일 1회, 격일 2회)를 달리할 경우 성장률과 사료전환효율은 처리구간 유의적 차이가 없었다고 보고하였다. 이러한 결과는 본 실험에서 나타난 결과를 잘 뒷받침해 준다. 본 실험의 결과는 관행적인 일일공급체제를 격일공급체제로 전환해도 성장률이나 사료이용효율에 아무런 영향이 없다는 것을 시사하고 있지만, 수온변화의 요인을 무시할 수 없기 때문에 더욱 더 세밀한 연구의 수행을 필요로 한다.

요 약

관행의 일일공급체제를 격일공급체제로 전환할 경우 넙치의 사료 섭취량과 증체량이 어떤 변화를 보이는지 조사하고 습사료의 공급에 따른 질소와 인의 배설량을 측정하기 위하여 평균 체중 90 g의 넙치를 이용하여 양어장에서 8주간 사육실험을 수행하였다. 일일공급 (ED)구의 건물 섭취량은 평균 107.7 g으로 격일공급 (EO)구의 평균 섭취량 89.8 g에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 반면, 사

료전환효율은 각각 1.51 (ED) 및 1.47 (EO)로 유의적 차이가 나타나지 않았다. 마리당 증체량은 섭취량이 높았던 ED구에서 마리당 71.6 g으로 EO구 (61.1 g)보다 높게 나타났다으나 유의적 차이는 발견되지 않았다 ($P>0.05$). 질소 증가량은 질소 섭취량이 유의적으로 높았던 ED구가 2.13 g으로 EO구 (1.76 g)보다 유의적으로 높게 나타났다. 그러나 증체단위당 질소 배설량은 두 처리구 공히 약 113 g으로 동일하였다. 인 섭취량은 유의적인 차이를 보였으나 어체내 인 증가량은 공히 0.5 g으로 동일하였다. 증체 단위당 인 배설량은 ED구가 27.6 g으로 EO구 (26.0 g)에 비해 약간 높았으나 유의적 차이는 없었다. 에너지 섭취량은 ED구가 2523 kJ로 EO구 (2116 kJ)에 비해 유의적으로 높았으며 그 결과 체내 에너지 증가량도 ED구가 유의적으로 높았다. 그러나, 에너지 축적효율은 각각 20.6% (ED) 및 18.9% (EO)로 유의적인 차이가 발견되지 않았다. 이상의 결과와관행의 일일공급체제를 격일공급체제로 전환할 수 있는 가능성을 제시하였다.

감사의 글

본 연구는 해양수산부 수산특정연구개발사업의 연구비 지원에 의한 것이며, 이에 감사 드립니다. 또한 본 연구 수행을 위하여 양어장 시설을 아낌없이 지원해 주신 항도 수산 신재성 사장님과 분말 배합사료를 지원해 주신 (주)애그리브랜드 퓨리나코리아에 감사 드립니다.

참고 문헌

- Association of Official Analytical Chemists, 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Arlington, Virginia. 1298 pp.
- Barton, B. A. and G. K. Iwama, 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. *Ann. Rev. Fish Dis.*, 1 : 3-26.
- Berg, A., T. Hansen and S. Stefansson, 1992. First feeding of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) under different photoperiods. *J. App. Ichthy.*, 8 : 251-256.
- Clarke, W. C., J. R. Shelbourne and J. R. Brett, 1981. Effects of artificial photoperiod cycles, temperature and salinity on growth and smolting in underyearing coho (*Oncorhynchus kisutch*), chinook (*O. tshawytscha*), and sockeye (*O. nerka*) salmon. *Aquaculture*, 22 : 105-116.
- Kim, J. D., K. S. Kim, J. S. Song, Y. J. Lee and K. S. Jeong, 1998. Optimum level of dietary monocalcium phosphate based on growth and phosphorus excretion of mirror carp. *Aquaculture*, 161 : 335-342.
- Kim, J. D. and S. P. Lall, 2000. Amino acid composition of whole body tissue of Atlantic halibut, yellowtail flounder and Japanese flounder. *Aquaculture*, 187 : 367-373.
- Lee, S. M., S. H. Kim, I. G. Jeon, S. M. Kim and Y. J. Chang, 1996. Effects of feeding frequency on growth, feed efficiency and body composition of juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *J. of Aquaculture*, 9 : 385-394.
- Lee, S. M., C. H. Seo and Y. S. Cho, 1999. Growth of the juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) fed the diets at different feeding frequencies. *J. Korean Fish. Soc.*, 32 : 18-21.
- Lee, S. M., S. H. Cho and D. J. Kim, 2000a. Effects of feeding frequency and dietary energy level on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck & Schlegel). *Aquaculture Research*, 31 : 917-921.
- Lee, S. M., U. K. Hwang and S. H. Cho, 2000b. 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, 2000c. Effects of dietary protein and energy levels on growth and body composition of juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Journal of the World Aquaculture Society*, 31 : 306-315.
- Mills, B. J. and P. I. McCloud, 1983. Effects of stocking and feeding rates on experimental pond production of the crayfish *Cherax destructor* Clark (Decapoda: Parastacidae). *Aquaculture*, 34 : 51-72.
- Page, J. W. and J. W. Andrews, 1973. Interaction of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *J. Nutr.*, 102 : 1399-1346.
- Pickering, A. D., 1992. Rainbow trout husbandry: management of the stress response. *Aquaculture*, 100 : 125-139.
- Ramseyer, L. J. and D. L. Garling, 1997. Fish nutrition and aquaculture waste management. pp. 57-62 (in) *Proceeding of the 1997 North Central Aquaculture Conference*, Indianapolis, February 6-7.
- SAS, 1985. SAS user's guide: Statistic, SAS Inst. Inc., Cary. NC. USA.
- Sedgwick, R. W., 1979. Effects of ration size and feeding frequency on growth and food conversion of juvenile *Penaeus merguensis* Deman. *Aquaculture*, 16 : 279-298.
- Tacon, A. G. J., 1995. Application of nutrient re-

습사료 공급방법이 넙치의 성장에 미치는 영향

- quirement data under practical conditions, special problems of intensive and semi-intensive fish farming systems. J. Appl. Ichthyol., 11 : 205-214.
- Whalen, K. S., J. A. Brown, C. C. Parrish, S. P. Lall and J. S. Goddard, 1998. Frequency of feeding in juvenile yellowtail flounder possible regimes for grow-out. Bull. Aquacul. Assoc. Can., 98 : 25-26.
- 김정대 · 이승복, 2000. 사료의 물성이 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)의 성장, 사료이용효율 및 오염부하량에 미치는 영향. 동물자원연구, 11 : 75-84.
- 김정대, 1992. 지속적 해수어 양식을 위한 저오염 배합사료의 개발방향. pp.114-118. 제1회 축산과학 기술 강습회 교재. 서울대학교.
- 장영진 · 박명룡 · 강덕영 · 이복규, 1999. 양식넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 생리조건에 미치는 연속적인 수온 급강하의 영향. 한수지, 32 : 601-606.

(접수 : 2001년 10월 29일, 수리 : 2002년 1월 2일)