

## 사료 공급율 및 공급횟수가 저수온기에 사육된 넙치 미성어의 성장 및 체조성에 미치는 영향

김경덕\*·남명모<sup>1</sup>·김강웅·이해영·허셋별·강용진<sup>2</sup>·손맹현  
국립수산과학원 양식사료연구센터, <sup>1</sup>동해특성화연구센터, <sup>2</sup>중부내수면연구소

### Effects of Feeding Rate and Feeding Frequency on Growth and Body Composition of Sub-adult Flounder *Paralichthys olivaceus* in Suboptimal Water Temperature

Kyoung-Duck KIM\*, Myung-Mo NAM, Kang-Woong KIM, Hae-Young LEE,  
Saet-Byeol HUR, Yong Jin KANG and Maeng Hyun SON  
Aquafeed Research Center, NFRDI, Pohang 791-923, Korea  
<sup>1</sup>East Sea Mariculture Research Center, NFRDI, Uljin 767-863, Korea  
<sup>2</sup>Central Inland Fisheries Research Institute, NFRDI, Gapyong 477-815, Korea

Two 15-week feeding trials were conducted to investigate feeding rate and feeding frequency for growth of sub-adult flounder in suboptimal water temperature (12°C). In the first experiment, duplicated groups of fish (initial mean weight of 279 g) were fed a extruded pellet once a day at the different feeding rates of 0.1, 0.15, 0.2, 0.3% body weight per day (BW/d), and satiation (0.32% BW/d). Weight gain and feed efficiency were increased significantly ( $P<0.05$ ) with increase in feeding rates from 0.1 to 0.3% BW/d, but there were no significant differences in weight gain and feed efficiency of fish fed the diet between 0.3% BW/d and to satiation. Crude protein content of dorsal muscle of fish fed the 0.1% BW/d diet was significantly ( $P<0.05$ ) lower than that of the other groups. In the second experiment, duplicated groups of fish (initial mean weight of 281 g) were fed to apparent satiation with a extruded pellet at three different feeding frequencies (one meal every two days, one meal a day and two meals a day). Weight gain, feed efficiency and condition factor of fish fed one meal every two days were significantly ( $P<0.05$ ) lower than those of fish fed one meal and two meals a day, but there were no significant differences in weight gain, feed efficiency and condition factor of fish fed between one meal and two meals a day. Based on the results of this study, optimum feeding frequency is one meal a day with satiation feeding for growth and feed efficiency of sub-adult flounder (270-350 g) in suboptimal water temperature (12°C).

Key words: Feeding rate, Feeding frequency, Sub-adult flounder, Growth, Suboptimal water temperature

#### 서 론

사료는 어류의 체내 대사 및 성장에 영향을 미치는 가장 주요한 요인 중에 하나이며, 사료비는 어류 양식에 소요되는 비용 중 다른 요인들에 비해 상대적으로 높은 비율을 차지하므로 양식장 환경 및 질병관리와 함께 가장 중요하게 고려되어야 할 요인이다. 양식에 있어 환경이나 질병은 양식기간 중에 인위적으로 쉽게 조절되지 않는 요인이지만, 사료 공급은 양식현장의 양어가들에 의해 조절됨으로 양식 성공의 중요한 변수이기도 하다.

양식이 성립되기 위해서는 우선 대상 어종에 적합한 질 좋은 배합사료를 개발하는 것이 일차적으로 중요하지만, 배합 사료가 있더라도 이를 효율적으로 사용하지 않으면 양식 생산성을 높일 수 없을 것이다. 즉 어류의 성장단계 및 사육조건에 적합하게 적정량의 사료를 적절한 시간에 공급하여야 최대의 성장과 사료효율을 유도할 수가 있게 된다. 만약 양식 대상종

에 적합한 사료공급 체계가 확립되어 있지 않을 경우에는 사료가 부족 또는 과잉으로 공급되기 쉽다. 사료의 과잉 공급은 사료의 유실과 어체내 사료의 비효율적인 이용으로 사료 허실을 초래하여 경제적인 손실과 수질 오염원을 증가시킬 수 있다. 이와 반대로 사료를 부족하게 공급하게 되면 어류의 최대 성장에 필요한 영양소 요구를 충족시키지 못하여 성장 저하를 초래할 수도 있다 (Tsevis et al., 1992; Azzaydi et al., 2000). 그러므로 어류의 최대 성장과 사료효율을 얻을 수 있는 적정 사료공급 횟수와 공급량을 결정하는 것은 양식생산성의 향상과 수질오염 감소를 위해 매우 중요하다 (Ng et al., 2000; Mihelakakis et al., 2002).

넙치는 수온 20-25°C의 범위에서 성장이 잘 되는 어종으로 수온이 상승하는 여름철에는 사료 섭취율이 증가하게 되며 성장 속도도 상대적으로 증가한다. 일반적으로 사료 공급횟수가 증가하게 되면 어류의 사료 섭취량은 증가하게 되지만, 일정 수준 이상의 잦은 사료 공급은 사료가 장에 머무르는 시간을 짧아지게 하여 사료의 소화율을 감소시킬 수도 있

\*Corresponding author: kdkim@nfrdi.go.kr

며, 사료 공급율도 일정수준 이상이 되면 어류의 사료이용율을 감소시킬 수 있다 (Liu and Liao, 1999). 그리고 수온 역시 어류의 성장에 영향을 미치는 중요한 환경인자 중의 하나로서 (Brett et al., 1979), 수온이 낮아지면 어류 체내의 소화효소 활성 및 대사율이 감소하게 되어 (Fauconneau et al., 1983) 먹이 섭취량이 적어지고, 수온이 상승하게 되면 활동성 및 대사율 증가로 사료 섭취율도 증가하기 때문에 수온에 따른 적정 사료 공급횟수 및 사료 공급율을 설정하는 것이 매우 중요하다.

그래서 본 연구에서는 넙치 사육에 적합한 배합사료 공급체계를 설정하는데 필요한 자료를 제공하기 위하여 저수온기에 배합사료 공급율 및 공급횟수가 넙치 미성어의 성장 및 체조성에 미치는 영향에 대하여 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험어 및 사육관리

실험어는 3주간 예비 사육하다가 외형적으로 건강한 평균 체중  $279 \pm 8.2$  g의 넙치 미성어를 선별하여 총 14개 수조 (1800 L)에 20마리씩 사료 공급율 및 공급횟수별로 2반복 수용하였다. 실험사료는 시판용 넙치 배합사료 (수협사료)를 사용하였으며, 영양성분 분석결과를 Table 1에 나타내었다. 사료 공급율 실험은 사료공급량을 반복, 일일 어체중의 0.3%, 0.2%, 0.15% 및 0.1%로 설정하여 15주간 사육하였으며, 5주 간격으로 어체 무게 측정을 실시하였다. 반복실험구는 1일 1회 실험어가 사료를 먹을 때까지 손으로 공급하였다. 제한 공급구들의 일일 사료공급량은 최초 5주까지는 예비 사육기간의 사료 효율을 토대로 일일 증체율을 추정하여 준비한 후 공급하였으며, 사육실험 5주 이후부터의 일일 사료 공급량은 중간 측정 시까지의 사료 섭취량과 사료효율을 추정하여 일일 증체율을 계산하고 그에 따라 준비하였다. 사료 공급횟수 실험은 사료 공급 횟수를 2일 1회, 1일 1회 및 1일 2회로 설정하여, 매회 실험어가 먹을 때까지 반복 공급하였다. 사육수는 각 실험수조에 분당 15 L로 조절하여 흘러주었으며, 사육기간 동안의 평균 수온은  $12.1 \pm 2.0$  °C (평균  $\pm$  표준편차)였다 (Fig. 1).

### 어체측정 및 성분분석

어체 측정은 측정 전일 24시간 절식시킨 후, 각 수조에 수용된 실험어 전체의 무게를 측정하였다. 어체 비만도 측정 및 성분 분석을 위하여 실험 종료시 각 실험수조의 모든 실험어를 시료로 취하여 냉동보관 (-40 °C)하였다. 실험사료와 실험어의 수분은 105 °C에서 6시간 건조 후 측정하였으며, 조단백질 ( $N \times 6.25$ )은 Auto Kjeldahl System (Gerhardt VAP500T/TT125, KG, Germany)을 사용하여 분석하였다. 조지방은 조지방추출기 (Velp SER148, Usmate, Italy)를 사용하여 ether로 추출한 후 측정하였으며, 조회분은 550 °C에서 4시간 동안 회화 후 측정하였다. 사료의 에너지량은 열량분석기 (Parr-6200, USA)를 사용하여 분석하였다.

### 통계처리

Table 1. Nutrient contents (dry matter basis) of the experimental diet

	Contents
Moisture (%)	9.8
Crude protein (%)	52.3
Crude lipid (%)	12.8
Ash (%)	11.4
Gross energy (cal/g)	5291

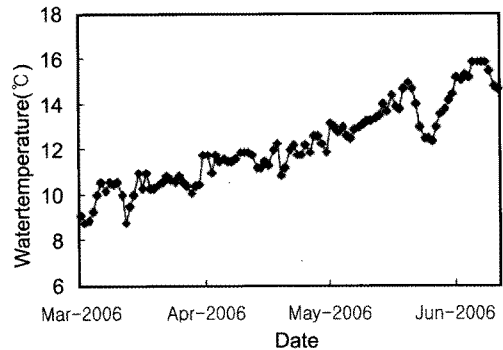


Fig. 1. Variation of water temperature (°C) during the feeding trial.

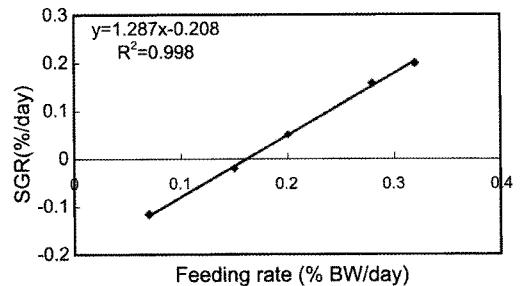


Fig. 2. Specific growth rate (SGR, %/day) of sub-adult flounder fed the diet with the different feeding rates in suboptimal water temperature (12 °C).  $Y = aX^2 + b$ , where  $Y$  = specific growth rate,  $X$  = feeding rate, and  $a$  and  $b$  are constants.

결과의 통계처리는 SPSS 프로그램을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성을 검정하였다.

## 결 과

저수온기에 넙치 미성어를 사료 공급율을 달리하여 15주간 사육한 실험결과를 Table 2에 나타내었다. 생존율은 모든 실험구에서 98% 이상이였으며, 실험구간에 유의한 차이가 없었다. 증체량 및 일간성장율은 사료 공급율이 증가함에 따라서 증가하였으나 (Fig. 2), 반복공급구 (0.32%)와 어체중의 0.3%를 공급한 실험구간에는 유의한 차이가 없었다. 사료효율, 단백질

Table 2. Growth performance of sub-adult flounder fed the diet with the different feeding rates for 15 weeks in suboptimal water temperature

	Feeding rate (% BW/day)				
	Satiation (0.32)	0.3	0.2	0.15	0.1
Initial mean weight (g/fish)	287±1.5	280±7.5	272±7.5	289±2.0	270±4.5
Survival (%)	100±0.0	98±2.5	98±2.5	100±0.0	98±2.5
Weight gain (g/fish)	61.4±16.6 <sup>a</sup>	46.2±1.2 <sup>a</sup>	13.9±5.4 <sup>b</sup>	-5.5±5.7 <sup>bc</sup>	-29.0±2.0 <sup>c</sup>
Specific growth rate <sup>1</sup>	0.20±0.05 <sup>a</sup>	0.16±0.01 <sup>a</sup>	0.05±0.02 <sup>b</sup>	-0.02±0.02 <sup>b</sup>	-0.12±0.01 <sup>c</sup>
Daily feed intake <sup>2</sup>	0.32±0.02 <sup>a</sup>	0.28±0.00 <sup>b</sup>	0.20±0.14 <sup>c</sup>	0.15±0.00 <sup>d</sup>	0.07±0.00 <sup>e</sup>
Feed efficiency (%) <sup>3</sup>	64±19.0 <sup>a</sup>	57±3.3 <sup>a</sup>	25±8.0 <sup>b</sup>	-13±14.1 <sup>c</sup>	-157±8.4 <sup>d</sup>
Protein efficiency ratio <sup>4</sup>	1.21±0.36 <sup>a</sup>	1.07±0.06 <sup>a</sup>	0.48±0.15 <sup>b</sup>	-0.25±0.27 <sup>c</sup>	-2.97±0.16 <sup>d</sup>
Condition factor <sup>5</sup>	1.00±0.01 <sup>a</sup>	1.00±0.00 <sup>a</sup>	0.92±0.02 <sup>b</sup>	0.91±0.01 <sup>b</sup>	0.87±0.03 <sup>b</sup>

Values (mean±SE of two replications) in each row with a different superscript are significantly different (P<0.05).  
<sup>1</sup> (Ln final weight - Ln initial weight)×100/days.

<sup>2</sup> Feed intake (dry matter)×100/[(initial fish weight+final fish weight+dead fish weight)×days fed/2].

<sup>3</sup> Fish wet weight gain×100/feed intake (dry matter).

<sup>4</sup> Fish wet weight gain/protein intake.

<sup>5</sup> Fish weight×100/total length<sup>3</sup>.

Table 3. Growth performance of sub-adult flounder fed the diet with the different feeding frequency for 15 weeks in suboptimal water temperature

	Feeding frequency		
	One meal 2 days	One meal a day	Two meals a day
Initial mean weight (g/fish)	278±1.5	287±1.5	280±3.5
Survival (%)	100±0.0	100±0.0	100±0.0
Weight gain (g/fish)	16±9.2 <sup>b</sup>	61±16.6 <sup>ab</sup>	85±0.3 <sup>a</sup>
Specific growth rate <sup>1</sup>	0.06±0.03 <sup>b</sup>	0.20±0.05 <sup>ab</sup>	0.27±0.00 <sup>a</sup>
Daily feed intake <sup>2</sup>	0.22±0.01 <sup>b</sup>	0.32±0.02 <sup>a</sup>	0.34±0.01 <sup>a</sup>
Feed efficiency (%) <sup>3</sup>	14±1.9 <sup>b</sup>	64±19.0 <sup>a</sup>	80±2.6 <sup>a</sup>
Protein efficiency ratio <sup>4</sup>	0.26±0.04 <sup>b</sup>	1.21±0.36 <sup>a</sup>	1.51±0.05 <sup>a</sup>
Condition factor <sup>5</sup>	0.96±0.00 <sup>b</sup>	1.00±0.01 <sup>a</sup>	1.00±0.01 <sup>a</sup>

Values (mean±SE of two replications) in each row with a different superscript are significantly different (P<0.05).

<sup>1</sup> (Ln final weight - Ln initial weight)×100/days.

<sup>2</sup> Feed intake (dry matter)×100/[(initial fish weight+final fish weight+dead fish weight)×days fed/2].

<sup>3</sup> Fish wet weight gain×100/feed intake (dry matter).

<sup>4</sup> Fish wet weight gain/protein intake.

<sup>5</sup> Fish weight×100/total length<sup>3</sup>.

Table 4. Proximate composition of dorsal muscle of sub-adult flounder fed the diet with the different feeding rates for 15 weeks in suboptimal water temperature

	Feeding rate (% BW/day)				
	Satiation	0.3	0.2	0.15	0.1
Moisture (%)	76.0±0.37 <sup>b</sup>	75.7±0.03 <sup>b</sup>	76.1±0.30 <sup>b</sup>	76.1±0.19 <sup>b</sup>	78.2±0.28 <sup>a</sup>
Crude protein (%)	21.7±0.73 <sup>a</sup>	21.3±0.15 <sup>a</sup>	21.1±0.11 <sup>a</sup>	21.1±0.02 <sup>a</sup>	19.4±0.53 <sup>b</sup>
Crude lipid (%)	0.67±0.01	0.85±0.18	0.84±0.10	0.59±0.17	0.43±0.05

Values (mean±SE of two replications) in each row with a different superscript are significantly different (P<0.05).

효율 및 어체 비만도 역시 사료 공급율이 증가함에 따라서 증가하였지만, 반복공급구와 0.3% 공급구간에는 유의한 차이가 없었다.

사료공급 횟수를 달리하여 사육 실험한 결과 (Table 3), 생존율은 모든 실험구에서 100%였다. 증체량, 일간성장율, 사료효율, 단백질효율 및 어체 비만도 모두 2일 1회 공급구가 가장 낮았으며, 1일 1회 공급구와 1일 2회 공급구간에는 유의한

차이가 없었다.

사료공급율 및 공급횟수를 달리하여 사육한 실험구 등근육의 일반성분 분석 결과를 Table 4 및 5에 각각 나타내었다. 사료 공급율 실험의 경우, 등근육의 수분 함량은 0.1% 사료공급구가 타 실험구에 비하여 높았으며 (P<0.05), 0.15% 사료공급구에서 반복공급구간에는 유의한 차이가 없었다. 반면 등근육의 단백질 함량은 0.1% 사료공급구가 타 실험구들에 비하

Table 5. Proximate composition of dorsal muscle of sub-adult flounder fed the diet with the different feeding frequency for 15 weeks in suboptimal water temperature

	Feeding frequency		
	One meal 2 days	One meal a day	Two meals a day
Moisture (%)	76.4±0.17	76.1±0.27	75.7±0.03
Crude protein (%)	20.8±0.14	21.7±0.73	21.7±0.55
Crude lipid (%)	0.89±0.05	0.67±0.01	1.0±0.21

Values (mean±SE of two replications) in each row with a different superscript are significantly different ( $P<0.05$ ).

여 낮은 결과를 보였다 ( $P<0.05$ ). 그러나 사료공급 횟수는 실험어 등근육의 수분, 조단백질 및 조지질 함량에 유의한 영향을 미치지 않았다.

## 고 찰

적정 사료공급량 및 공급횟수를 결정하는 것은 양식어의 성장 및 사료효율 향상뿐만 아니라 양식장 수질오염 감소를 위해서 주요한 사항이다. 이러한 관점에서 본 연구에서는 넙치의 최적의 성장을 유도할 수 있는, 경제적이고 친환경적인 양식을 위한 사양관리 방안을 제시하기 위하여 넙치 배합사료의 적정 공급량 및 공급횟수에 대해 조사하였다. 사료 공급율이나 공급횟수 같은 사료공급 조건은 수온과 어체중의 변화에 따라 세분화되어야 양식현장에서 활용이 가능하다. 그러나 처음부터 모든 체중과 수온을 대상으로 적정 사료 공급율을 찾아내기 위한 사육실험을 수행하는 것은 인력, 장비, 시설 등 여러면에서 불가능에 가까울 수 있다. 그래서 본 연구는 우선 적정 사료공급 조건의 전반적인 경향을 파악하기 위해서 어체 크기를 치어, 육성어 및 미성어로 구분하고, 수온도 저수온 및 고수온의 큰 범위로 나누어 수행한 연구들의 세부 실험이며, 본 연구에서 반복실험구 (0.32%)와 0.28% 사료공급구간에 증체량, 사료효율 및 비만도에서 차이를 보이지 않아, 저수온기 (12°C) 넙치 미성어 (270-350 g)의 적정 성장 및 비만도 유지를 위해서는 어체중 당 일일 0.28% (반복의 88%) 이상의 사료를 공급하는 것이 적합할 것으로 판단된다. Kim et al. (2009)은 평균 수온 19°C에서 성어기 넙치 (530-930 g) 사육을 위한 적정 일일 사료공급율은 체중의 0.6%로 보고하였으며, 평균수온 24°C에서 사육된 넙치 치어(3-18 g)의 일일 적정 사료 공급율은 2.6%로 보고되었다 (Kim et al., 2007a). 이와 같은 적정 사료공급율의 차이는 어체의 크기 및 사육수온의 차이에 의한 것으로 판단되며, 일반적으로 체중에 대한 백분율로 나타낸 적정 사료 공급율은 어체의 크기가 증가할수록 감소하고, 사육수온이 높을수록 증가하는 것으로 알려져 있다 (Brett, 1979). 또한, 본 연구 (12°C)의 적정 사료 공급율 0.28%는 반복공급량의 88%였으며, 수온 20°C 전후에서 사료 공급율을 달리 하여 미성어기 (320-490 g) 및 성어기 (535-930 g) 넙치를 사육한 결과, 반복공급구와 90% 반복공급구 간에 성장 및 비만도에서 차이를 보이지 않아, 본 연구와 유사한 결과를 보였다

(Cho et al., 2006; Kim et al., 2009). 그러나 치어기 넙치 (3-18 g, 17-90 g)를 대상으로 한 기존의 연구에서는 적정 사료 공급율은 반복의 95%로 나타나 (Cho et al., 2006; Kim et al., 2007a), 어체 크기에 따른 차이를 보였다.

본 연구에서 일간성장율은 사료섭취율이 증가함에 따라서 적절적으로 증가하였으며, 일일 사료섭취율 ( $X$ , daily feed intake) 증가에 따른 일간성장율 ( $Y$ , specific growth rate) 변화는 아래와 같은 관계식을 나타내었다.

$$Y=1.273X-0.2084(R^2=0.998)$$

위의 식을 토대로 하여 계산된 일간성장율 값이 0이 되는 체중유지 (Maintenance)에 필요한 일일 사료섭취율 값은 어체중의 0.162%였다. 따라서 평균수온 12°C에서 미성어기 넙치 (270-350 g)의 체중유지에 소요되는 일일 사료섭취율은 사료 조성 및 에너지 함량 등에 영향을 받을 수 있겠으나, 어체중의 0.16% 전후로 판단된다. 또한 위의 관계식에서 사료섭취율 값이 0 (절식)일 때의 일간성장율은 -0.21%로 계산되었다. 사료에 함유된 각 영양소 및 에너지는 어류의 성장, 생식 및 건강유지를 위하여 필수적이며, 영양소 및 에너지 섭취량이 부족할 경우에는 어류의 성장저하 및 질병을 유발시킬 수 있다 (NRC, 1993). 본 연구에서 일일 사료섭취율이 0.16% 보다 적은 사료공급율 0.15% 및 0.1% 실험구의 경우, 사육실험 종료 시 실험어의 최종체중은 최초 실험어의 체중에 비하여 오히려 감소하였다. 이는 사료섭취량 감소로 인하여 사료에 함유된 영양소 및 에너지가 실험어의 성장보다는 호흡, 이온 및 대사 산물 운송 등의 기초대사와 휴면활동 (Resting activity)과 같은 유지 (Maintenance)를 위한 에너지원으로 사용되었기 때문인 것으로 판단되며, 섭취된 사료의 영양소들이 어류의 성장에 이용되기 위해서는 어류의 생명현상 유지와 같은 기초대사 유지를 위한 에너지 요구량이 먼저 충족되어야 하기 때문이다. 또한 섭취된 영양소 및 에너지량이 유지 요구량보다 적거나, 사료를 섭취하지 못할 경우에는 체내 조직의 축적에너지를 소모함으로써 생명현상을 유지하며, 이러한 체조직 내의 저장 에너지 사용은 성장 감소로 나타날 뿐만 아니라, 어류의 체조성에 영향을 미칠 수 있다 (Weatherley and Gill, 1987).

본 연구의 사료 공급횟수 사육실험 종료 후, 증체량, 사료효율 및 비만도 결과를 고려하여 볼 때, 저수온기에 미성어기 넙치 사육을 위해서는 1일 1회 사료를 반복 공급하는 것이 적합할 것으로 판단된다. 그러나 평균수온 11-12°C에서 치어기 넙치 (6-13 g, 45-53 g)를 대상으로 한 연구에서는 1일 2회로 반복 공급하는 것이 바람직하다고 보고되었으며 (Kim et al., 2005; Kim et al., 2007b), 수온 13°C에서 육성어 (117-147 g)의 경우, 적정 사료공급 횟수는 1일 1회로 나타나 (unpublished), 어체 크기에 따른 적정 사료공급 횟수에 차이를 보였으며 어체의 크기가 증가함에 따라서 감소하는 경향을 보였다. 어류의 최대 성장을 위한 적정 사료공급 횟수는 어체 크기 뿐 아니라, 어종, 사료의 영양소 함량 및 수온과 같은 사육환경 등에 의해서도 달라질 수 있는 것으로 알려져 있다 (Wang

et al., 1998; Lambert and Dutil, 2001; Dwyer et al., 2002; Riche et al., 2004). Lee et al. (2002)은 에너지 함량이 다른 실험사료로 평균수온 22°C에서 일일 사료공급횟수를 달리하여 치어기 넙치 (3.5-15 g)를 사육한 결과, 적정 사료공급횟수는 고에너지 사료를 섭취한 경우는 1일 2회, 저에너지 사료에서는 1일 3회로 나타나 사료 에너지 함량에 따른 차이를 나타내었다고 보고하였다.

사료 공급율 0.1-0.2% 실험구 및 2일 1회 반복공급구와 같이 사료섭취량이 제한된 실험구의 경우 1일 1회 및 1일 2회 반복 공급구에 비하여 사료효율이 감소하는 결과를 보였는데, 이는 섭취된 사료의 영양소 중 많은 비율이 기초대사 유지를 위하여 사용되고, 대사유지 후 남은 상대적으로 적은 부분의 영양소들만이 성장을 위하여 사용되었기 때문으로 판단된다 (Hung and Lutes, 1987; Kim et al., 2007a). 철갑상어 및 gilthead sea bream과 같은 타 어종에서도 본 연구와 유사한 결과를 보였다 (Hung et al., 1989; Mihelakakis et al., 2002).

본 연구에서 사료 공급율이 가장 낮은 0.1% 공급구의 경우 실험어 등근육의 조단백질 함량은 타 실험구에 비하여 감소한 반면 수분 함량은 증가하였다. Lee and Hur (1993)은 조피볼락을 10주간 절식시키며 기간별로 전어체의 성분변화를 조사한 결과, 최초 어체에 비하여 수분 함량은 절식기간이 지남에 따라 증가한 반면, 단백질 및 지질 함량은 감소하였으며, 지질의 감소비율이 단백질에 비하여 더 높았다고 보고하였다. 또한 여름철에 치어기 넙치를 사료 공급율을 달리하여 사육 실험한 Kim et al. (2007a)의 연구에서도 전어체의 지질 함량은 일일 사료공급율 1.0% 실험구가 사료공급율 2.2-2.8% 실험구에 비하여 낮은 결과를 보였다. 그러나 본 연구에서 실험어 등근육의 지질함량은 사료공급율에 따른 차이를 보이지 않았는데, 이러한 차이는 본 연구에서 분석 시료로 사용된 넙치의 등근육은 일반적으로 지질 함량이 1% 미만으로 전어체 및 타 어종들에 비하여 낮은 편이며, 사료섭취량 저하에 따른 지질 감소량 또한 상대적으로 적었기 때문인 것으로 판단된다.

본 연구 결과로 볼 때, 저수온기 (12°C)에 넙치 미성어 (270-350 g)의 적정 성장 및 사료효율 향상을 위해서는 배합사료를 1일 1회 반복으로 공급하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

## 사 사

본 연구는 국립수산과학원 (배합사료 기술개발, RP-2009-AQ-025)의 지원에 의해 운영되었습니다.

## 참 고 문 헌

- Azzaydi, M., F.J. Martinez, S. Zamora, Sanchez-Valzquez and J.A. Madrid. 2000. The influence of nocturnal vs. diurnal feeding condition under winter condition on growth and feed conversion of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture*, 182, 329-338.
- Brett, J.R. 1979. Environmental factors and growth. pp 599-675 in Hoar, W.S., D.J. Randall and J.R. Brett, editors. *Fish Physiology. Bioenergetics and Growth*, vol. VIII. Academic Press, New York, USA.
- Cho, S.H., S.M. Lee, B.H. Park and S.M. Lee. 2006. Effect of feeding ratio on growth and body composition of juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed extruded pellets during the summer season. *Aquaculture*, 251, 78-84.
- Duncan, D.B., 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics* 11, 1-42.
- Dwyer, K., J. Brown, C. Parrish and S. Lall. 2002. Feeding frequency affects food consumption, feeding pattern and growth of juvenile yellowtail flounder (*Limanda ferruginea*). *Aquaculture*, 213, 279-292.
- Fauconneau, B., G. Choubert, D. Blanc, J. Breque and P. Luquet. 1983. Influence of environmental temperature on flow rate of foodstuffs through the gastrointestinal tract of rainbow trout. *Aquaculture*, 34, 27-39.
- Hung, S.S.O. and P.B. Lutes. 1987. Optimum feeding rate of hatchery produced juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) at 20°C. *Aquaculture*, 65, 307-317.
- Hung, S.S.O., P.B. Lutes, F.S. Conte and T. Storebakken. 1989. Growth and feed efficiency of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) subyearlings at different feeding rates. *Aquaculture*, 80, 147-153.
- Kim, G.U., H.S. Jang, J.Y. Seo and S.M. Lee. 2005. Effect of feeding frequency of extruded pellet on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* during the winter season. *J. Aquaculture*, 18, 31-36.
- Kim, K.D., Y.J. Kang, K.W. Kim and K.M. Kim. 2007a. Effects of feeding rate on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. *J. World Aquacult. Soc.*, 38, 169-173.
- Kim, K.D., K.M. Kim and Y.J. Kang. 2007b. Influences of feeding frequency of extruded pellet and moist pellet on growth and body composition of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in suboptimal water temperatures. *Fish Sci.*, 73, 745-749.
- K.-D. Kim., Y.J. Kang, J.Y. Lee, K.W. Kim, H.M. Lee, M.S. Jang, S.M. Choi, M.M. Nam and S.M. Lee. 2009. Effects of feeding rate on growth and body composition of adult flounder *Paralichthys olivaceus* during the summer season. *J. Aquaculture*, 22, 1-4.
- Lambert, Y. and J. Dutil. 2001. Food intake and growth of adult Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) reared under different conditions of stocking density, feeding

- frequency and size-grading. *Aquaculture*, 192, 233-247.
- Lee, S.M. and S.B. Hur. 1993. Effects of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids on growth and biochemical changes in the Korean rockfish *Sebastes schlegeli* III. Changes of body compositions with starvation. *J. Aquaculture*, 6, 199-211.
- Liu, F.G. and C.I. Liao. 1999. Effect of feeding regimen on the food consumption, growth and body composition in hybrid striped bass *Morone saxatilis* × *M. chrysops*. *Fish Sci.*, 64, 513-519.
- Mihelakakis, A., C. Tsoikas and T. Yoshimatsu. 2002. Optimization of feeding rate of hatchery-produced juvenile gilthead sea bream *Sparus aurata*. *J. World Aquacult. Soc.*, 33, 169-175.
- 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. *Aquaculture International*, 8, 19-29.
- National Research Council. 1993. *Nutrient Requirements of Fish*. National Academy Press, Washington, D.C., USA.
- Riche, M.D., I. Haley, M. Oetker, S. Garbrecht and D.L. Garling. 2004. Effect of feeding frequency on gastric evacuation and the return of appetite in tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*, 234, 657-673.
- Tsevis, N., S. Klaoudatos and A. Conides. 1992. Food conversion budget in sea bass *Dicentrarchus labrax*, fingerlings under two different feeding frequency patterns. *Aquaculture*, 101, 293-304.
- Wang, N., R.S. Hayward and D.B. Noltie. 1998. Effect of feeding frequency on food consumption, growth, size variation, and feeding pattern of age-0 hybrid sunfish. *Aquaculture*, 165, 261-267.
- Weatherley, A.H. and H.S. Gill. 1987. *The biology of fish growth*. 4. Protein, lipid and caloric contents. Academic press, London, pp. 139-146.

---

2009년 4월 28일 접수  
 2009년 5월 25일 수정  
 2009년 6월 8일 수리