

## 여름철에 넙치 치어 배합사료의 적정 공급횟수

김경민\*, 김경덕, 최세민, 김강웅, 강용진  
국립수산과학원 양식사료연구센터

### Optimum Feeding Frequency of Extruded Pellet for the Growth of Juvenile Flounder, *Paralichthys olivaceus* During the Summer Season

Kyong-Min Kim\*, Kyoung-Duck Kim, Se-Min Choi, Kang-Woong Kim and Yong Jin Kang  
Aquafeed Research Center, National Fisheries Research & Development Institute, Pohang 791-923, Korea

A 6-week feeding trial was conducted to determine optimum feeding frequency for growth of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus* during the summer season. Triplicate groups of fish (initial mean weight 3.7 g) were fed a extruded pellet with 5 feeding frequencies (one meal every 2 days, one meal a day, two meals a day, three meals a day and four meals a day) at  $24.0 \pm 0.50^\circ\text{C}$  (mean $\pm$ SD). Survival of fish fed one meal every 2 days was significantly ( $P < 0.05$ ) lower than that of the other groups. Weight gain, specific growth rate and daily feed intake increased with increasing feeding frequency ( $P < 0.05$ ). However, no significant differences were observed in weight gain, specific growth rate and daily feed intake of fish fed among two, three and four meals a day. Feed efficiency and protein efficiency ratio were not affected by feeding frequency. Whole body contents of moisture, crude protein, crude lipid and ash were not significantly affected by feeding frequency. These results indicate that optimum feeding frequency is two meals a day for the optimum growth of juvenile flounder grown from 3.7 to 19.0 g under the experimental conditions.

**Keywords:** Flounder, *Paralichthys olivaceus*, Feeding frequency, Summer season

## 서 론

어류양식에 있어 수질오염은 허실되는 사료와 어류가 사료를 섭취한 후 대사과정을 거쳐 배출되는 배설물에 의해 발생되므로, 결국 수질오염을 야기시키는 영양염은 사료에서 기인한다고 할 수 있다(Cho et al., 1991; 1994). 그래서 이러한 문제를 해결하기 위해 저오염 배합사료에 관한 연구들이 여러 어종에서 수행되어 왔으며(Cho et al., 1991; Lall, 1991; Phillip et al., 1993; Hardy et al., 1993), 최근 들어 넙치에 있어서도 이와 관련된 연구들이 이루어지고 있다(MOMAF, 2002; Choi, 2004). 하지만, 환경오염을 줄일 수 있는 저오염 배합사료를 포함한 양질의 배합사료가 개발되었다 하더라도 사육조건에 따른 적정 사료공급량 및 공급횟수와 같은 공급방법이 구명되지 않는다면, 과잉의 사료공급에 따른 사료비용의 증가와 사료 유실로 인한 수질오염이 발생할 우려가 있으며, 반대로 사료공급이 부족할 경우에는 양식어의 성장저하를 초래할 수 있다(Tsvi et al., 1992; Azzaydi et al., 2000). 따라서 어류양식을 위한 적정 사료공급량 및 공급

횟수의 설정은 환경친화적이고 경제적인 양식을 위한 사양관리 표준화 설정을 위하여 대단히 중요한 부분이라 할 수 있다(Ng et al., 2000; Mihelakakis et al., 2002).

넙치 양식을 위한 효율적인 사료공급에 관한 연구들이 계속해서 수행되어져 왔는데, 치어기 넙치의 성장을 위한 겨울철 저수 온기에 상업사료 및 봄철 적수온기에 부상 배합사료의 적정 공급횟수는 1일 2회인 것으로 보고되었다(Lee et al., 1999; Kim et al., 2005). 하지만, 일반적으로 어류의 적정성장을 위한 알맞은 사료 공급횟수는 수온, 어체크기, 사료물성 및 사료조성 등으로 인해 달라질 수 있으며(Brett et al., 1969; Brett & Higgs, 1970), Lee et al. (2000)은 치어기 넙치 사료의 적정 공급횟수는 사료 에너지 함량에 따라 1일 2회 및 1일 3회로 달라질 수 있음을 시사하였다. 현재 양식장 현장에서는 여름철 넙치 치어(10g 내외) 시기에 주로 배합사료를 하루에 2~5회 정도 반복공급하고 있지만, 넙치의 사료섭취 및 성장속도가 가장 높은 여름철 고수온기에 있어서 넙치 배합사료의 적정공급횟수에 대한 연구는 이루어지지 않은 실정이다. 그래서 본 연구에서는 여름철 고수온기에 넙치 배합사료의 적정공급횟수를 구명하기 위하여 사료공급횟수가 넙치치어의 성장 및 체조성에 미치는 영향에 관하여 조사하였다.

\*Corresponding author: kkmin@momaf.go.kr

## 재료 및 방법

### 실험사료

실험사료(Table 1)는 단백질원으로 북양어분, 탈피대두박, 혈분, 콩글루텐밀 및 프로토산을 사용하였으며, 지질원으로 어유, 대두유 및 래시틴을, 탄수화물원으로 소맥분과 옥수수전분을 각각 사용하여, 넙치의 영양요구에 적합하도록 설계하였고, 사료회사에 의뢰하여 익스투르드로 압출·성형하여 제조하였으며, 제조된 실험사료는 -20°C에 냉동 보관하면서 사용하였다.

### 실험어 및 사육관리

사육실험에 사용된 넙치 치어는 실험환경에 적응할 수 있도록 2주간 예비사육 하였다. 예비사육 후, 평균체중 3.7 g의 실험어를 300 l 원형수조에 각각 80마리씩 각 실험구 마다 3반복으로 무작위 배치하였다. 사료 공급횟수는 2일 1회(09:00), 1일 1회(09:00), 1일 2회(09:00, 18:00), 1일 3회(09:00, 13:00, 18:00) 및 1일 4회(09:00, 12:00, 15:00, 18:00)로 설정하여, 실험어가 먹을 때까지 반복공급 하였다. 사육수는 각 실험수조에 분당 5 l로 조절하여 흘러주었다. 사육기간 동안의 평균 수온은 24.0±0.50°C (평균±표준편차)로 자연수온에 의존하였으며, 6주간 사육 실험하였다.

**Table 1.** Ingredients and proximate analysis of the experimental diet

Ingredients	%
White fish meal	27.0
Dehulled soybean meal	28.7
Protorsan <sup>1</sup>	11.8
Blood meal	6.6
Corn gluten meal	3.7
Wheat flour	3.5
Corn starch	3.0
Sunoi-F <sup>2</sup>	9.6
Krill meal	2.0
Kelp meal	2.0
Vitamin mix. <sup>3</sup>	1.0
Mineral mix. <sup>4</sup>	1.0
Attractants <sup>1</sup>	0.1
Proximate analysis	(% DM)
Crude protein	52.5
Crude lipid	11.3
Ash	8.4

<sup>1</sup>Dongsun industrial Inc, Seoul, Korea.

<sup>2</sup>Contains; fish oil, corn oil, soy lecithin, fat-soluble vitamins.

<sup>3</sup>Contains (as mg/kg diet): ascorbic acid, 300; DL-calcium pantothenate, 150; choline bitartrate, 3000; inositol, 150; menadione, 6; niacin, 150; pyridoxine-HCl, 15; riboflavin, 30; thiamine mononitrate, 15; DL- $\alpha$ -tocopherol acetate, 201; retinyl acetate, 6; biotin, 1.5; folic acid, 5.4; B<sub>12</sub>, 0.06.

<sup>4</sup>Contains (as mg/kg diet): NaCl, 437.4; MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 1379.8; NaH<sub>2</sub>P<sub>4</sub>O<sub>7</sub>·2H<sub>2</sub>O, 877.8; Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O, 1366.7; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 2414; ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 226.4; Fe-Citrate, 299; Ca-lactate, 3004; MnSO<sub>4</sub>, 0.016; FeSO<sub>4</sub>, 0.0378; CuSO<sub>4</sub>, 0.00033; calcium iodate, 0.0006; MgO, 0.00135; NaSeO<sub>3</sub>, 0.00025.

### 어체측정 및 성분분석

어체측정은 측정 전일 24시간 절식시킨 후, MS-222 (100 ppm)로 마취시켜 각 수조에 수용된 실험어 전체의 무게를 측정하였으며, 사육실험 종료 후, 생존율, 증체율, 일간성장률, 일일사료섭취율 및 단백질전환효율을 조사하였다. 일반성분은 실험사료와 각 수조별로 6마리씩 무작위로 추출하여 분쇄한 전어체를 분석하였으며, AOAC (1990)방법에 따라 수분은 상압가열건조법(105°C, 6시간)으로, 조단백질은 kjeldahl 질소정량법(N×6.25)으로, 조지방은 soxhlet 추출법으로, 조회분은 직접회화법으로 각각 분석하였다.

### 통계처리

결과자료의 통계처리는 SPSS program을 사용하여 분산분석(ANOVA test)을 실시한 후, Duncan's multiple range test로 평균간의 유의성을 검정하였다.

## 결과

사육실험 6주간의 생존율, 증체율, 일간성장률, 일일사료섭취율, 사료효율 및 단백질 전환효율을 Table 2에 나타내었다. 생존율은 2일 1회 사료공급구가 가장 낮게 나타났으며, 1일 1회 이상의 사료공급구간에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 증체율 및 일간성장률은 사료공급횟수가 증가함에 따라서 증가하였지만(P<0.05), 1일 2회 이상 사료를 공급한 실험구들 간에는 유의한 차이가 없었다. 일일사료섭취율도 사료공급횟수가 증가함에 따라서 증가하는 경향을 보였지만, 1일 2회 이상의 사료공급구들간에는 유의한 차이가 없었다. 사료효율 및 단백질 전환효율은 사료공급횟수에 유의한 영향을 받지 않아 모든 실험구간에 차이가 없었다. 사육실험 종료 후, 실험어의 성분분석 결과, 전어체의 수분, 단백질, 지방 및 회분함량은 모든 실험구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

## 고찰

일반적으로 사료공급횟수가 증가하게 되면 어류의 사료 섭취량은 증가하게 되지만, 일정 수준 이상의 잦은 사료공급은 사료가 장에 머무르는 시간(gastrointestinal holding time)을 짧아지게 하여 사료의 소화율을 감소시킬 수 있다(Liu and Liao, 1999). 그리고 수온은 어류의 성장에 영향을 미치는 중요한 환경인자 중의 하나로서(Brett et al., 1969), 수온이 상승하게 되면 어류의 활동성 및 대사의 증가로 사료섭취율도 증가하게 됨으로(NRC, 1993), 사육수온에 따른 적정사료공급횟수 및 사료섭취율에 대한 설정은 매우 중요하다.

넙치는 수온 19~21°C의 범위에서 성장이 잘 되는 어종으로 수온이 상승하는 여름철에는 사료섭취율이 증가하게 되며 성장 속도도 상대적으로 증가하는 어종이다. 본 연구에서는 여름철 고

**Table 2.** Growth performance of juvenile flounder fed diet with various feeding frequencies for 6 weeks<sup>1</sup>

	Feeding frequencies					Pooled SEM <sup>2</sup>
	One meal in 2 days	One meal a day	Two meal a day	Three meals a day	Four meals a day	
Initial weight (g/fish)	3.75	3.65	3.63	3.65	3.60	0.01
Survival (%)	77.5 <sup>b</sup>	93.2 <sup>a</sup>	92.5 <sup>a</sup>	91.3 <sup>a</sup>	94.6 <sup>a</sup>	1.81
Weight gain (%) <sup>3</sup>	184 <sup>c</sup>	309 <sup>b</sup>	395 <sup>a</sup>	421 <sup>a</sup>	423 <sup>a</sup>	26.4
Specific growth rate (%) <sup>4</sup>	2.47 <sup>c</sup>	3.33 <sup>b</sup>	3.80 <sup>a</sup>	3.93 <sup>a</sup>	3.96 <sup>a</sup>	0.16
Daily feed intake (%) <sup>5</sup>	1.89 <sup>c</sup>	2.40 <sup>b</sup>	2.63 <sup>ab</sup>	2.78 <sup>a</sup>	2.69 <sup>ab</sup>	0.09
Feed efficiency (%) <sup>6</sup>	118	115	115	110	116	0.76
Protein efficiency ratio <sup>7</sup>	2.24	2.19	2.19	2.10	2.21	0.01

<sup>1</sup>Values are means of triplicate groups values in the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

<sup>2</sup>Pooled standard error of mean: SD/n, n=3 replicated tanks of fish per feeding frequency treatments.

<sup>3</sup>(Final weight-initial weight)×100/initial weight.

<sup>4</sup>(log<sub>e</sub> final weight-log<sub>e</sub> initial weight)×100/days.

<sup>5</sup>Feed intake (dry matter)×100/(initial fish wt.+final fish wt.+dead fish wt.)/2×days fed.

<sup>6</sup>(Wet weight gain/dry feed intake)×100.

<sup>7</sup>Wet weight gain/protein fed.

**Table 3.** Whole body proximate composition of juvenile flounder fed diet with various feeding frequencies for 6 weeks<sup>1</sup>

	Feeding frequencies					Pooled SEM <sup>2</sup>
	One meal in 2 days	One meal a day	Two meal a day	Three meals a day	Four meals a day	
Moisture (%)	76.5	78.1	77.9	77.5	76.7	0.34
Crude protein (%)	15.3	15.1	14.8	14.9	15.4	0.03
Crude lipid (%)	3.0	2.6	2.7	3.3	3.0	0.19
Ash (%)	3.0	2.7	2.8	2.8	2.8	0.17

<sup>1</sup>Values are means of triplicate groups.

<sup>2</sup>Pooled standard error of mean: SD/√n, n=3 replicated tanks of fish per feeding frequency treatments.

수온기(수온 24°C)에 넙치 치어에서 사료의 공급횟수가 높아질 수록 일일사료섭취율이 증가하는 경향을 보였으며 1일 2회 이상에서는 더 이상 증가하지 않았다. 이러한 결과는 본 연구에 비해 낮은 수온인 16°C에서 실험된 1.6~4g 넙치(Lee et al., 1999), 21°C에서 실험된 3.4~18 g 넙치(Lee et al., 2000) 및 10.7°C에서 실험된 45~53 g 넙치(Kim et al., 2005)를 대상으로 한 연구결과와 유사하게 나타났다. 이는 수온에 관계없이 사료공급횟수가 일정수준 이상을 초과하면 치어기 넙치의 사료섭취율은 더 이상 증가하지 않는 것을 나타내며, 오히려 과다한 사료공급횟수는 불필요한 사육관리시간을 낭비할 수 있음을 암시한다. 또한, 어류는 소화기관의 최대 사료 허용량 및 에너지 요구량이 제한적이며, 어체의 크기가 증가함에 따라서 어체중에 대한 사료섭취율은 감소하는 것으로 알려져 있다(Lee and Putnam, 1973). 본 실험의 일일사료섭취율은 이보다 낮은 수온에서 1.6~4 g 넙치(Lee et al., 1999)를 대상으로 한 실험결과(0.84~2.65%)에 비해 높게 나타났는데, 이는 어체의 크기에 의한 사료 섭취율의 차이도 있겠지만 특히, 수온 상승에 의해 사료 섭취율이 증가한 것으로 판단되며 따라서 수온에 따른 사육시기별 사료 섭취율의 측정이 더욱 중요하다고 사료된다. 그리고 본 실험에서 사료공급횟수가 증가함에 따라 증체율 및 일간성장률은 증가하였지만, 사료효율 및 단백질전환효율은 사료 섭취율 및 공급횟수에 관계없이 모든 실험구에서 차이가 나타나지 않은 점을 고려하여 볼 때, 본 실

험에서는 사료 섭취율이 가장 주요한 성장의 제한인자로 작용한 것으로 판단된다. Lee et al. (2000) 및 Seo et al. (2005)의 연구에서도 사료공급 횟수는 넙치의 사료효율에 영향을 미치지 않는 것으로 보고되어 본 연구결과와 일치하였다. 또한 일정 수준 이상의 사료섭취량 증가는 어류의 사료이용률을 감소시킬 수 있으나, 적정 사료공급 횟수 또는 그 이상의 횟수로 사료를 공급할 경우 그때 소모되는 인건비, 사료공급 시간 증가 등의 노력들로 인하여 사료섭취 증가로 인해 발생할 수 있는 사료이용률의 감소가 나타나지 않았을 가능성도 있을 것으로 사료된다(Ruohonen et al., 1998; Dwyer et al., 2002).

적정횟수 이상으로 과다한 사료공급은 어체내에 축적되는 지방을 증가시켜 어체의 품질을 저하 시킬 수 있는 것으로 보고된 바 있다(Page and Anderws, 1973; Lee et al., 2000). 하지만, 본 실험에서 공급횟수에 관계없이 전어체의 수분, 단백질, 지방 및 회분함량은 모든 실험구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이러한 이유는 실험사료의 단백질에 대한 에너지비가 적절하였기 때문이거나, 1일 2회 이상의 공급횟수에서는 사료섭취율에 차이가 나타나지 않았기 때문인 것으로 사료된다. 또한, 어류는 변온동물로서 수온이 낮아질수록 소화효소의 활성 및 대사가 감소하게 되지만(Fänge & Grove, 1979; Fauconneau et al., 1983), 이와 반대로 사료섭취율이 같을 경우에 수온이 상승한다면 어류의 소화효소의 활성 및 대사가 증가

되어 이용되지 않고 축적되는 지방의 함량에 대한 이용성을 증대시킬 수도 있음을 나타낸다.

넙치사료의 적정공급을 위한 연구의 경우, 본 실험보다 낮은 수온인 16°C에서 실험된 1.6~4 g 넙치의 적정 사료공급 횟수는 1일 3회(Lee et al., 1999), 10.7°C에서 실험된 45~53 g 넙치의 적정 사료공급 횟수는 1일 2회, 21°C에서 실험된 3.5~15 g 넙치에서는 1일 2회 또는 1일 3회(Kim et al., 2005) 반복 공급하는 것이 성장 및 사료효율에 좋은 것으로 보고되었다. 그리고 21°C에서 실험된 3.4~18 g 넙치에 있어서는 사료에너지 함량에 따라 1일 2회 또는 1일 3회 공급이 적절하다고 보고되고 있다(Lee et al., 2000). 본 실험에서도 여름철 고수온기(24°C)에서 배합사료를 1일 2회 이상 반복 공급할 경우 성장 및 사료효율에 있어서 차이가 나타나지 않았다. 어류에 있어서 사료의 공급횟수는 수온, 어체크기 및 사료의 물성 등으로 인해 달라질 수 있겠지만(Brett et al., 1969; Brett & Higgs, 1970), 기존의 연구결과 및 본 연구의 결과를 토대로 하여 볼 때, 넙치 치어기에 있어서 적정 사료공급횟수는 1일 2회 또는 1일 3회일 것으로 사료되며, 오히려 수온의 영향에 의한 사육시기별 사료섭취율, 즉 사료공급량이 성장에 더 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다. 이상의 결과로 볼 때, 3.7~19.0 g의 치어기 넙치의 여름철(수온 24°C) 배합사료의 적정 사료공급 횟수는 사육관리 시간 및 비용 등 경제적인 측면을 고려하였을 때 1일 2회 반복 공급하는 것이 적합할 것으로 사료되며, 이때 사료섭취율은 2.63~2.78%가 적당할 것으로 판단된다.

## 요 약

본 연구는 치어기 넙치의 여름철 적정 사료공급 횟수를 조사하기 위해 평균무게 3.7 g의 실험어를 300 l 원형수조에 각 수조당 80마리씩 3반복으로 무작위 배치하여 사료공급 횟수를 달리 하여 6주간 사육하였다. 사료공급 횟수는 2일 1회(09:00), 1일 1회(09:00), 1일 2회(09:00, 18:00), 1일 3회(09:00, 13:00, 18:00) 및 1일 4회(09:00, 12:00, 15:00, 18:00)로 설정하였으며, 매회 실험어가 먹을 때까지 반복공급 하였다. 생존율은 2일 1회 사료공급구가 가장 낮게 나타났으며, 1일 1회 이상의 사료공급구간에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 중체율 및 일일사료섭취율은 사료공급횟수가 증가함에 따라서 증가하였지만, 1일 2회 이상 사료를 공급한 실험구들 간에는 유의한 차이가 없었다. 사료효율 및 단백질 전환효율은 사료공급횟수에 유의한 영향을 받지 않아 모든 실험구간에 차이가 없었다. 사육실험 종료 후, 전 어체의 수분, 단백질, 지방 및 회분함량은 모든 실험구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이상의 결과로 볼 때, 3.7~19.0 g 넙치 치어 시기의 여름철(수온 24°C) 배합사료의 적정공급 횟수는 사육관리 시간 및 비용 등 경제적인 측면을 고려하였을 때 1일 2회일 것으로 사료되며, 이때 사료섭취율은 2.63~2.78%가 적당할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 국립수산물과학원(해산어의 실용배합사료 개발, RP-2005-AQ-010)의 지원에 의해 운영되었습니다.

## 참고문헌

- AOAC, 1990. Official methods of analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298 pp.
- 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. and D. A. Higgs, 1970. Effects of temperature on rate of gastric digestion in fingerling sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) J. Fish. Res. Bd. Can., 27, 1767-1779.
- Brett, J. R., J. E. Shelborn and C. T. Shoop, 1969. Growth rate and body composition of fingerling sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in relation to temperature and ration size. J. fish. Res. Bd. Can., 26, 2363-2394.
- Cho, C. Y., J. D. Hynes, K. R. Wood and H. K. Yoshida, 1991. Quantitation of fish culture wastes by biological (nutritional) and chemical (limnological) methods; the development of high nutrient dence (HND) diets. (in) Cowey, C. B. and C. Y. Cho, (ed.), Nutritional Strategies and Aquaculture Waste. Proceeding of the First International Symposium on Nutritional Strategies in Management of Aquaculture Waste, University of Guelph, Ontario, Canada, pp. 37-50.
- Cho, C. Y., J. D. Hynes, K. R. Wood and H. K. Yoshida, 1994. Development of high nutrient dence, low pollution diet and prediction of aquaculture waste using biological approaches. Aquaculture, 124, 293-305.
- Choi, S. M., 2004. Development of the low pollution diets for growing olive flounder, (*Paralichthys olivaceus*). Ph. D thesis, Pukyong National University, Busan, Korea, 111 pp.
- Dwyer, K., J. Brown, C. Parrish and S. Lall, 2002. Feeding frequency affects food consumption, feeding pattern and growth of juvenile yellowtail flounder (*Limananda ferruginea*). Aquaculture, 213, 279-292.
- Fänge, R. and D. Grove, 1979. Digestion. (in) W. S. Hoar (ed.), Fish physiology, Vol. VIII, Academic Press, New York, pp. 161-261.
- 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.
- Hardy, R. W., W. T. Fairgrieve and T. W. Scott, 1993. Periodic feeding of low-phosphorus diet and phosphorus retention in rainbow trout. (in) S. J. Kaushik and P. Luquet (ed.), Fish Nutrition in Practice. INRA Press, Paris, pp. 403-412.
- Kim, G. U., H. S. Jang, Y. S. Joo and S.-M. Lee, 2005. Effects 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.
- Lall, S. P., 1991. Digestibility metabolism and excretion of phosphorus in fish. (in) Cowey, C. B. and C. Y. Cho (ed.), *Nutritional Strategies and Aquaculture Waste*. Proceeding of the First International Symposium on Nutritional Strategies in Management of Aquaculture Waste, University of Guelph, Ontario, Canada, pp. 21–36.
- Lee, D. J., and G. B. Putnam, 1973. The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. *J. Nutr.* 10, 916–922.
- Lee, S.-M., S. H. Cho and D. J. Kim, 2000. Effects of feeding frequency and dietary energy level on growth and body composition of juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquacult. Res.*, 31, 917–921.
- 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. Kor. Fish. Soc.*, 32, 18–21.
- 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.
- MOMAF (Ministry of Maritime Affairs and fisheries in Korea), 2002. Direction of less pollution diet development for sustainable marine fish farming, MOMAF, Seoul, 248 pp.
- NRC (National Research Council), 1993. *Nutrient Requirements of Fish*. National Academy Press, Washington DC, 114 pp.
- Page, J. W. and J. W. Andrews, 1973. Interaction of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *J. Nutr.*, 103, 1339–1346.
- Phillips, M. J., R. Clarke and A. Mowat, 1993. Phosphorus leaching from Atlantic salmon diets. *Aquaculture engineering*, 12, 47–54.
- Ruohonen, K., J. C. Vielma and D. J. Grove, 1998. Effects of feeding frequency on growth and food utilisation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 165, 111–121.
- Seo, J. Y., H.-S. Jang, K.-D. Kim, G. U. Kim and S.-M. Lee, 2005. Effects of dietary composition, feeding satiation rate and feeding frequency of extruded pellets on growth and body composition of flounder *Paralichthys olivaceus*. *J. of Aquaculture*, 18, 98–106.
- 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.

---

원고접수 : 2005년 5월 12일

수정본 수리 : 2005년 10월 14일