J. Aquaculture
Vol. 21(4), 294-298, 2008

한국양식학회지
Journal of Aquaculture
©Korean Aquaculture Society

돌돔 *Oplegnathus fasciatus* 성장단계별 수온에 따른 배합사료 섭취율

김경민*, 이정의, 김재우, 한석중, 김경덕[1], 조재윤[2]
제주수산연구소, [1]양식사료연구센터, [2]부경대학교 양식학과

Daily feeding Rates of Parrot Fish *Oplegnathus fasciatus* Fed Extruded Pellet at the Different Water Temperatures

Kyong-Min Kim*, Jung Uie Lee, Jae Woo Kim, Seok-Jung Han, Kyoung-Duck Kim[1] and Jae-Yoon Jo[2]
Jeju Fisheries Research institute, National Fisheries Research & Development Institute, Jeju Oedo 690-192, Korea
[1]Aquafeed Research Center, National Fisheries Research & Development Institute, Pohang 791-923, Korea
[2]Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Daily feeding rates on parrot fish of different body weights (10-30 g, 40-60 g, 70-120 g, 130-240 g, 250-480 g, < 480 g) were investigated under six water temperatures of 15.1°C, 19.2°C, 22.5°C, 23.0°C, 24.7°C and 26.5°C. The lowest and highest daily feed intakes (%/body weight/day) of the smallest fish group (10-30 g) were 2.24% and 6.04% at 15.1°C and 24.7°C temperatures, respectively. Daily feed intakes of 40-60 g fish group were recorded as 1.14% and 3.85% at 15.1 and 24.7, respectively. But, feed intake of bigger group (250-480 g) were 0.48% and 2.06% under 15.1°C and 26.5°C, and these values were relatively lower than those of smaller fish groups. Daily feeding intakes of parrot fish fed extruded pellet tended to decrease when fish weight increased and water temperature decreased.

Keyword: Parrot fish, Feeding rate, Extruded pellet

서 론

어류 생산을 위한 양식에서 배합사료의 효과적 급이는 양식의 경제적 성패를 좌우할 만큼 중요한 위치를 차지한다. 그러므로 배합사료 급이량 등 관리방법 개발은 배합사료의 개발, 자동화 시스템의 정착과 더불어 시급히 해결해야 할 문제 중 하나이다. 환경문제나 자동 급이에 필연적으로 요구되는 사항이면서도 돌돔에 대한 적정 사료 급이율과 및 공급 횟수에 관한 연구는 타 어종에 대한 연구(Andrews and Page, 1975; Chua and Teng, 1978; Jobling, 1982; Fam, 1997; Deng et al., 2003; Eroldogan et al., 2004)에 비하여 아직까지 매우 미흡하다.

배합사료 공급체계를 구축하기 위해서는 많은 횟수의 실험을 거쳐야 하나 연간 수온변화폭이 큰 우리나라에서 실험 대상종에 대한 배합사료 적정 급이량을 산출하기 위하여 각 단계별로 각 수온에 맞춰 실험을 수행하는 것은 사실상 불가능한 일이다. 수온 변화를 일정하게 유지하기도 힘들 뿐 만 아니라 동일한 시기에 각 성장단계의 실험어를 확보하고 양호하게 유지하는 것은 더욱 어렵다. 그래서 수온변화가 적은 짧은 기간 동안 돌돔의 각 성장단계에서 최대한으로 먹는 양을 조사 분석하고 이를 바탕으로 적정 급이율 실험에서 나타난 결과를 적용하였을 때 대상종에 대한 일일 적정 배합사료 섭취량 추론이 가능할 것이다. 이 실험은 개체 체중이 배수 증가하는 체중을 기준으로 6단계로 구분하여 실시하였다. 수온범위는 돌돔의 성장범위 내에서 저수온과 고수온의 일정 수온단위(약 2~3°C 편차)로 구분하여 수온별 성장단계별 최대 섭취량을 조사함으로써 돌돔 양식에 있어서 배합사료 급이체계를 구축하고자 하였다.

*Corresponding author: kkmin@nfrdi.go.kr

재료 및 방법

실험어는 2004년산, 2005년산, 2006년산 돌돔을 사용하였다. 실내 수조에서 순치 사육 중이던 돌돔 중에서 크기가 비슷한 것을 골라, 10~30 g, 40~60 g, 70~120 g, 130~240 g, 250~480 g, 480 g 이상 등 6단계로 구분하여 수온별로 최대 섭취량을 조사하였다.

실험사료는 기존에 수행된 돌돔의 영양 요구에 관한 연구 결과(Kang et. al., 1998, 1999)를 토대로 하여 설계하였다(Table 1). 단백질원으로는 북양어분, 대두박, 콘글루텐밀 및 오징어 분말을 사용하여 사료의 단백질 함량이 48%가 되도록 조절하였고, 지질원으로는 어유를 사용하여 13%(Kang et. al., 1998; 김

Table 1. Composition and proximate analysis of the experimental diet. The values were calculated as dry matter basis

Ingredients	Percentage (%)
White fish meal	51.3
Dehulled soybean meal	8.0
Corn gluten meal	6.0
Squid liver powder	10.0
Wheat flour	8.4
Corn starch	1.0
Beer yeast	1.0
Fish oil & Lecithin	8.4
Krill meal	1.0
Kelp meal	1.0
Vitamins mix.[1]	1.7
Minerals mix.[2]	1.7
Attractants	0.5
Proximate analysis	
Crude protein	48.0
Crude lipid	13.1
Crude ash	12.9
Gross Energy (kcal/kg)	3993

[1]Contains (mg/kg diet) ascorbic acid, 300; DL-calcium pantothenate, 150; choline bitatrate, 3000; inositol, 150; menadione, 6; niacin, 150; pyridoxine·HCl, 15; riboflavin, 30; thiamine mononitrate, 15; DL-α-tocopherol acetate, 201; retinyl acetate, 6; biotin, 1.5; folic acid, 5.4; B_{12}, 0.06.

[2]Contains (mg/kg diet) NaCl, 437.4; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$. 1379.8; $NaH_2P_42H_2O$, 877.8; Ca $(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$, 1366.7; KH_2PO_4, 2414; $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, 226.4; Fe-Citrate, 299; Ca-lactate, 3004; $MnSO_4$, 0.016; $FeSO_4$, 0.0378; $CuSO_4$, 0.00033; Calcium iodate, 0.0006; MgO, 0.00135; $NaSeO_3$, 0.00025.

등, 2003)의 함량이 되도록 하였으며, 탄수화물원으로 소맥분과 옥수수전분, 해조분말(원 등, 2004) 및 비타민(Xiaojie et al., 2003) 혼합물 등을 첨가제로 사용하였다. 이렇게 설계된 배합사료를 사료회사에 의뢰하여 침강형태의 배합사료로 제조하였다.

실험구 설정은 사육수온 조건에 따른 성장단계별 연중 설정된 예상수온이 유지되는 시기에 위의 설정 성장단계 중 해당 실험어가 존재하는 경우에 설정하였다. 설정된 실험구별로 매일 매일 배합사료를 2회(09:00, 17:00) 최대 급이하여 일일 섭취량을 계산하였으며, 2주간의 급이량을 누적 계산하여 평균값을 취함으로써 최대 섭취량을 산정하였는데, 3반복의 실험구 중 최대 섭취량을 나타내는 수조를 선택하여 값을 정하였다. 수조별 수용 마릿수는 성장단계에 따라 10~30 g은 50마리, 70~120 g은 20마리, 300 g 이상은 10마리 범위를 기준으로 수용하여 실험을 실시하였다.

수온에 따라 2005년 10월부터 2006년 9월 중에 여섯 차례에 거쳐 2주 간격으로 실험을 실시하였으며, 사육기간 동안의 평균수온은 15.1℃, 16.0℃, 19.2℃, 22.5℃, 23.0℃, 24.7℃ 및 26.5℃이었다.

실험에 사용된 실험수조는 300 L의 Poly Propylene으로 자체 제작한 원형의 수조를 사용하였으며, 고압모래여과기에 의하여 여과된 여과수를 6 L/분 이상이 주수되도록 설정하였다.

어체 측정은 실험종료 후 측정하였으며 측정을 위하여 측정 전일 24시간 절식시킨 후에 MS-222 (100 ppm)로 마취시켜 각 수조에 수용된 실험어 전체의 무게를 측정하였으며, 생존율, 증체율, 일간성장률, 일일사료섭취율, 단백질전환효율을 조사하였다.

실험 결과의 통계처리는 SPSS program을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성($P<0.05$)을 검정하였다.

결 과

평균수온 15.1℃, 19.2℃, 22.5℃, 23.0℃, 24.7℃ 및 26.5℃의 조건에서 어체 크기가 다른 돌돔을 대상으로 배합사료를 1일 2회에 거쳐 최대 급이하고 섭취량을 조사한 결과 치어기에

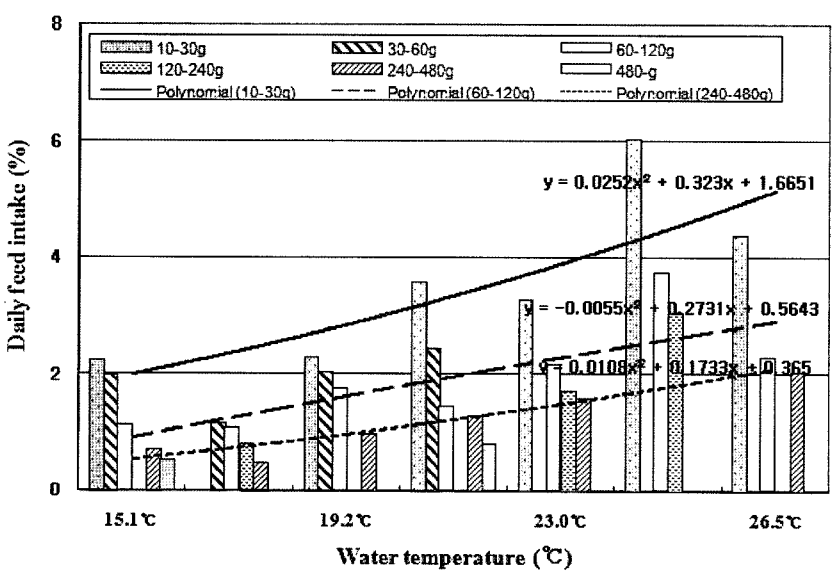

Fig. 1. Daily feed intake of six weight group's parrot fish *Oplegnathus fasciatus* by seven different water temperature conditions.

Table 2. Comparison of growth, feed efficiency and maximum feed intake for six different weight groups of parrot fish *Oplegnathus fasciatus* fed to satiation level by different water temperature conditions. Pooled standard error of mean: SD/√n, n=3 replicated tanks of fish per maximum feed intake

Mean water temp.		Fish weight group					
		10~30 g	40~60 g	70~120 g	130~240 g	250~480 g	Over 480 g
15.1°C	Initial weight (g/fish)	29.3	53.8	120.1	-	294.5	483.2
	Weight gain (%)[1]	45.2	18.1	7.1	-	1.7	-0.3
	Feed efficiency (%)[2]	136.7[a]	68.7[b]	50.1[b]	-	20.2[c]	-6.1[d]
	Daily feed intake (%)[3]	2.24[a]	2.01[b]	1.14[c]	-	0.71[d]	0.52[e]
	Maximum feed intake (%)	2.31	2.12	1.16	-	0.81	0.55
16.0°C	Initial weight (g/fish)	-	56.4	85.8	212.6	356.8	-
	Weight gain (%)[1]	-	11.7	11.5	7.5	6.0	-
	Feed efficiency (%)[2]	-	85.8[ab]	92.5[a]	91.4[a]	106.2[a]	-
	Daily feed intake (%)[3]	-	1.16[a]	1.07[a]	0.81[b]	0.48[c]	-
	Maximum feed intake (%)	-	1.21	1.09	0.99	0.53	-
19.2°C	Initial weight (g/fish)	10.5	67.4	-	137.7	390.8	-
	Weight gain (%)[1]	26.8	22.8	-	19.9	7.1	-
	Feed efficiency (%)[2]	94.0[a]	90.3[a]	-	94.5[a]	62.2[b]	-
	Daily feed intake (%)[3]	2.29[a]	2.06[b]	-	1.75[c]	0.99[b]	-
	Maximum feed intake (%)	2.40	2.13	-	1.84	1.06	-
22.5°C	Initial weight (g/fish)	20.8	62.4	110.9	-	361.6	669.1
	Weight gain (%)[1]	47.7	27.3	11.3	-	7.6	0.6
	Feed efficiency (%)[2]	87.2[a]	81.5[a]	64.8[b]	-	45.6[c]	4.5[d]
	Daily feed intake (%)[3]	3.58[a]	2.46[b]	1.47[c]	-	1.30[c]	0.80[d]
	Maximum feed intake (%)	3.72	2.58	1.56	-	1.34	0.87
23.0°C	Initial weight (g/fish)	14.5	-	80.6	132.9	367.4	-
	Weight gain (%)[1]	44.5	-	28.3	19.5	11.2	-
	Feed efficiency (%)[2]	100.8[a]	-	104.5[a]	94.2[a]	60.2[b]	-
	Daily feed intake (%)[3]	3.28[a]	-	2.16[b]	1.72[c]	1.59[c]	-
	Maximum feed intake (%)	3.36	-	2.24	1.81	1.70	-
24.7°C	Initial weight (g/fish)	28.0	-	118.4	170.5	-	-
	Weight gain (%)[1]	64.4	-	27.7	19.6	-	-
	Feed efficiency (%)[2]	73.3[a]	-	59.0[b]	58.1[b]	-	-
	Daily feed intake (%)[3]	6.04[a]	-	3.75[b]	3.06[b]	-	-
	Maximum feed intake (%)	6.24	-	3.87	3.12	-	-
26.5°C	Initial weight (g/fish)	22.1	-	106.2	-	376.2	-
	Weight gain (%)[1]	59.6	-	25.1	-	15.5	-
	Feed efficiency (%)[2]	95.1[a]	-	88.7[a]	-	63.5[b]	-
	Daily feed intake (%)[3]	4.39[a]	-	2.29[b]	-	2.06[b]	-
	Maximum feed intake (%)	4.46	-	2.43	-	2.17	-

[1](Final weight – initial weight) × 100/initial weight.
[2](Wet weight gain/dry feed intake) × 100.
[3]Feed intake (dry matter) × 100/(initial fish wt. + final fish wt. + dead fish wt.)/ 2 × days fed.

해당하는 크기인 체중 10~30 g 돌돔의 증체율, 사료효율 및 일일사료섭취율은 수온 상승에 따라 증체율이 증가하는 것으로 나타나고 있으며 사료효율은 수온에 의한 영향보다는 같은 수온에서 어체중의 증가에 따라 감소하고 있는 것을 볼 수 있었다(Table 2, 3 그리고 Fig. 1). 일일사료섭취율은 10~30 g의 돌돔에서 평균수온 15.1일때 2.24%였으나 수온상승과 더불어 증가하여 24.7와 26.5에서는 6.04%, 4.39%로 나타났다. 24.7°C에서 일일사료섭취율이 가장 높게 나타난 것은 사육환경이나 사육생물의 수조 적응도가 다른 실험에서 보다 뛰어났기 때문으로 판단되며, 체중 10~30 g 돌돔에서 수온과 최대 섭취량과의 상관관계를 다항식으로 계산하였을 때 $Y = 0.025X^2+0.323X+ 1.6651$로 나타났다.

체중 70~120 g 범위의 돌돔에 대한 동일 수온에서 증체율, 사료효율 및 최고 일일사료섭취율을 분석한 결과 증체율은 수온 상승에 따라 증가하고 있으나 7.1%에서 28.3%의 범위를 나타내고 있어서 10~30 g 돌돔의 26.8%에서 64.4%의 증체율에 비해서는 낮은 값을 나타내었다. 각 수온별 성장단계에 따라서도 감소하는 경향이었다(Table 2, 4 및 Fig. 1에 나타내었다). 최고 일일 사료섭취율은 15.1°C 일때 1.14%였으나 수온상승과 더불어 증가하여 24.7°C와 26.5°C에서는 각각 3.75%와 2.29%로 증가하였고, 관계식은 $Y = -0.0055X^2+0.2731X+0.5643$이었다.

출하 가능 크기인 체중 250~480 g 돌돔에 대한 증체율, 사료효율 및 최고 일일사료섭취율을 분석한 결과 증체율은 이전 크기 결과와 마찬가지로 수온의 상승에 비례하여, 성장단계의 증가에 반비례하게 나타났으나 수온 값에 따른 증체율은 더욱 감소하여 15.1°C, 16.0°C, 19.2°C, 22.5°C, 23.0°C 및 26.5°C 온도에서 각각 1.7%, 6.0%, 7.1%, 7.6%, 11.2% 및 15.5%로 나타났다. 일일사료섭취율도 수온상승에 비례하여 증가하고 있으며 0.48%에서 2.06% 범위로 나타났다(Table 2, 5 및 Fig. 1).

Table 3. Weight gain, feed efficiency and feed intake for parrot fish *Oplegnathus fasciatus* (body weight: 10 to 30 g) at different water temperature conditions

Mean water temp. (°C)	Weight gain (%)[1]	Feed efficiency (%)[2]	Daily feed intake[3]	Maximum feed intake
15.1	45.2	136.7	2.24	2.31
19.2	26.8	94.0	2.29	2.40
22.5	47.7	87.2	3.58	3.72
23.0	44.5	100.8	3.28	3.36
24.7	64.4	73.3	6.04	6.24
26.5	59.6	95.1	4.39	4.46

[1](Final weight – initial weight) × 100/initial weight.
[2](Wet weight gain/dry feed intake) × 100.
[3]Feed intake (dry matter) × 100/(initial fish wt. + final fish wt. + dead fish wt.)/ 2 × days fed.

Table 4. Weight gain, feed efficiency and feed intake for parrot fish *Oplegnathus fasciatus* (body weight: 70 to 120 g) at different water temperature conditions

Mean water temp. (°C)	Weight gain (%)[1]	Feed efficiency (%)[2]	Daily feed intake[3]	Maximum feed intake
15.1	7.1	50.1	1.14	1.16
16.0	11.5	92.5	1.07	1.09
22.5	11.3	64.8	1.47	1.56
23.0	28.3	104.5	2.16	2.24
24.7	27.7	59.0	3.75	3.87
26.5	25.1	88.7	2.29	2.43

[1](Final weight – initial weight) × 100/initial weight.
[2](Wet weight gain/dry feed intake) × 100.
[3]Feed intake (dry matter) × 100/(initial fish wt. + final fish wt. + dead fish wt.)/ 2 × days fed.

Table 5. Weight gain, feed efficiency and feed intake for parrot fish *Oplegnathus fasciatus* (body weight: 250 to 480 g) at different water temperature conditions

Mean water temp. (°C)	Weight gain (%)[1]	Feed efficiency (%)[2]	Daily feed intake[3]	Maximum feed intake
15.1	1.7	20.2	0.71	0.81
16.0	6.0	106.2	0.48	0.53
19.2	7.1	62.2	0.99	1.06
22.5	7.6	45.6	1.30	1.34
23.0	11.2	60.2	1.59	1.70
26.5	15.5	63.5	2.06	2.17

[1](Final weight – initial weight) × 100/initial weight.
[2](Wet weight gain/dry feed intake) × 100.
[3]Feed intake (dry matter) × 100/(initial fish wt. + final fish wt. + dead fish wt.)/ 2 × days fed.

일일사료섭취율이 어체중의 1% 이상으로 증가하기 위해서는 수온이 19이상 상승해야 하는 것으로 나타났으며, 수온과의 관계식은 $Y = 0.0108X^2+0.1733X+0.365$로 계산되었다.

고 찰

양식 대상종에 적합한 사료공급체계가 확립되어 있지 않을 경우에는 사료가 부족 또는 과잉으로 급이 되기 쉽다(Lee et al., 2000). 사료의 과잉 공급은 어체 내 과잉에너지가 지방으로 축적되어 품질을 저하시키게(Page and Andrews, 1973) 되거나 사료의 비효율적인 이용으로 사료 유실을 초래하고, 이로 인해 경제적 손실과 수질오염원을 증가 시킬 수 있다. 또한, 사료를 부족하게 공급하는 것은 어류의 최대 성장에 필요한 영양소 요구를 만족 시키지 못하므로, 어류의 최대 성장과 높은 효율을 얻을 수 있도록 적정 사료급이량과 횟수를 결정하는 것은 양식 생산성의 향상과 수질오염 감소를 위해 매우 중요한 요소이다.

수온은 어류의 성장에 영향을 미치는 중요한 환경인자 중의 하나이며(Brett and Higgs, 1970) 수온에 따른 돌돔 크기별 최대 사료 섭이율을 조사하기 위하여 돌돔의 성장단계를 설정하고 수온 15~26°C에서 2주씩 사육하며 더 이상 사료를 섭취하지 않는 최대 섭취율은 어체중이 증가함에 따라 감소하였으며, 사육수온이 증가함에 따라서는 증가하는 경향을 보였는데, 이러한 결과는 넙치를 대상으로 보고된 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다(Iwata et al. 1994). 수온이 상승하게 되면 어류의 활동성 증가로 사료 섭이율도 증가하게 되므로(NRC, 1993) 사육수온에 따른 적정 사료섭이율에 대한 설정은 매우 중요한 요소이다.

돌돔의 성장단계에 따라서는 실험 기간의 실험어 상태에 따라 오차가 발생하는 일부를 제외하고 어체의 크기가 증가할수록 사료효율이 감소하는 것으로 나타났다. 이제까지 돌돔을 대상으로 한 실험결과가 미흡하여 조피볼락을 대상으로 보고된

결과(Lee et. al., 1993)와 비교하였을 때 유사한 경향을 나타내었다. 사료의 최대 적정 급이율은 어종, 성장단계, 사육환경 등에 따라 달라질 수 있고(Ng et al., 2000), Sea bass에서 평균체중 30 g 일 때에는 체중의 3.0~3.5% (Eroldogan, 2003)가 일일 공급량으로 적당하며, 78 g 일 때는 체중의 1.06% (Ballestrazzi et al., 1998)가 적당한 것으로 보고하고 있어서 본 실험의 일일 사료 최대 섭이량과는 다소 차이가 있으나 성장단계와 수온에 따라 비슷한 경향을 나타내고 있다.

수온과 성장단계에 따른 최대 섭취량을 바탕으로 체중 10~30 g 돌돔에서 수온과 최대 섭취량과의 상관관계를 다항식으로 계산하였을 때 $Y = 0.025X^2+0.323X+1.6651$로 나타났고, 체중70~120 g 돌돔에서 관계식은 $Y = -0.0055X^2+0.2731X+0.5643$로, 체중240~280 g 돌돔에서 $Y = 0.0108X^2+0.1733X+0.365$로 계산되었다. 수온에 따라 모두 정비례의 관계를 나타내었고, 작은 개체일수록 수온에 영향을 많이 받았으므로 계절적 수온변동에 따라 사료 급이량을 조절하여 허실에 의한 경제적 손실과 오염 발생요인을 막아야 할 것이다.

요 약

본 연구는 우리나라 주요 양식품종인 돌돔을 대상으로 배합사료 급이체계를 구축하여 자동화 관리 시스템 구축을 위해 실시하였는데, 돌돔을 대상으로 체중이 배수로 증가하도록 성장단계를 설정하여 각 단계에서 수온별 최대 배합사료 섭취량을 조사하기 위하여 수행하였다.

돌돔 성장단계를 체중에 따라 10~30 g, 40~60 g, 70~120g, 130~240, 250~480 g, 480 g 이상으로 나누고, 평균수온 15.1℃, 16.0℃, 19.2℃, 22.5℃, 23.0℃, 24.7℃, 26.5℃에서 최대 섭취량을 구하였을 때 10~30 g 돌돔의 일일사료섭취율은 15.1℃에서 어체중의 2.24%였으나 수온 증가와 더불어 증가하여 6.04%까지 섭취하였다. 30~60 g의 돌돔은 일일섭취율이 15.1℃일 때 어체중의 1.14%를 섭취하였으나, 고수온기일 때는 3.85%까지 섭취하였다. 체중 240~480 g의 돌돔의 일일사료섭취율은 15.1℃에서 어체중의 0.48%, 26.5℃에서 2.06% 섭취하는 것으로 나타났다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원(외해가두리 양식산업 기반기술 개발) 연구계획에 의해 이루어졌습니다.

참고문헌

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. 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 fingerring sockeye salmon (*Onchorhynchus nerka*) in relation to temperature and ration size. J. Fish.. Res. Bd, Can., 26, 2363–2394.

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.

Iwata, N., K. Kikuchi, H. Honda, M. Kiyono and H. Kurokura, 1994. Effects of temperature on the growth of Japanese flounder. Fish. Sci., 60, 527–531.

Lee, J. Y., Y. J. Kang, S. M. Lee and I. B. Kim, 1993, Protein requirement of the Korea rockfish, *Sebastes schelgeli*. J.Aquacult., 6, 13–27

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.

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. Aquacult. Int., 8, 19–29.

NRC (National Research Council), 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press, Washington DC, 114 pp.

Page, I. W. and J. W. Andrews, 1973. Interaction of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). J. Nutr., 103, 1339–1346

Wang, X., K. W. Kim, S. C. Bai, M. D. Huh, B. Y. Cho, 2003. Effects of the different levels of dietary vitamin C on growth and tissue ascorbic acid changes in parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*), Aquaculture, 215, 203–211.

Kang, Y. J., S. -M. Lee, H. K. Hwang and S. C. Bai, 1998. Optimum Dietary Protein and Lipid Levels on Growth in Parrot Fish (*Oplegnathus fasciatus*), J. Aquacult., 11, 1–10.

Kang, Y. J., S. -M. Lee, S. G. Yang and S. C. Bai, 1999. Effects of Meat Meal, Blood Meal or Soybean Meal as a Dietary Protein Source Replacing Fish Meal in Parrot Fish, *Oplegnathus fasciatus*. J. Aquacult., 12, 205–212.

Kim, J. -H., S. -M. Lee, J. -M. Baek, J. -K. Cho and D. S. Kim, 2003. Effects of dietary lipid level and herb mixture on growth of parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*. J. Kor. Fish. Soc., 36, 113–119.

Won, K. -M., P. -K. Kim, S. -I. Park and B. -S. Yu, 2004. Effects of Kelp (*Ascophyllum nodosum*) Meal on Growth and Nonspecific Immune Responses of Parrot Fish (*Oplegnathus fasciatus*). J. Kor. Fish. Soc., 37, 275–280.

원고접수 : 2007년 9월 12일
심사완료 : 2008년 7월 8일
수정본 수리 : 2008년 10월 8일