

사료 공급 횟수가 넙치 치어의 성장에 미치는 영향

이상민 · 서충현* · 조영식**

강릉대학교 해양생명공학부, *완도수산고등학교, **압해중합고등학교

Growth of the Juvenile Olive Flounder (*Paralichthys olivaceus*) Fed the Diets at Different Feeding Frequencies

Sang-Min LEE, Chong-Hyun SEO* and Young-Sik CHO**

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

*Wando Fisheries Highschool, Wando-gun, Cheon-nam 537-800, Korea

**Aphae Comprehensive Highschool, Sinan-gun, Cheon-nam 535-810, Korea

A feeding experiment was conducted to determine the effects of feeding frequency on growth and body composition in juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). Triplicate groups of the 40 fish averaging 1.6 g were fed the 2 different commercial diets (D-1 and D-2) and moist pellet (MP) contained frozen horse mackerel and commercial binder meal at different feeding frequencies of 4 times daily, 3 times daily, 2 times daily, once a day or once in 2 days.

Growth and feed intake of fish were affected by diets and feeding frequencies ($P < 0.05$). Feed intake (% of body wt.) in the all diet groups was significantly decreased according to feeding frequency decreased ($P < 0.05$). Weight gain of fish fed the each diet were increased according to feeding frequency increased, although no significant differences were observed between 3 times and 4 times daily ($P > 0.05$). In the same feeding frequency, feed intake and growth of fish fed the moist pellet were lower ($P < 0.05$) than those of commercial diets (D-1 or D-2), probably due to the relatively high moisture content or unbalanced nutrients. Whole body lipid content of fish fed the each diet at once in 2 days was the lowest among feeding frequencies. These results indicate that 3 times daily feeding regimen may be more effective than that of 4 times daily and moist pellet in this study will not be used as a practical type of diet for juvenile olive flounder weighing between 1.6 g and 4 g.

Key words: flounder (*Paralichthys olivaceus*), Feeding frequency

서론

1980년대 후반에 들어서면서 우리 나라의 해수어류 생산량은 매년 급격히 증가되고 있는 실정이며, 이 중에서 넙치의 양식 생산량이 가장 현저히 증가되어 현재는 조피볼락과 함께 주요 양식 대상종으로 자리 잡고 있다. 이 종은 성장이 빠르고, 소비자들이 횡감으로 즐겨 찾는 고급 해수어종으로서 지속적인 양식 대상으로 개발 가치가 높다.

양식에 있어 환경이나 질병은 양식기간 중에 인위적으로 쉽게 조절되지 않는 요인이지만, 사료 공급은 양식 경영가가 적절히 조절할 수 있으므로 양식 성공의 중요한 변수이다. 이러한 외부 의존적인 여러 가지 변수들 중에서 어류의 체내 대사와 성장에 영향을 미치는 가장 큰 요인은 먹이라고 Brown (1957)과 Smith (1935)는 지적하고 있다. 또한, 사료는 양식생산 단가의 매우 높은 비중을 차지하고 있으므로 양식생산에 소요되는 비용을 최소화시키기 위해서는 대상 양식어종에 사용되는 사료의 품질이 양호함과 동시에 가격이 저렴하여야 한다. 이와 더불어 체계적으로 사료를 공급하는 것이 매우 중요하다. 이 중에서 사료의 품질과 가격은 사료제조회사에 의존적이지만, 사료의 공급체계는 양식장의 환경이나 양어가들에 따라 달라질 가능성이 높다.

양식어에게 사료를 과잉으로 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. 사료의 영양소 이용률은

어종, 사료의 품질, 사료 공급량, 사료 공급 횟수 및 사육환경 등에 따라 달라질 수 있다고 판단된다. 또한, 사료 조성시 사료의 물성이나 크기 등이 대상 어종에 적합하여야 하며, 물 속에서의 안정성 및 침강속도를 적절히 조절하여 섭취된 사료가 허실되지 않고 최대한 이용될 수 있도록 고려하여야 한다. 이러한 일련의 과정이 수행된 후 개발된 사료의 이용성과 크기별, 수온별에 따른 먹이 공급 체계를 경제성 분석과 함께 최종 검토하여야 할 것이다. 하지만 넙치에 대한 사료영양 연구나 사료 공급체계에 관한 연구는 거의 수행되지 못한 실정이므로 넙치 자치어를 양식하고 있는 대부분의 양어가들은 값비싼 외국 수입사료를 사용하고 있으며, 부분적으로 국산 시판사료나 생사료를 혼합한 습사료를 사용하고 있다. 그리고 각 사료의 공급체계가 양어가마다 다른 것이 현실이다. 그래서 본 연구는 최근에 넙치용으로 시판되고 있는 건조 pellet 형태의 상품사료 (수입사료와 국내시판사료)와 습사료 (moist pellet, MP)를 제조하여 적정 사료 공급 횟수에 대하여 그 효과를 조사함으로써 사료의 과잉공급으로 인한 사료유실을 줄여 양식생산에 소요되는 사료비를 절감하고, 수중오염원을 줄이는 방안을 제시하고자 수행되었다.

재료 및 방법

1. 실험 사료

Table 1에 표시한 바와 같이 넙치 치어용으로 시판되고 있는 직경 1.8~2.0 mm의 부상 pellet 형태의 상품사료 (수입사료, 국내 시판사료)를 구입하였다. 또한, MP 사료의 단백질 함량이 상품

사료와 동일하게 되도록 냉동 전갱이와 넙치용 분말사료를 혼합하여 MP 제조기로 압출 성형하여 제조하였다. 이와 같이 준비된 실험사료들을 냉동보관(-30°C)하면서 먹이 공급시마다 사용하였다.

2. 실험어 및 사육 관리

실험어는 전남 완도에서 생산된 넙치 치어를 구입하여 그 중 건강한 실험어들(평균체중 1.6 g)을 선별하여 사료별, 사료 공급 횟수별로 각각 3반복으로 배치된 45개의 실험수조(50 l)에 40마리씩 3(diet)×5(feeding regimen)×3(replication) factorial design으로 수용하였다. 사료 공급 횟수는 각 실험사료에 대하여 각각 1일 4회(06:00, 10:00, 14:00, 18:00), 1일 3회(06:00, 12:00, 18:00), 1일 2회(06:00, 18:00), 1일 1회(06:00) 및 2일 1회(09:00)로 설정하였다. 최초 어체의 성분분석용으로 40마리를 무작위로 표본 추출하여 냉동보관(-30°C)하였다. 고압모래여과장치로 여과된 자연해수를 각 실험수조마다 5 l/min씩 유수시켰고, 사육기간 중의 수온은 16.2 ± 0.46°C(평균 ± 표준편차)로 넙치의 적정 성장범위였다. 사육실험은 30일간 실시하였으며, 사료를 횟수별로 공급할 때마다 만복에 가깝도록 손으로 주의 깊게 던져주었다. 사육관리는 실험어의 stress 요인을 줄이고, 실험어에 대한 편견을 줄이기 위하여 동일한 사람이 항상 같은 색의 옷을 입고 실시되었다. 실험 개시시와 종료시 각 실험수조에 수용된 실험어 전체무게를 MS222 100 ppm에 마취시켜 측정하였고, 실험 종료시에는 각 실험수조에 수용된 실험어 모두를 sample로 취하여 냉동보관(-30°C)하다가 성분 분석하였다.

3. 성분 분석 및 통계 처리

분석용으로 냉동 보관하던 어체와 사료의 일반성분은 AOAC(1990)의 방법에 따라 조단백질(N×6.25)은 Automatic analyzer(Vapodest 5/6, Gerhardt, W-Germany)를 사용하여 분석되었고, 조지방은 Automatic analyzer(Soxtec, Tecator, Sweden)를 사용하여 ether로 추출되었으며, 수분은 105°C의 dry oven에서 4시간 동안 건조 후 측정되었다. 실험결과는 SPSS for Window(SPSS Inc., 1997) program으로 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성을 유의수준 5%에서 검정하였고, two-way ANOVA-test로 사료 종류와 공급 횟수에 대한 상관요인을 분석하였다.

결과 및 고찰

평균체중 1.6 g의 넙치 치어를 30일간 사육실험한 결과를 사료 종류별로 Table 2, 3과 4에 표시하였다. 모든 사료에서 공급 횟수

Table 1. Proximate analysis (%) of the experimental diets¹

	D-1	D-2	MP ²
Moisture	6.6	8.9	57.2
Crude protein	54.2 (58.0)	52.8 (58.0)	24.9 (58.2)
Crude lipid	12.3 (13.2)	7.8 (8.6)	5.1 (11.9)
Crude ash	12.9 (13.8)	9.5 (10.4)	5.4 (12.6)

¹ Values in the parenthesis are based on dry matter.

² Moist pellet diet contained commercial binder meal and frozen horse mackerel.

가 낮아질수록 어체 100 g 당 일일사료섭취량(건중량 기준)은 감소하였으며(P<0.05), 사료 공급 횟수가 동일할 때에도 사료 종류에 따라 사료 섭취량이 달라지는 경향을 보이고 있다. 이와 같이 사료를 동일한 시간에 같은 횟수로 공급하였음에도 불구하고, 사료별로 섭취량이 달라지는 것은 사료 종류에 따른 품질의 차이 때문으로 생각된다. 특히 MP 사료가 상품사료보다 그 섭취량이 낮아졌는데, 이는 MP 사료의 경우 수분이 다른 사료(건사료, 수분 10% 이하)보다 더 많이 함유되어 있어 실제 건물 섭취량이 낮아진 것으로 해석된다.

사료 종류별로 공급 횟수에 따른 증체율은 사료 1의 경우(Table 2), 1일 4회 공급구가 가장 높았으며, 공급 횟수가 낮아질수록 성장이 저하되어 2일 1회 공급구가 가장 낮은 값(P<0.05)을 보였다. 또한, 1일 3회 공급구는 1일 4회 공급구와 유의차가 없었으며(P>0.05), 1일 2회 이하 공급구간에서는 서로 통계적인 차이가 인정되지 않았다. 반면에 사료 1의 결과와는 달리 사료 2의 경우(Table 3)는 1일 4회 공급구와 유의차는 없었지만(P>0.05) 1일 3회 공급구가 가장 좋은 결과를 보였으며, 다음으로 1일 4회 및 2회 공급구가 양호하였고 2일 1회 공급구가 가장 낮은 값을 보였다(P<0.05). MP 사료의 경우(Table 4)는 1일 4회 및 3회 공급구가 서로 비슷한 값으로 타 공급구보다 양호한 결과를 보여 2일 1회 공급구보다 유의적(P<0.05)으로 좋은 성적을 보였다. 최종평균체중의 변화 경향도 증체율의 변화 경향과 유사하였다.

공급 횟수가 동일할 때의 사료 종류에 따른 증체율은 1일 4회 공급구에서는 사료 1이 높은 값을 보였으며, MP 사료가 가장 낮은 값을 나타내었다(P<0.05). 1일 3회 공급구의 경우는 사료 2가

Table 2. Growth performance of juvenile flounder fed the commercial diet (D-1) at different frequencies for 30 days¹

	Feeding frequency					SEM ²
	4 times daily	3 times daily	2 times daily	Once a day	Once in 2 days	
Final mean wt (g)	46 ^c	3.9 ^{bc}	3.4 ^{abc}	2.6 ^{ab}	2.4 ^a	0.40
Daily feed intake (%)	190 ^c	1.85 ^c	1.61 ^{bc}	1.31 ^b	0.63 ^a	0.115
Weight gain (%) ³	197 ^c	149 ^{bc}	119 ^{ab}	65 ^a	54 ^a	23.6

¹ Values (mean of three replications) in the same row not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

² Standard error of the mean = $\sqrt{MSE/n}$, n = 3.

³ (Final fish weight - initial fish weight)×100/initial fish weight.

Table 3. Growth performance of juvenile flounder fed the commercial diet (D-2) at different frequencies for 30 days¹

	Feeding frequency					SEM ²
	4 times daily	3 times daily	2 times daily	Once a day	Once in 2 days	
Final mean wt (g)	3.7 ^{cd}	4.2 ^d	3.4 ^{bc}	2.9 ^{ab}	2.2 ^a	0.23
Daily feed intake (%)	2.65 ^d	2.23 ^{cd}	1.89 ^c	1.40 ^b	0.84 ^a	0.461
Weight gain (%) ³	133 ^{bc}	172 ^c	113 ^b	84 ^{ab}	38 ^a	16.0

¹ Values (mean of three replications) in the same row not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

² Standard error of the mean = $\sqrt{MSE/n}$, n = 3.

³ (Final fish weight - initial fish weight)×100/initial fish weight.

가장 높았으며 역시 MP 사료가 가장 낮은 값을 보였다 ($P < 0.05$). 그리고 본 실험에서 설정된 모든 공급 횟수에서 MP 사료가 가장 낮은 값을 나타내어 치어 시기에는 본 실험에서 사용된 형식의 MP 사료를 공급하는 것은 좋지 않을 것으로 판단된다.

Table 5에 표시한 바와 같이 실험종료 후 전어체의 수분, 단백질 및 회분 함량은 사료의 종류나 공급 횟수에 따른 특별한 변화 경향을 보이지 않았으나, 지질의 경우는 세 사료 모두 2일 1회 공급구가 낮아지는 경향을 보여 에너지 공급이 부족했음을 시사하고 있다.

사료 종류와 공급 횟수가 성장에 미치는 영향을 two-way ANOVA로 분석한 결과 (Table 6), 최종 평균체중, 일일사료섭취량 및 증체율이 사료 종류와 공급 횟수에 각각 유의적 ($P < 0.01$)으로 영향을 받았지만, 사료효율은 통계적으로 차이가 없었다. 그리고 사료 종류와 공급 횟수의 상호작용도 인정되지 않았다 ($P > 0.05$). 이와 같이 넙치양식에 사용되는 사료와 그 사료의 공급 횟수가 모두 중요하게 고려되어야 할 것이다. 사료 종류와 공급 횟수에 따라 성장이 달라지는 것은 사용된 사료의 품질과 물성의 차이

Table 4. Growth performance of juvenile flounder fed the moist pellet at different frequencies for 30 days¹

	Feeding frequency					SEM ²
	4 times daily	3 times daily	2 times daily	Once a day	Once in 2 days	
Final mean wt. (g)	32 ^b	32 ^b	29 ^{ab}	21 ^{ab}	19 ^a	0.45
Daily feed intake (%)	126 ^c	102 ^c	0.73 ^b	0.61 ^b	0.31 ^a	0.288
Weight gain (%) ³	101 ^b	102 ^b	86 ^{ab}	37 ^{ab}	23 ^a	21.4

¹ Values (mean of three replications) in the same row not sharing a common superscript are significantly different ($P < 0.05$).

² Standard error of the mean = $\sqrt{\text{MSE}/n}$, $n = 3$.

³ (Final fish weight - initial fish weight) \times 100 / initial fish weight.

Table 5. Proximate analysis (%) of the whole body from juvenile flounder fed the commercial diets (D-1 or D-2) or moist pellet at different frequencies for 30 days¹

Feeding frequency	Moisture	Protein	Lipid	Ash
(Diet 1)				
4 times daily	78.4	15.3	2.1	3.9
3 times daily	77.3	15.6	2.0	4.7
2 times daily	78.3	14.4	2.2	3.9
Once a day	78.4	14.2	1.9	4.1
Once in 2 days	77.8	15.4	1.7	4.2
(Diet 2)				
4 times daily	78.8	14.5	2.0	3.9
3 times daily	76.9	15.5	2.4	3.8
2 times daily	76.3	15.2	2.6	4.8
Once a day	77.0	15.1	2.1	4.6
Once in 2 days	78.7	14.0	1.6	4.3
(Moist pellet)				
4 times daily	77.4	15.7	2.2	4.7
3 times daily	77.4	14.7	2.7	3.6
2 times daily	77.5	14.9	2.1	4.4
Once a day	77.9	15.0	2.2	4.5
Once in 2 days	80.1	12.8	1.6	4.7

¹ Values (mean) of the pooled sample from the triplicate tanks.

Table 6. Two-way ANOVA analysis for performance of juvenile flounder fed the commercial diets (D-1 or D-2) or moist pellet at different frequencies for 30 days

	Diet	Frequency	Interaction
Final mean weight	$P < 0.01$	$P < 0.001$	$P < 0.4$
Daily feed intake	$P < 0.01$	$P < 0.001$	$P < 0.2$
Feed efficiency	$P < 0.06$	$P < 0.9$	$P < 0.2$
Weight gain	$P < 0.01$	$P < 0.001$	$P < 0.7$

에서 기인된 것으로 생각된다. 건조된 상품사료 1과 2에서 사료 1의 경우에 1일 4회 공급구가 가장 양호한 반면에 1일 3회 공급시에는 사료 2가 가장 높은 값을 보여 공급 횟수에 따라 사료간에 다소 차이를 보였다. 본 실험에서 사용된 사료의 조성을 알 수 없어 정확한 판단은 힘들지만, 아마도 이러한 차이는 사용된 사료의 에너지 함량이나 그 사료의 소화율 또는 소화시간 등에 따른 차이 때문으로 생각된다. 예를 들어, 사료 1이 사료 2보다 장 통과되는 시간이 더 빨라서 사료 1 실험구의 사료 요구시간이 사료 2보다 더 앞당겨 질 가능성을 고려할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 사료 공급시 검토되어야 할 요인 중에는 사료의 품질과 함께 물성에 따른 고려가 필요하다고 본다. 본 실험에서 상품사료 (사료 1과 2)는 건사료 (dry pellet) 형태로 사료를 공급하였지만, 사료의 물성에 따라서 습사료인 경우는 사료 중에 30~60%가 수분이기 때문에 대상어류가 먹이 섭취후 포만감을 느낀다 해도 실제 건물은 섭취량의 40~70% 밖에 되지 않으므로 에너지 요구시간이 상대적으로 앞당겨 질 수 있을 것이다. Table 1에 표시한 것 처럼, 본 실험의 MP 사료의 경우는 사료의 수분이 57.2% 함유되어 있어 섭취된 사료의 실제 건물은 건사료에 비해 낮기 때문에 성장이 낮아진 것으로 간주된다.

본 실험에서는 먹이 공급시마다 거의 반복에 가깝도록 손으로 사료를 던져주었기 때문에 이러한 적정 먹이 공급 횟수와 함께 적정 먹이 공급률도 중요하게 고려되어야 할 것으로 판단된다. 이와 함께 수온, 어체 크기와 사료 물성 등에 따른 먹이 공급 횟수나 공급률이 달라질 수 있으므로 (Brett and Higgs, 1970), 이에 대한 연구도 병행되어야 할 것이다. 먹이 섭취율, 소화율 및 소화시간은 어체 크기에 따라 달라지는데 본 실험에서 1.6~4g의 넙치 치어의 적정 공급 횟수는 1일 3회 정도로 추정되었으나, 어체 크기가 증가될수록 공급 횟수는 감소될 것으로 생각된다. Lee et al. (1996)은 25g의 조피볼락의 적정 먹이 공급 횟수를 경제적인 면을 고려하여 1일 1회 또는 2일 1회 사료를 공급하는 것이 좋을 것으로 보고하였다. 이와 같이 어체크기에 따른 먹이 공급 횟수가 달라지는 것은 장이 비워지는 시간 (gastric evacuation time)과 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다.

위의 결과에서 성장이 세 사료 모두 1일 3회 공급구는 1일 4회 공급구와 유의적인 차이가 없었으므로 1.6~4g의 넙치 치어의 적정 사료 공급 횟수는 1일 3회가 적당할 것으로 판단된다. 따라서 사료를 불필요하게 자주 공급할 필요가 없을 것으로 보이며, 과도한 사료 공급은 경제적으로나 노동력에서 불이익이 초래될 것으로 판단된다. 또한, 사료 섭취량이 높아지면 영양소 이용률이 낮아져 (Lee et al., 1996), 섭취되어 이용되지 못한 과잉의 사료 영양소는 수중으로 배출되어 수질오염원을 증가시킬 뿐 아니라 과잉의

에너지는 체내에 지방으로 축적 (Page and Andrews 1973; Lee et al., 1993)되어 어체 품질을 저하시키는 결과를 초래한다. 과잉의 사료 공급은 본 실험과 같이 성장효과가 더 이상 개선되지 않는다고 타 어종과 갑각류에 대해서도 보고되어 있다 (Mills and McCloud, 1983; Lee et al., 1996; Sedgwick, 1979). 특히, 최근에 와서는 양식어의 판매가격이 하락하고 있는 추세이기 때문에 양식 생산에 과잉으로 소요되는 비용을 최소화하여 보다 합리적인 양식 경영이 필요한 실정이다. 따라서 과도한 투자로 양식어의 출하 시기를 무조건 앞당기는 것보다는 경제적인 투자와 함께 양식어의 품질을 향상시킬 수 있는 방법 등이 고려되어야 할 것이다.

요 약

본 연구는 넙치 치어 (평균체중 1.6 g)의 적정 사료 공급 횟수를 조사하여 경제적이고 수질오염원을 줄이기 위한 먹이 공급 체계를 제시하기 위해 수행되었다. 양어가들이 주로 사용하고 있는 건조 pellet 형태의 상품사료와 습사료 (moist pellet, MP)를 제조하여 각 실험수조 (50 ℓ)에 40마리씩 3 (diet)×5 (feeding regimen)×3 (replication) factorial design으로 수용하여 사육 실험하였다. 사료 공급은 1일 4회 (06:00, 10:00, 14:00, 18:00), 1일 3회 (06:00, 12:00, 18:00), 1일 2회 (06:00, 18:00), 1일 1회 (06:00) 및 2일 1회 (09:00)로 설정하였다.

3 종류의 실험사료로 넙치 치어를 30일간 사육 실험한 결과, 모든 사료에서 공급 횟수가 낮아질수록 일일사료섭취량은 감소하였으며 ($P<0.05$), 사료 공급 횟수가 동일할 때에도 사료 종류에 따라 사료 섭취량이 달라지는 경향을 보였고, 특히 MP 사료가 다른 두 사료보다 그 섭취량이 낮았다. 성장은 세 사료 모두 1일 3회 공급구는 1일 4회 공급구와 유의적인 차이가 없었으므로 1.6~4 g의 넙치 치어의 적정 사료 공급 횟수는 1일 3회가 적당할 것으로 판단된다. 따라서 사료를 불필요하게 자주 공급할 필요가 없을 것으로 보이며, 과도한 사료 공급은 경제적으로나 인력적인 면에서 불이익이 초래될 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298pp.
- 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.
- Brown, M.E. 1957. Experimental studies on growth. In: M.E. Brown (Ed.), The Physiology of Fishes. Vol. I. Academic Press, New York, pp. 361~400.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. Biometrics, 11, 1~42.
- Lee, J.Y., Y.J. Kang, S.M. Lee and I.B. Kim. 1993. Optimum digestible energy to protein ratio in diets for the Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. J. Aquacult., 6, 29~46.
- 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. Aquacult., 9, 385~394.
- Mills, B.J. and P.I. McCloud. 1983. Effects of stocking and feeding rates on experimental pond production of the cryfish *Cherax destructor* Clark (Decapoda: Paratacidae). 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.
- Sedgwick, R.W. 1979. Effects of ration size and feeding frequency on growth and food conversion of juvenile *Penaes merguensis* de Man. Aquaculture, 16, 279~298.
- Smith, H.W. 1935. Metabolism of the lung fish. II. Effects of feeding on meat on the matabolic rate. J. Cell. Comp. Physiol., 6, 335~349.
- SPSS Inc. 1997. SPSS Base 7.5 for Window, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.

1998년 7월 23일 접수

1998년 10월 17일 수리