

# 동일연령군중 개체크기별로 나눈 돌돔 (*Oplegnathus fasciatus*)의 성장과 성비의 비교

김종현\* · 방인철<sup>1</sup> · 조재권<sup>2</sup> · 백재민<sup>2</sup>

국립수산과학원 어류육종연구센터, <sup>1</sup>순천향대학교 해양생명공학과

<sup>2</sup>국립수산과학원 남해수산연구소

## Effect of Size Grading on Growth and Sex Ratio of Parrot Fish (*Oplegnathus fasciatus*)

Jong Hyun KIM\*, In Chul BANG<sup>1</sup>, Jae Kwon CHO<sup>2</sup> and Jae Min BAEK<sup>2</sup>

Fish Genetics and Breeding Research Center, National Fisheries Research and Development Institute, Geoje 656-842, Korea

<sup>1</sup>Department of Marine Biotechnology, Soochunhyang University, Asan 336-745, Korea

<sup>2</sup>South Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Yeosu 556-823, Korea

Juveniles of parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*) were graded and divided into three groups (mean initial size): Small group (32.9±3.2 g), Large group (130.1±12.3 g) and Ungraded group (74.8±29.8 g). Growth and sex ratio were monitored over 3 years. It was concluded that no production advantage was gained by weight grading. There were no differences when the pooled data from the two graded groups were compared with the ungraded group, although mean weight and survival of the large group were continuously higher than those of other groups until the end of rearing period. The highest percentage of males was found in the large group. These results show that males start growing faster than females long before the size grading.

Key words: *Oplegnathus fasciatus*, Size grading, Growth, Survival, Sex ratio

### 서론

돌돔 (*Oplegnathus fasciatus*)은 한국의 남해안과 여름철 서해안의 해상가두리에서 주로 양식되고 있는 아열대성 어류로, 한국 연안의 수온 조건에서는 성장기간이 6개월 정도로 짧고 겨울철의 낮은 수온으로 인해 월동에 어려움이 있다 (Kang et al., 1998). 이러한 문제점을 해결하기 위하여 광주기 및 수온 조절에 의한 조기 종묘생산을 통해 당년에 출하하는 방법이 모색되고 있으며 (Kim et al., 2000), 최근 사료에 지질함량을 높이고 한방제를 첨가하여 겨울철 생존율을 높이는 월동 사육 방안이 제시된 바 있다 (Kim et al., 2003). 그러나 어류양식 생산의 주요 목표 가운데 하나는 가장 적은 투자로 생산량을 최대화하는 것이기 때문에 (Sunde et al., 1998), 돌돔 양식의 경우 수온이 높은 시기에 집중적으로 양성하여 생산성을 향상시킬 수 있는 사육기술의 개발이 더 크게 중요시될 것이다.

어류의 크기에 따른 선별은 용이한 먹이공급, 수확 등과 같은 사육의 편리 및 성장과 생존율을 향상시키려는 목적으로 많은 양식대상종의 사육에 사용된다 (Gunnes, 1976; Baardvik and Jobling, 1990; Popper et al., 1992; Kamstra, 1993; Lambert and Dutil, 2001). 크기선별의 주된 개념은 개체간에 생기는 상호작용 (social interaction)의 부정적인 효과를 막기 위해서

소형 및 대형 개체를 서로 분리하는 것이다 (Gunnes, 1976; Knights, 1987). 일부 어종에 있어 대형 개체는 함께 사육되는 소형 개체보다 더 높은 성장률을 나타낸다 (Jobling, 1985; 1995; Saclauso, 1985). 먹이 경쟁은 성장을 제어하는 데 있어 특히 중요한 요소로 생각되며 (Wallace and Kolbeinshavn, 1988; Jobling and Koskela, 1996), 대형 개체로부터의 경쟁이 없는 곳에서 소형 개체는 우세 서열의 부정적인 효과를 피하고 더 높은 성장률을 성취할 수 있다 (Jobling and Reinsnes, 1987).

그러나 이와 같은 크기선별이 반드시 서열 형성을 붕괴시키고, 성장 향상을 이끄는지에 대해서는 의문스럽다. 더욱이 일부 어종의 경우 크기선별은 동등한 크기의 어류간에서 높은 수준의 상호작용 때문에 성장 감소를 나타내고 있다 (Doyle and Talbot, 1986; Baardvik and Jobling, 1990). 비록 종간에서 스트레스 내성의 차이가 있을지라도 크기선별 그 자체는 본질적으로 어류에 대해 스트레스를 주는 절차이다 (Davis and Parker, 1990; Waring et al., 1992). 또한 우리나라에서 어류의 크기선별 장치가 시판되고 있을지라도 크기선별은 노동력이 많이 소모되는 작업에 해당된다. 여기에서 크기선별에 따른 handling 피해, 질병 발생 및 성장 감소의 부담까지 고려한다면, 선별 비용은 더욱 높아질 수 있다. 크기선별의 이러한 부정적인 측면은 무시된 것 같으며, 현재까지 우리나라의 해

\*Corresponding author: johnkim@nfrdi.re.kr

산 양식어종에 있어 개체의 성장에 미치는 크기선별의 효과에 대해서는 체계적인 정보가 거의 없다.

이 연구는 돌돔 치어를 개체크기별로 선별하여 3년 동안 사육하면서 크기선별이 어류의 성장, 생존율 및 성비에 미치는 영향을 연구하였다.

### 재료 및 방법

실험어는 충청남도 태안군에 위치한 순천향대학교 해양수산 연구소에서 생산된 동일연령의 돌돔 치어 (전장  $14.9 \pm 3.0$  cm, 체중  $79.2 \pm 44.0$  g)를 사용하였으며, 사육기간은 1998년 10월 22일부터 2001년 10월 19일까지 3년이였다. 사육수조는 성장 단계별로 1-7 m<sup>3</sup> FRP 및 콘크리트 수조를 사용하였으며, 한 수조에 실험어 120마리씩 수용하여 여과해수를 실험수조마다 5-50 L/min으로 흘려주었고, 먹이는 상업용 배합사료 (Jeil Feed Co., Korea)를 1일 1-3회 더 이상 먹지 않을 때까지 충분히 공급하였다. 사육기간동안 수온은 13.3-25.4 °C, 염분은 30.8-34.7 psu, 그리고 DO는 6.1-8.6 mg/L 범위였다.

선별은 1998년 10월에 실험어를 크기에 따라 수작업으로 나누어 실시하였으며, 이 때 실험어의 체중이 50 g 이하로 구성된 실험구를 small group, 체중 100 g 이상의 실험구를 large group, 그리고 실험어를 무작위 추출한 실험구를 ungraded

group으로 명명하고, small group과 large group의 값을 모아 선별 group의 pooled data를 산출하였다. 실험시작시 전장과 체중은 small group이 각각  $11.6 \pm 0.4$  cm,  $32.9 \pm 3.2$  g, large group이 각각  $18.2 \pm 0.5$  cm,  $130.1 \pm 12.3$  g, ungraded group이 각각  $14.9 \pm 2.0$  cm,  $74.8 \pm 29.8$  g, 그리고 선별 group의 pooled data가 각각  $14.9 \pm 3.3$  cm,  $81.5 \pm 49.4$  g이었다 (Fig. 1).

성장은 1개월 간격으로 개체별 전장과 체중을 측정하였으며, 체중에 대한 일일성장률, Specific growth rate:  $(\ln \text{final weight} - \ln \text{initial weight}) / \text{rearing days}$  및 변동계수, Coefficient of variation:  $\text{Standard deviation} / \text{mean weight}$ 를 계산하여 각 실험구간의 값을 비교하였다. 사육 중 죽은 어체는 사료공급 후 관찰하여 건져내었으며, 실험종료시 생존한 개체수에 대한 백분율로 생존율을 나타내었다. 성비는 2001년 6월의 산란기에 외형 관찰 및 복부압박법에 의한 알과 정액 채취를 통하여 조사하였다.

### 결 과

실험시작시 ungraded group의 체중은 선별 group (small group; large group)의 pooled data와 비교하여 분포 빈도에 있어 차이를 보였으나, 분포 범위에 있어서는 서로 유사하였다 (Fig. 1A, B). 모든 실험구에서 체중의 분포 범위는 성장함에

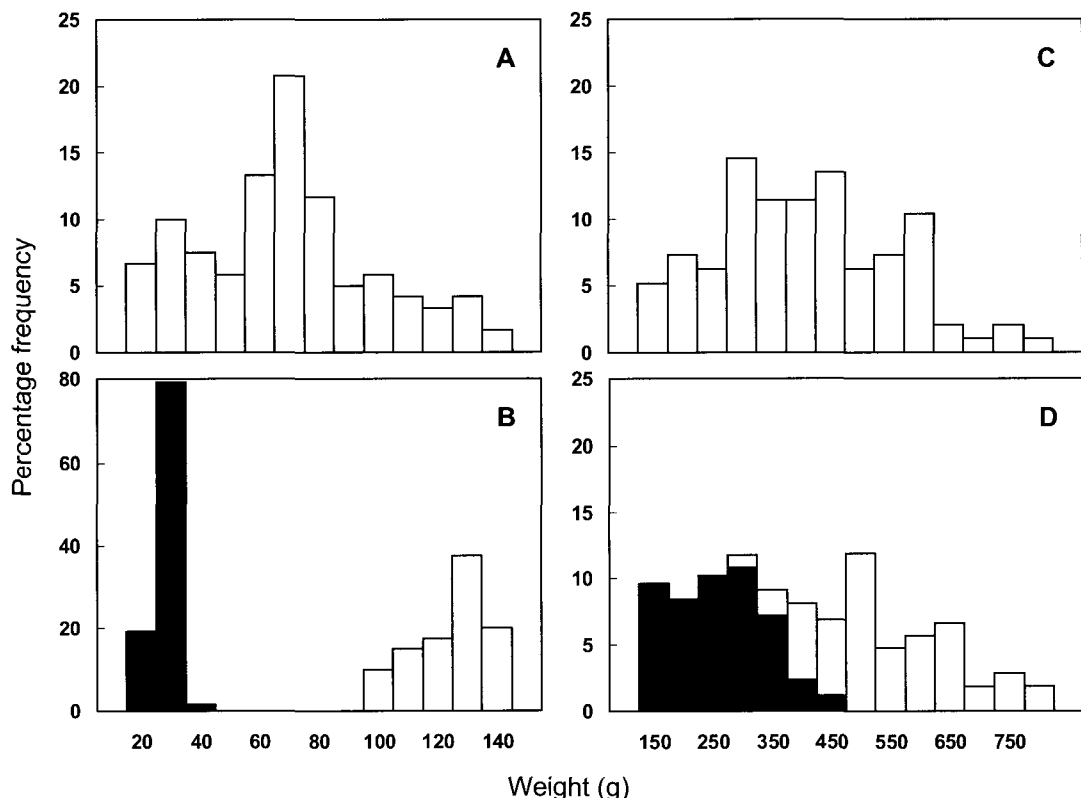


Fig. 1. Weight distribution of fish at the start (A, B) and at the end (C, D) of the experiment. A and C show weight distributions for ungraded group whereas B and D show pooled data for graded groups (small and large groups). Small groups are represented by the solid column.

따라 증가되었으며, 실험종료시 ungraded group의 체중은 분포 빈도 및 범위에 있어 선별 group의 pooled data와 유사하게 나타났다 (Fig. 1C, D). 실험일수에 대한 체중의 성장은 사육 1년이 경과한 1999년 10월에 이르러 ungraded group이 180.8 ± 66.7 g, 선별 group의 pooled data가 211.6 ± 99.8 g으로 나타나 서로 약 31 g의 차이를 보였으나, 실험종료시에는 ungraded group이 432.6 ± 149.0 g, 선별 group의 pooled data가 445.2 ± 175.4 g으로 서로 유사한 성장을 보였다 (Fig. 2). 그리고 large group의 체중은 다른 실험구들에 비해 실험종료시까지 지속적으로 높게 유지되었다. 실험 전 기간을 통하여 각 실험구의 일일성장률은 small group이 0.20%, large group이 0.14%, ungraded group이 0.16%, 선별 group의 pooled data가 0.16%로, small group 및 large group에서 각각 최고치 및 최저치를 보였으며, 선별 group의 pooled data와 ungraded group에 있어서는 체중 성장의 유사한 결과와 마찬가지로 같은 수치의 일일성장률을 나타내었다. 그리고 체중에 대한 small group과 large group의 변동계수는 실험어의 체중이 증가할수록 증가한 반면, 선별 group의 pooled data와 ungraded group에 있어서는 감소하는 것으로 나타났다 (Fig. 3).

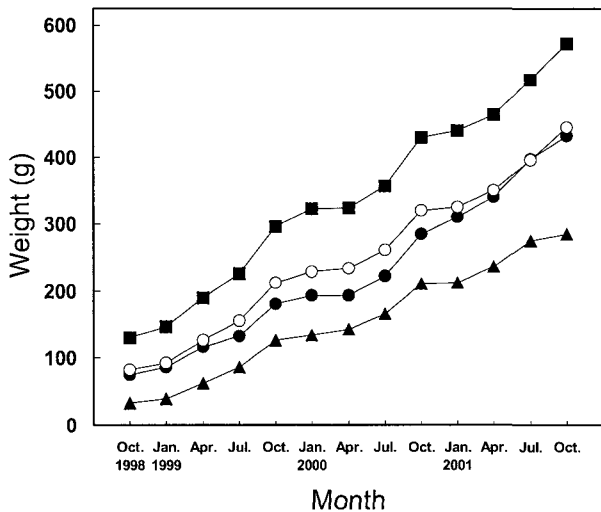


Fig. 2. Mean weights of graded and ungraded groups of parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*) over a period of 3 years. ▲, Small group; ■, Large group; ●, Ungraded group; ○, The small and large pooled.

3년의 실험기간동안 전체 360마리 중 76마리의 실험어가 사망하였다 (Table 1). 각 실험구의 생존율은 small group, large group 및 ungraded group이 각각 69.2%, 87.5% 및 80.0%로 서로 차이를 보였으나, 78.3%로 나타난 선별 group의 pooled data는 ungraded group과 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 2001년 6월의 산란기에 성비를 조사한 결과, 수컷 비율은 large group이 75.2%로, small group의 31.3% 및 ungraded group의 54.2%에 비해 높게 나타나 개체크기가 큰 실험구일수록 수컷이 많이 나타나는 경향을 보였으며, 선별 group의 pooled data

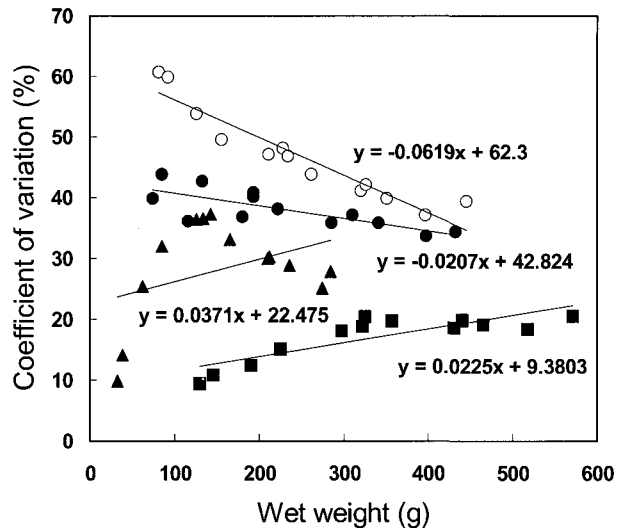


Fig. 3. Coefficient of variation (weight, %) plotted against wet weight (g) for graded and ungraded groups of parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*). ▲, Small group; ■, Large group; ●, Ungraded group; ○, The small and large pooled. Lines indicate log-regression of the data.

Table 1. Survival and sex ratio of graded and ungraded groups of parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*)

Group	Survival (%)	Percentage of males
Small	83/120 (69.2)	26/ 83 (31.3)
Large	105/120 (87.5)	79/105 (75.2)
Ungraded	96/120 (80.0)	52/ 96 (54.2)
Small and large pooled	188/240 (78.3)	105/188 (55.9)

의 경우 55.9%로 ungraded group과 유사하게 나타났다.

### 고 찰

돌돔 치어의 크기선별은 본 실험에서 성장 향상을 초래하지 않았다. 실험어 개체간 크기 차이가 매우 큰 ungraded group에 있어서는 개체간 상호작용의 부정적인 효과 때문에, ungraded group보다는 크기를 선별한 group에서 더 좋은 성장을 기대할 수 있다 (Jobling and Reinsnes, 1987; Knights, 1987). 그러나 본 연구에서 ungraded group의 성장은 선별 group (small group; large group)의 pooled data와 비교하여 차이가 없었다. 이는 어류양식 업계에서 일반적으로 알려지고 있는 믿음과는 반대로, 크기선별이 돌돔 치어의 성장을 향상시키지 못함을 나타낸다. 이와 유사한 결과는 Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) (Wallace and Kolbeinsavn, 1988; Baardvik and Jobling, 1990), 유럽산 뱀장어 (*Anguilla anguilla*) (Kamstra, 1993), turbot (*Scophthalmus maximus*) (Sunde et al., 1998) 및 Atlantic cod (*Gadus morhua*) (Lambert and Dutil, 2001)에서 관찰된 바 있으나, 반면 크기선별이 Atlantic salmon (*Salmo salar*) (Gunnes, 1976), gilthead sea bream (*Sparus auratus*) (Popper et al., 1992), 나일틸라피아 (*Oreochromis niloticus*) (Brzeski and Doyle,

1995) 및 넙치 (*Paralichthys olivaceus*) (Dou et al., 2004)의 성장을 향상시킬 수 있음이 제시된 바 있다.

비록 small group이 large group보다 더 높은 일일성장률을 나타내었을지라도, 이러한 차이는 개체크기에 따른 특이적인 성장의 근거로 설명될 수 있다. 그래서 본 연구에서 크기선별은 이의 주된 목적, 즉 대형 개체로부터의 분리에 의한 소형 개체의 성장 향상에 반목하여, 선별 group의 성장을 향상시키지 못하였다. 일부의 저자들은 비슷한 크기의 어류가 함께 사육될 때, 개체간의 경쟁 및 호전적인 상호작용의 수준이 더욱 높아짐을 보고한 바 있다 (Dill, 1983; Doyle and Talbot, 1986; Baardvik and Jobling, 1990). 그리고 비슷하지 않은 크기의 Atlantic salmon이 함께 사육될 때, 명백한 공격 행위의 수준이 낮아짐이 보고된 바 있다 (Wankowski and Thorpe, 1979). 본 실험에서 선별 group의 돌돔은 비슷한 크기의 다른 개체와 함께 사육되었으며, 이는 개체간에서 먹이섭취 및 영역 차지 등의 생태학적 경쟁을 조절할 수 있다. Baardvik and Jobling (1990)에 의하면, 개체간 이와 같은 경쟁의 높은 수준은 어류의 먹이섭취를 방해하고 에너지 소비량을 증대시켜 최종 결과로서 성장 감소를 이끌 수 있음을 지적하였다. 그래서 비슷한 크기의 어류간에서 관찰되는 높은 수준의 생태학적 경쟁 효과 때문에, 본 실험에서 선별 group의 성장이 ungraded group에 비해 향상되지 못하였음을 알 수 있다. 따라서 Sunde et al. (1998)이 추론한 바와 같이, 개체간에서 큰 크기 차이가 필수적으로 높은 수준의 경쟁 및 호전적인 상호작용을 이끄는 것이 아님과 동시에, 성장 저하를 초래하는 것도 아님을 결론 지을 수 있다.

충분한 먹이의 공급은 실험어의 공격성을 줄이는 데 있어 중요한 요인이 될 수 있으며 (Jobling, 1985; Sunde et al., 1998), 이에 본 연구의 ungraded group에서 소형 개체의 성장은 대형 개체에 의해 억제받지 않았다. 제한적인 먹이공급 조건 하에서 일어나는 어류 집단 내 서열의 출현은 잘 알려진 현상이며 (Wallace and Kolbeinsavn, 1988), Jobling and Koskela (1996)는 먹이공급에 따른 무지개송어 (*Oncorhynchus mykiss*) 개체간의 성장 차이를 분석하여 먹이를 공급하지 않은 시기에는 먹이섭취의 서열이 설립되었으나, 이후 먹이를 충분히 공급하여 순식간에 먹이섭취 서열이 붕괴되었음을 보고하였다.

개체간 크기 차이는 small group과 large group에 있어 실험어의 크기가 증가할수록 증가한 반면, ungraded group과 pooled data에 있어서는 감소하였다. 선별 group의 크기 분포는 시간이 지나면서 ungraded group과 같이 동등한 수준으로 증가됨이 이전에 보고된 바 있는데, 이러한 결과는 Atlantic cod (Folkvord and Otterå, 1993), turbot (Sunde et al., 1998) 및 유럽산 농어 (*Dicentrarchus labrax*) (Saillant et al., 2003)에 대해 보고되고 있다. 개체간의 크기 차이는 경쟁에 의해 억제받는 집단에서 증가하기 때문에 (Jobling, 1995), 본 연구의 small 및 large group에서 개체간에 성장 차이가 나는 현상은 돌돔 치어에서도 먹이섭취 및 영역 차지 등의 생태학적 경쟁 및 우열에 따른 것으로 추측된다.

실험기간동안 주로 봄철에 세균성질병이 빈번하게 발생하였지만, 전체적으로 사망률은 낮게 나타났으며, 사망한 어류에서 공격받은 흔적은 관찰되지 않았다. 그리고 생존율이 small group에서 더 낮을지라도, small 및 large group의 pooled data는 ungraded group과 비교하여 큰 차이가 없는 것으로 나타나 크기선별에 의해 생존율의 차이가 나타나지 않았음을 알 수 있다.

본 연구에서 성비는 크기선별에 의해 분류되는 실험구간에서 크게 달라져 가장 높은 수컷 비율은 large group에서 관찰되었다. 이러한 결과는 돌돔의 크기를 선별하기 전에 수컷이 암컷보다 더 빨리 성장을 개시함을 암시하나, 크기선별의 단계에서 성 결정 및 성 분화에 관한 개체의 상태는 알려진 바 없다. 그럼에도 불구하고 본 연구의 large group에서 수컷 비율이 가장 높은 결과는 초기 성장이 성간의 성장 차이에 대한 원인이 됨을 나타낸다. Saillant et al. (2003)은 유럽산 농어에서 대부분의 암컷을 개체크기가 큰 group에서 분류하였으며, 이들 암컷이 성 분화가 일어나기 전에 수컷보다 더 빨리 성장을 개시함을 밝혀내었다. 또한 이 저자는 개체의 성장 궤도가 크기선별 전에 이미 고정되어 있고, 아울러 표현형적 성을 결정하는 것으로 고찰하였다. 금후 돌돔의 초기 성장과 성 분화간의 관계를 명백하게 하기 위한 자세한 연구가 필요하다.

## 참 고 문 헌

- Baardvik, B.M. and M. Jobling. 1990. Effect of size-sorting on biomass gain and individual growth rates in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. *Aquaculture*, 90, 11-16.
- Brzeski, V.J. and R.W. Doyle. 1995. A test of an on-farm selection procedure for tilapia growth in Indonesia. *Aquaculture*, 137, 219-230.
- Davis, K.B. and N.C. Parker. 1990. Physiological stress in striped bass: Effect of acclimation temperature. *Aquaculture*, 91, 349-358.
- Dill, L.M. 1983. Adaptive flexibility in the foraging behaviour of fishes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 40, 398-408.
- Dou, S., R. Masuda, M. Tanaka and K. Tsukamoto. 2004. Size hierarchies affecting the social interactions and growth of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture*, 233, 237-249.
- Doyle, R.W. and A.J. Talbot. 1986. Artificial selection on growth and correlated selection on competitive behaviour in fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43, 1059-1064.
- Folkvord, A. and H. Otterå. 1993. Effects of initial size distribution, day length, and feeding frequency on growth, survival, and cannibalism in juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture*, 114, 243-260.

- Gunnes, K. 1976. Effect of size grading young Atlantic salmon (*Salmo salar*) on subsequent growth. *Aquaculture*, 9, 381-386.
- Jobling, M. 1985. Physiological and social constraints on growth of fish with special reference to Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. *Aquaculture*, 44, 83-90.
- Jobling, M. 1995. Simple indices for the assessment of the influences of social environment on growth performance, exemplified by studies on Arctic charr. *Aquacult. Int.*, 3, 60-65.
- Jobling, M. and J. Koskela. 1996. Interindividual variations in feeding and growth in rainbow trout during restricted feeding and in a subsequent period of compensatory growth. *J. Fish Biol.*, 49, 658-667.
- Jobling, M. and T.G. Reinsnes. 1987. Effect of sorting on size-frequency distributions and growth of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. *Aquaculture*, 60, 27-31.
- Kamstra, A. 1993. The effect of size grading on individual growth in eel, *Anguilla anguilla*, measured by individual marking. *Aquaculture*, 112, 67-77.
- 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. (in Korean)
- Kim, J.H., S.M. Lee, J.M. Baek, J.K. Cho and D.S. Kim. 2003. Effect of dietary lipid level and herb mixture on growth of parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*. *J. Kor. Fish. Soc.*, 36, 113-119. (in Korean)
- Kim, S.Y., I.C. Bang and S.M. Kim. 2000. Sexual maturation inducement of striped knife-jaw, *Oplegnathus fasciatus* by manipulating environmental condition. *Kor. J. Ichthyol.*, 12, 46-53. (in Korean)
- Knights, B. 1987. Agonistic behaviour and growth in the European eel, *Anguilla anguilla* L., in relation to warm-water aquaculture. *J. Fish Biol.*, 31, 265-276.
- Lambert, Y. and J.D. 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.
- Popper, D.M., O. Golden and Y. Shezifi. 1992. Size distribution of juvenile gilthead sea bream (*Sparus aurata*), practical aspects. *Israeli J. Aquacult. Bamidgeh*, 44, 147-148.
- Saclauso, C.A. 1985. Interaction of growth with social behaviour in *Tilapia zilli* raised in three different temperatures. *J. Fish Biol.*, 26, 331-337.
- Saillant, E., A. Fostier, P. Haffray, B. Menu, S. Laureau, J. Thimonier and B. Chatain. 2003. Effects of rearing density, size grading and parental factors on sex ratios of the sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) in intensive aquaculture. *Aquaculture*, 221, 183-206.
- Sunde, L.M., A.K. Imsland, A. Folkvord and S.O. Stefansson. 1998. Effects of size grading on growth and survival of juvenile turbot at two temperatures. *Aquacult. Int.*, 6, 19-32.
- Wallace, J.C. and A.G. Kolbeinshavn. 1988. The effect of size grading on subsequent growth in fingerling Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *Aquaculture*, 73, 97-100.
- Wankowski, J.W.J. and J.E. Thorpe. 1979. Spatial distribution and feeding in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., juveniles. *J. Fish Biol.*, 14, 239-247.
- Waring, C.P., R.M. Stagg and M.G. Poxton. 1992. The effects of handling on flounder (*Platichthys flesus* L.) and Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *J. Fish Biol.*, 41, 131-144.

---

2004년 4월 16일 접수  
2004년 6월 17일 수리