

# 어류에 있어서의 보상성장과 보상성장의 유용성



조성환  
한국해양대학교 해양과학부  
TEL)051-410-4755  
E-mail)chosunh@hhu.ac.kr

## 1. 서론

과학기술의 발달과 더불어 어로기술이나 어획 기술의 발달 및 양식산업의 발달로 세계수산물 총생산량은 2000년에 약 142백만 톤에 이르렀다. 이중에서도 특히 양식산업에 의한 세계 수산물 총양식생산량은 1970년에는 3.5백만 톤으로 1970년의 세계수산물총생산량 67.4백만 톤의 5.2%에 불과하였으나, 2000년에는 45.7백만 톤으로 2000년 세계수산물 총생산량 142.4백만 톤의 32.1%로 크게 증가한 것으로 나타났다. 따라서, 앞으로도 양식산업에 의한 수산물생산에 대한 의존도는 더욱 높아질 것으로 예상된다 (FAO 2000). 그리고, 국내의 경우 2002년 우리나라 천 해양식생산량을 품종에 따라 구분하면, 해조류가 50만여 톤으로 가장 높은 생산고를 보이며 다음으로 패류가 21만여 톤 및 어류 5만여 톤의 순으로 나타났다. 그러나, 양식생산 가치의 면에서는 어류가 약 37백억 원, 해조류 약 20백억 원 및 패류 약 16백억 원의 순으로 나타나서 (KNSO 2002), 양적인 면에서는 어류양식 생산고가 아주 낮은 비율을 차지하지만, 가치의 면에서

는 어류양식 생산금액이 가장 중요한 위치를 차지하고 있음을 잘 보여주고 있다.

일반적으로 어류양식업의 경우 양식생산비용 중에서 사육중인 어류에 공급되는 사료가 차지하는 비용의 비율이 총생산비용의 50%~60% 이상을 차지하고 있기 때문에, 사육중인 어류의 생존과 성장에 필요한 영양염류를 공급하면서 동시에 최소한의 비용으로 제조된 사료의 개발이 어류양식 산업의 성공여부를 결정짓는다고 하여도 과언이 아닐 것이다. 지금까지 우리나라 어류양식업의 주요 대상종인 넙치와 조피볼락에 있어서 이들 어류의 효율적인 생산을 위한 사료내 주요 영양염류의 요구량 결정, 첨가제 효과, 어분 대체단백질원 평가, 적정 사료공급 횟수와 공급율 등에 관한 다수의 연구가 이미 행해진 바 있다. 국내 어류양식산업의 경우, 연중 어류를 사육·생산하기 위하여 많은 양의 사료를 공급하고 있으나 사료내의 영양염류가 어류의 성장에 효과적으로 이용되지 못한 채 낭비됨으로서 어류양식 생산단가를 상승시키는 결과를 초래하고 있다. 또한 사육중인 어류에 의해 소비되지 않은 사료나 혹은 어류의 성장이나 신진대사작용에 효율적으로 이용

되지 않은 채 배설된 사료내의 영양염류들이 자연환경에 부분별하게 배출됨으로서 수질환경오염의 원인이 되어서 결국 직접적 또는 간접적으로 사육 중인 어류의 대량폐사나 생산성 감소의 원인이 되기도 한다.

보상성장 (Compensatory growth)이라 함은 “일정 기간 동안 성장이나 신진대사작용에 필요한 영양염류의 공급을 받지 못하였던 어류가 다시 충분한 양의 영양염류를 사료나 다른 형태로 공급받게 됨으로서 짧은 시간 내에 보통의 성장이나 혹은 대조구의 성장보다 빠른 성장을 이루는 현상”을 일컫는다. 자연상태에 있어서 어류의 경우 먹이를 일정 기간동안 먹지 못하는 현상은 흔히 일어나는 것이기 때문에 많은 종류의 어종들이 일정한 기간동안 절식에 상당히 잘 견디는 것으로 알려져 있다.

우리나라 주요 양식대상어종의 대부분은 늦봄에서부터 초가을 사이에 빠른 성장을 이루어야 하지만, 이러한 시기 중에는 적조나 냉수대가 빈번하게 출현한다. 따라서 사육중인 어류의 대량폐사나 또는 폐사를 줄이기 위해 사료공급을 중단하게 되고, 사육중인 어류의 성장정지로 인하여 경제적인 손실은 아주 심각하다. 또한 우리나라의 겨울철 긴 저수온기 동안에는 어류의 성장이 느려지기 때문에, 적은 양의 사료를 공급해 주어야 함에도 불구하고 빠른 성장을 유도하기 위한 목적으로 저수온기에도 필요 이상의 사료를 과잉공급하고 있는 실정이다. 따라서 이러한 시기에는 일정기간 동안 어류를 절식시킨 채로 유지한 후 정상적인 환경조건이나 또는 성장에 유리한 환경조건이 될 때 적절한 양과 품질의 사료를 공급함으로써 어류의 보상성장을 이루어 양식장 경영비와 사료낭비에 따른 경제적 손실을 크

게 줄이며 어류의 절식기간 동안 신진대사작용저하에 따른 배설물 감소로 인한 수질오염원을 크게 줄일 수 있을 것이다. 여러 종류의 어류에 있어서 보상성장의 가능성과 유용성에 관한 연구들이 외국의 경우 이미 많이 보고 된 바 있으나 국내의 경우 아주 드물다. 따라서 이제까지 보고된 보상성장의 가능성과 유용성을 어종별로 구분하여 소개하고자 한다.

## 2. 냉수성어류

어류에 있어서의 보상성장에 관한 초기의 연구는 대부분 연어류나 송어류를 이용하여 실시하였다. 그러나 이들의 대부분은 일정한 사육실험기간 동안에 있어서 사료의 공급기간이나 방법 (예를 들면 사육실험 기간내에서 절식과 사료 공급기간이나 순서를 다르게 함)을 다르게 하거나 (Dobson and Holmes 1984; Quinton and Blake 1990; Jobling et al., 1993) 또는 사료의 공급량을 제한적으로 한 이후 다시 사료를 충분히 공급할 때 보상성장성의 가능성 (Weatherley and Gill 1981; Jobling et al., 1994; Jobling and Koskela 1996)에 관하여 서술하고 있다. 그리고 어체의 크기 (연령)가 작은 개체일수록 절식 기간에 따른 어류의 민감도가 높은 것으로 나타났다 (Bilton and Robins 1973). 그러나 이들 대부분의 연구에서는 사료의 재공급 시 과잉의 사료를 공급함으로써 실험 종료시 사료전환효율이 낮거나 또는 실험종료 시 단순히 어체중 증가만을 비교하고 있어서 절식이나 또는 사료공급 이후 일어나는 어체내의 생화학적 변화나 이에 관여하는 요인 등에 대한 결과가 거의 없어서 보상성장의 가능성과 유용성을 과학적으로 증명하기에는 자료가

부족한 실정이다.

### 3. 온수성어류

최근 온수성어종을 이용하여 어류의 보상성장 가능성과 유용성에 관한 연구가 많이 보고 되고 있다. 채널메기를 이용하여 겨울철 일정기간동안 절식 이후 사료를 공급할 때 일어나는 어체내의 생화학적 변화 및 보상성장 (Kim and Lovell 1995), 절식과 보상성장 동안 야기되는 채널메기의 생화학적 변화 및 생체지수 변화 (Gaylord and Gatlin 2000), 채널메기 보상성장 극대화를 위한 사료 개발 (Gaylord and Gatlin 2001) 등에 관한 연구가 진행된 바 있다. Gaylord and Gatlin (2000)에 따르면 채널메기의 경우, 4주간 절식 이후 10주 동안 사료를 반복시까지 공급하였지만 절식기간이 너무 길어서 매일 사료를 공급한 대조구에서의 채널메기 성장보다 느린 성장을 보여

서 완전한 보상성장을 이루지는 못하였으며, 간체장지수 (Hepatosomatic index)가 어류의 보상성장 가능성을 나타내는 좋은 지표가 될 수 있다고 보고하였으며, 절식기간에 비례하여 간체장지수도 감소하는 것으로 나타났으며, 이와 유사한 결과가 여러 종류의 어류에서 보고 되어졌다. 그리고 어류의 식성에 따른 보상성장의 차이를 보였는데, 육식성 어류인 three-spined stickleback (큰가시고기의 일종)과 초식성 어류인 minnow (피라미류의 일종)를 이용하여 사료공급방법과 공급량을 유사하게 해 주었을 경우 (Table 1), three-spined stickleback은 minnow보다 다소 빠른 성장을 보였으나 minnow는 2주까지 절식시킨 후에 사료를 공급한 실험구에서의 어류 성장이 매일 사료를 공급한 대조구에서의 어류 성장과 유사하였고, three-spined stickleback의 경우에는 1주 절식 후 사료를 공급한 실험구에서의 어류 성장이 매일 사료를 공급한 대조구에서의 어류 성장과

Table 1. Specific growth rate, total food consumption and gross growth efficiency over a 6 week period in three groups of (a) juvenile three-spined sticklebacks and (b) minnow subjected to different periods of starvation (Mean  $\pm$  S.E.) (Zhu et al., 2001로부터 인용)

| Group                        | Weeks of starvation | Weeks of feeding | Specific growth rate | Total feed consumption (mg) | Growth efficiency (%) |
|------------------------------|---------------------|------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------|
| (a) Three-spined stickleback |                     |                  |                      |                             |                       |
| Control                      | 0                   | 6                | 2.15 $\pm$ 0.13      | 1380 $\pm$ 120              | 20.3 $\pm$ 0.8        |
| S1                           | 1                   | 5                | 1.80 $\pm$ 0.12      | 1222 $\pm$ 59               | 19.3 $\pm$ 1.3        |
| S2                           | 2                   | 4                | 1.37 $\pm$ 0.19      | 1130 $\pm$ 129              | 18.7 $\pm$ 0.6        |
| (b) Minnow                   |                     |                  |                      |                             |                       |
| C                            | 0                   | 6                | 0.39 $\pm$ 0.05      | 597 $\pm$ 38                | 6.8 $\pm$ 0.7         |
| S1                           | 1                   | 5                | 0.38 $\pm$ 0.03      | 595 $\pm$ 71                | 6.6 $\pm$ 0.8         |
| S2                           | 2                   | 4                | 0.30 $\pm$ 0.04      | 525 $\pm$ 51                | 5.7 $\pm$ 0.6         |

Table 2. Weight gain, specific growth rate (SGR) and feed efficiency ratio (FER) in juvenile flounder fed daily for 8 weeks (C), 7 weeks after 1 week starvation (S1), 6 weeks after 2 weeks starvation (S2), 5 weeks after 3 weeks starvation (S3) and 4 weeks after 4 weeks starvation (S4) during spring season

| Treatments | Initial weight (g/fish) | Final weight (g/fish) | Weight gain (g/fish)    | SGR                      | FER                      |
|------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| C          | 53.8±0.28               | 78.0±4.30             | 24.2±4.19 <sup>ab</sup> | 0.77±0.112 <sup>b</sup>  | 0.89±0.085 <sup>b</sup>  |
| S1         | 54.0±0.27               | 79.0±4.65             | 25.1±4.58 <sup>ab</sup> | 0.90±0.137 <sup>ab</sup> | 1.03±0.011 <sup>ab</sup> |
| S2         | 53.9±0.28               | 84.0±1.49             | 30.2±1.64 <sup>a</sup>  | 1.24±0.057 <sup>a</sup>  | 1.22±0.062 <sup>a</sup>  |
| S3         | 53.7±0.34               | 72.5±2.07             | 18.8±2.27 <sup>bc</sup> | 1.00±0.103 <sup>ab</sup> | 0.97±0.046 <sup>ab</sup> |
| S4         | 53.9±0.20               | 65.9±1.06             | 11.9±1.09 <sup>c</sup>  | 0.83±0.070 <sup>b</sup>  | 0.97±0.068 <sup>ab</sup> |

유사하였지만, 2주 절식 후 사료를 공급한 실험구에서의 어류 성장은 대조구에서의 어류 성장보다 유의적으로 낮은 성장을 보여 어류의 식성에 따른 보상성장의 차이를 보였다 (Zhu et al., 2001).

국내의 경우에는 아직까지 어류의 보상성장을 이용하여 어류의 생산성을 향상시키기 위한 연구는 거의 행해진 바 없으나, 최근 넙치 유어를 이용하여 봄철 동안 2주 절식 후 사료를 공급한 실험구에서의 성장이 매일 사료를 공급한 대조구에서의 성장과 유사한 성장을 보인 연구결과 (Cho and Lee 2002)가 보고 된 바 있다 (Table 2).

동일 어종 내에서도 사육수온별 보상성장의 가능성이 다를 것이기 때문에 비슷한 크기의 넙치 유어를 이용하여 여름철 동안의 보상성장 가능성을 평가하였으며, 여름철 동안 어류의 신진대사 작용이 빨라지는 시기에 있어서는 Cho and Lee (2002)의 결과와는 달리 1주 절식 후 사료를 공급한 실험구에서의 어류 성장이 대조구에서의 성장과 유사하였다. 또한 1주 이상의 절식후 사료를 공급한 실험구에서의 성장은 대조구에 비하여 유의적으로 떨어지는 결과 (미발표)를 보여 사육

수온에 따른 어류의 보상성장 차이를 보였다.

Ruede et al., (1998)에 의하면 붉돔에 있어서 절식 기간에 비례적으로 어체중 감소가 관찰되었고 어체내 영양염류 중에서, 특히 지질이 절식 기간과 비례적으로 감소한다고 보고하였으며 유사한 결과가 다른 어류에서도 많이 보고 된 바 있다. 그리고 Meton et al., (2003)에 따르면 gilthead seabream에서의 절식과 사료 재공급시간 (liver)에서의 해당작용 (glycolysis)과 glycogen합성 (glycogenesis)에 관여하는 효소변화와 채널메기에서의 혈장 갑상선호르몬 변화 (Gaylord et al., 2001)에 대한 연구를 실시하여 어류의 보상성장에 관여하는 주요 요인들에 대한 결과를 보고하였다. 따라서 이러한 결과를 잘 고려하여 현재 국내에서 양식되고 있는 어류에 이용하면 어류의 생산성 향상뿐만 아니라 저비용생산의 어류 양식이 가능할 것이다.

#### 4. 아열대성(열대성) 어류

아열대성어류인 gibel carp (Qian et al., 2000; Xie et al., 2001)과 hybrid tilapia, *Oreochromis*

Table 3. Body weight at different stages of the experiment in gibel carp deprived of food for different periods during weeks 1-4 and refed to satiation during weeks 5-8 of the experiment (Mean±S.E.) (Qian et al., 2000 인용)

| Duration of deprivation (weeks) | Weeks of feeding (weeks) | Initial weight (g) | Weight before realimentation (g) | Final weight (g)     |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------------------------|----------------------|
| 0                               | 8                        | 3.6±0.0            | 6.2±0.2 <sup>a</sup>             | 7.7±1.0 <sup>a</sup> |
| 1                               | 7                        | 3.7±0.0            | 5.1±0.1 <sup>b</sup>             | 8.4±0.4 <sup>a</sup> |
| 2                               | 6                        | 3.7±0.1            | 4.8±0.1 <sup>c</sup>             | 8.4±0.4 <sup>a</sup> |
| 4                               | 4                        | 3.8±0.1            | 3.6±0.0 <sup>d</sup>             | 6.0±0.5 <sup>b</sup> |

*mossambicus* × *O. niloticus* (Wang et al., 2000)에 있어서 절식기간에 비례하여 어체중이 감소하였으며, 어체내의 지질 함량이 절식기간과 비례적으로 감소한다고 보고하였으며 이들 어류에 있어서 각각 2주와 1주 절식 이후 사료를 반복으로 공급할 경우 매일 사료를 공급한 대조구에서의 어류 성장과 유사하였다.

Qian et al., (2000)에 의하면 25°C에서 사육한 gibel carp을 이용하여 사료 (35% 단백질, 7.8% 지질 및 15.4 kJ/g 에너지 함유)를 공급할 때, 1주와 2주 절식 후 사료를 공급한 실험구에서 모두 보상성장이 관찰되었으며 (Table 3), 이러한 보상성장은 절식기간 동안의 어류 활동성 저하나 또는 사료 공급시 사료내 영양염류 (단백질과 에너지)의 소화율 상승에 의한 것이 아니고 사료전환효율 증가와 영양염류의 전환을 및 체내축적을 (retention) 증가에 의한 것이라고 설명하였다.

Nile tilapia 유어를 이용하여 6주 동안 사료를 어체중의 3%를 공급하면서 6주간의 주별 사료공급방법 (6주간 매일 사료공급, 1주 절식후 5주 사료공급, 2주 절식후 4주 사료공급, 3주 절식후 3주 사료공급, 4주 절식후 2주 사료공급 및 5주

절식 후 1주 사료공급)과 6주간의 일별 사료공급방법 (1일 절식후 1일 사료공급, 2일 절식후 2일 사료공급, 3일 절식후 3일 사료공급, 4일 절식후 4일 사료공급, 5일 절식후 5일 사료공급, 6일 절식후 6일 사료공급 및 7일 절식후 7일 사료공급)을 달리 하여 nile tilapia에 있어서의 보상성장 가능성을 평가하였다 (Cho 2004; Cho and Jo 2004). 6주간 주별 사료공급방법을 달리한 경우 매일 사료를 공급한 실험구에서의 어체중증가는 다른 실험구에서의 어체중증가보다 약 2배 정도 높았으며, 1주 절식후 5주 사료공급구에서도 nile tilapia의 보상성장은 관찰되지 않았다. 또한 일별 사료공급을 달리한 경우에도 대조구에서의 어체중증가는 다른 실험구에서의 어체중증가보다 훨씬 높은 것으로 나타났는데, 이와 같이 nile tilapia에 있어서 보상성장이 관찰되지 않은 것은 아마도 제한적인 사료공급 (어체중의 3% 공급)에 기인한 것으로 생각된다. 따라서 보상성장을 유도하기 위해서는 절식 이후 어류가 필요로 하는 영양염류를 충분히 섭취할 수 있도록 충분한 양(만복)의 사료를 공급해 주어야 할 것이다.

## 5. 결 론

어류에 있어서 보상성장 가능성은 어종, 어체 크기(연령), 사료공급과 절식기간의 간격, 사료공급량 및 횟수, 사료 품질 또는 사육 실험기간에 따라서 다르긴 하지만 대부분 어류들에서 1~4 주 동안의 절식 이후에도 충분한 양의 사료를 재공급할 경우 보상성장을 이루며, 그 이상 장기간의 절식 이후에는 사료를 재공급하여도 절식기간 동안 높은 사망률을 보이거나 혹은 사료공급 이후 장기간 절식동안 정지되었던 성장의 회복 속도가 대조구의 성장 속도에 비해서 훨씬 떨어져서 보상성장의 효과를 충분하게 이루지 못하였다. 또한 어류에 있어서 일정기간 절식 이후 사료를 재공급하여 보상성장을 이룰 경우 사료 재공급 초기에는 과잉 양의 사료를 섭취 (Hyperphagia, 과식)하는 현상을 보이기 때문에 보상성장을 이루는 기간 동안의 사료 총섭취량이 매일 사료를 공급한 대조구에서 어류의 사료 총섭취량보다 적은 지의 여부는 아직까지 정확하게 밝혀지지 않고 있다. 하지만 분명한 것은 절식이후 사료를 공급할 경우 어류의 활발한 사료섭취활동과 사료내 영양염류의 전환을 및 축적을 상승은 나타났다. 어류의 절식시 발생하는 어체내의 지질 함량이 가장 우선적으로 감소하는 여러 연구결과를 미루어 보아서 사료재공급시 보상성장을 효율적으로 이루기 위해서는 사료내의 특정 영양염류의 효율적인 전환도 고려해주어야 할 것이다.

그리고 일정기간 절식이후 사료 재공급시 빠른 성장을 이루는 어류의 보상성장에 관여하는 호르몬은 최근 연구결과에 따르면 몇 가지가 알려져 있는데 그중에서도 insulin과 glucagon은 지질과 탄수화물대사 및 성장, 갑상선호르몬은 성장 및

에너지 이용성과 insulin-like growth factor (IGF) axis는 골격 성장 및 영양염류의 역할 (분배)에 관여한다고 보고 되어 있다.

어류의 보상성장 가능성과 유용성은 우리나라의 긴 겨울철이나 또는 여름철 적조나 냉수대의 출현으로 인하여 절식시켜야만 하는 경우에 있어서 어류의 생산성을 향상시킬 수 있는 새로운 어류의 양식방법으로서 개발 가능할 것으로 생각된다. 따라서 양식하고자 하는 어류의 생리·생태학적인 특성 및 영양학적 요구량을 잘 고려하여 어류의 보상성장 가능성 및 유용성을 평가하여 어류의 생산성을 향상시켜 양식어민들의 소득 증대에 기여할 수 있을 것이다. 그리고 어류에 있어서 보상성장은 양식산업현장에서도 어민들이 비교적 쉽게 적용시킬 수 있는 어류 양성기술로서 개발 가능할 것이지만 보다 정확하고 체계적인 연구들이 수행되어야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- Bilton, H.T. and G.L. Robins, 1973. The effects of starvation and subsequent feeding on survival and growth of fulton channel sockeye salmon fry. *J. Fish. Res. Board Can.*, 30(1), 1~5.
- Cho, S.H. and J.K. Lee, 2002. Compensatory growth in juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) in the spring. *J. Fish. Sci. Tech.*, 5(2), 122~126.
- Cho, S.H., 2004. Effect of weekly feeding strategy on growth and feed efficiency ratio of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in the recirculating system. *J. Fish. Sci. Tech.*, (submitted)

- Cho, S.H. and J. Jo., 2004. Effect of repeated daily starvation and feeding on growth of young Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. in a recirculating system. J. Fish. Sci. Tech., (submitted)
- Dobson, S.H. and R.M. Holmes, 1984. Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* R. J. Fish Biol., 25, 649~656.
- FAO (Food and Agriculture Organization), 2000. Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistics Unit. Fishstat Plus version 2.3
- Gaylord, T.G. and D.M. Gatlin, 2000. Assessment of compensatory growth in channel catfish *Ictalurus punctatus* R. and associated changes in body condition indices. J. World Aqua. Soc., 31(3), 326~336.
- Gaylord, T.G. and D.M. Gatlin, 2001. Dietary protein and energy modifications to maximize compensatory growth of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Aquaculture 194(3-4), 337~348.
- Gaylord, T.G., D.S. MacKenzie and D.M. Gatlin, 2001. Growth performance, body composition and plasma thyroid hormone status of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) in responses to short-term feed deprivation and refeeding. Fish. Physiol. Bioch., 24, 73~79.
- Jobling, M., E.H. Orgensen and S.I. Siikavuopio, 1993. The influence of previous feeding regime on the compensatory growth response of maturing and immature Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. J. Fish Biol., 43, 409~419.
- Jobling, M., O.H. Meloy, J.D. Santos and B. Christiansen, 1994. The compensatory growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history. Aquac. Int., 2(2), 75~90.
- 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(4), 658~667.
- Kim, M.K. and R.T. Lovell, 1995. Effect of restricted feeding regimes on compensatory weight gain and body tissue changes in channel catfish *Ictalurus punctatus* in ponds. Aquaculture 135, 285-293.
- KNSO (Korea National Statistical Office), 2002. KOSIS Statistical DB, DaeJeon, Korea.
- Meton, I., F. Fernandez and I.V. Baanante, 2003. Short and long-term effects of refeeding on key enzyme activities in glycolysis -gluconeogenesis in the liver of gilthead seabream (*Sparus aurata*). Aquaculture, 225, 99~107.
- Qian, X., Y. Cui, B. Xiong and Y. Yang, 2000. Compensatory growth, feed utilization and activity in gibel carp, following feed deprivation. J. Fish Biol., 56, 228~232.
- Quinton, J.C. and R.W. Blake, 1990. The effect of feed cycling and ration level on the compensatory growth response in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. J. Fish Biol., 37(1), 33~41.
- Rueda, F.M., F.J. Martinez, S. Zamora, M. Kentouri and P. Divanach, 1998. Effect of fasting and refeeding on growth and body composition of

- red porgy, *Pagrus pagrus* L. Aqua. Res., 29(6), 447~452.
- Wang, Y., Y. Cui, Y. Yang and F. Cai, 2000. Compensatory growth in hybrid tilapia, *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*, reared in seawater. Aquaculture 189, 101~108.
- Weatherley, A.H. and H.S. Gill, 1981. Recovery growth following periods of restricted rations and starvation in rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson. J. Fish Biol., 18, 195~208.
- Xie, S., X. Xhu, Y. Cui, R.J. Wootton, W. Lei and Y. Yang, 2001. Compensatory growth in the gibel carp following feed deprivation: temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed intake and body composition. J. Fish Biol., 58, 999~1009.
- Zhu, X., Y. Cui, M. Ali and R.J. Wootton, 2001. Comparison of compensatory growth responses of juvenile three-spined stickleback and minnow following similar food deprivation protocols. J. Fish Biol., 58, 1149-1165.