

동절기 배합사료 공급 횟수가 황복(*Takifugu obscurus*) 치어의 성장과 체조성에 미치는 영향

강희웅 · 조재권 · 손맹현 · 홍창기[†] · 박종연
(국립수산과학원 남서해수산연구소)

Effect of Feeding Frequency on Growth and Body Composition of Juvenile River Puffer, *Takifugu obscurus* in Winter season

Hee Woong KANG · Jae Kwon CHO · Maeng Hyun SON · Chang Gi HONG[†] · Jong Youn PARK
(Southwest Sea Fisheries Research Institute, NFRDI)

Abstract

To survey the most feeding frequency of formulated diet as food for cultured puffer in winter season, we performed a rearing test using juveniles of river puffer, *Takifugu obscurus* (body weight 15.0 g) for 120 days. The feeding frequencies were set up as 2times/1day, 2times/2days, 2times/3days and 2times/4days. We tested triplicately the experiment and investigated survival rate, daily food intake (DFI), feed efficiency (FE), condition factor (CF), daily growth rate (DGR). Consequently, growth was increased following to an increasing of feeding frequency, was the fast in 2times/1day of feeding frequency, and was the slowest in 2times/4days ($p < 0.05$). DFI and CF were increased following to an decreasing of feeding frequency and was the highest in 2times/4days of feeding frequency. FE was decreased following to an decreasing of feeding frequency, and was the highest in 2times/1day of feeding frequency. In a proximate carcass composition at the final day, moisture and crude lipid contents were the lowest in 2times/4days, and in survival, there was not any significant difference among experimental groups. Therefore, we concluded that the 2times/2days are the best of feeding frequency for economical benefit of river puffer culture in winter season.

Key words : *Takifugu obscurus*, Feeding frequency, Growth, Body composition

I. 서론

황복(*Takifugu obscurus*)은 복어목(*Tetraodontiformes*) 참복과(*Tetraodontidae*)의 어류로써 자주복(*Takifugu rubripes*), 참복(*Takifugu chinensis*) 등과 더불어 복어류 중 최고급 어종에 속한다(Kang et al., 2006). 황복은 특이한 생태습성 때문에 산란기인 4-6월에만 강으로 올라와 어획되어 식용으로 이용되고

있어 자원량이 더욱 감소하고 있으나, 최근에는 양식방법이 개발되어 생산량 증가로 양식산 황복을 연중 먹을 수 있게 되었다(Kang et al., 2006).

어류양식에서 사료공급은 대상종의 사육환경과 밀접한 관련이 있고, 그 중 수온은 성장에 관여하는 주요 요소 중 하나이다(Horning & Pearson, 1973). 사료의 적정 공급횟수와 공급률은 대상종의 크기와 사육환경에 따라 변하며(De Silva &

[†] Corresponding author : 061-690-8968, cknara@naver.com

* 이 연구는 국립수산과학원(RP-2015-AQ-028)의 지원에 의해 수행되었습니다.

Anderson, 1995), 수온은 사료섭취량과 어체내 에너지대사 속도에 영향을 미쳐 양성과정에서 사육 수온에 따른 사료공급계열 연구는 매우 중요하다 (Kim et al., 2005).

지금까지 황복에 대한 연구는 생식생물학(Jang et al., 1999a; Jang et al., 1999b), 환경생리(Kim et al., 1996; Kim et al., 1997), 발생(Jang et al., 1996; Yang & Chen, 2005; Byeon et al., 2011), 초기 사육(Kang et al., 2004), 세포유전학(Park et al., 1997), 양식산 황복의 배란유도(Yang & Chen, 2003), 저염분 사육 황복의 성숙과 산란(Kang et al., 2008), 양식산과 자연산의 품질 비교(Kang et al., 2007) 등의 다수 보고가 있으나 월동기 적정 사료공급에 대한 연구는 없다.

수온은 어류의 신진대사 활동을 조절하고 모든 어종은 성장에 적합한 최적 온도범위가 있으며 (Person-Le Ruyet et al., 2006; Wang et al., 2009), 황복은 온수성 어류로서 높은 사육수온(23~28℃)에서 빠른 성장을 보이며, 23℃ 전후가 적정 성장수온으로 알려져 있다. 우리나라 서해안의 육상수조식 양식은 12월에서 다음해 4월까지 5개월간 가온사육이 필요하며, 양식비용 중 연료비 부담이 다른 경비에 비해 높은 비율을 차지하여, 낮은 수온에서 월동관리를 하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 황복 사육(월동기)에 있어 사육관리 시간 및 수질오염을 줄이는 배합사료 공급체계를 설정하는데 필요한 기초자료를 제공하여 경제적인 월동조건을 구명하고자 저수온기(12℃ 전후)에 배합사료 공급 횟수의 영향을 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험어 및 사육환경

실험어는 2006년도 자연산 어미에서 채란하여 경기도 김포시 소재 민간종묘배양장에서 생산된 인공종묘를 이용하였다.

실험구는 1일 2회, 2일 2회, 3일 2회, 4일 2회 공급구의 4개구로 3반복으로 설정하였으며, 실험어 크기는 체장 7.72~7.79 cm, 체중 15.04~15.52 g 이었다. 사육밀도는 1,000 L FRP 사각수조(수용적 860 L)에 각각 40마리씩 수용하였다. 사육실험은 2006년 11월 24일~2007년 3월 24일까지 120일간 실시하였다. 공급한 사료는 SCF(주)사에서 판매하는 침강 황복사료(조단백질 45% 이상, 조지방 4.0% 이상, 조섬유 5.0% 이상, 조회분 20.0% 이하, 칼슘 1.20% 이상, 인 2.70% 이하)였다. 사료공급은 해당일의 09:00, 16:00시에 전 개체가 반복되도록 공급하였다. 사육수온은 수조에 2KW 히터를 설치하여 12℃를 유지하였고, 염분, DO, pH는 매일 측정하였으며, NH₄-N와 NO₂-N는 1주일 간격으로 간이수질분석키트(Merck Co., Germany)를 이용하여 측정하였다. 사육수는 모래여과 해수를 4~5회전/일 되게 유수시켰으며, 1일 1회 저면을 사이펀으로 청소하여 배설물을 제거하였다.

2. 성장, 사료효율, 비만도, 생존율 조사

실험 종료시 일간길이성장률(daily growth rate for body length; DGRL), 일간중량성장률(daily growth rate for body weight; DGRW), 증중량, 일간사료섭식율(DFI), 사료효율(FE), 비만도(CF)를 조사하였고, 생존율은 폐사개체를 매일 조사하여 실험종료시 누적 개체를 환산하여 계산하였다.

3. 일반성분 분석

총어체의 성분은 실험종료시 각 실험구에서 10마리씩 무작위 채취하여 -75℃로 냉동보관 후 분석하였다. 어체의 수분은 105℃의 dry oven에서 6시간 동안 건조 후 측정하였으며, 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System(VAP500T/TT125, Gerhard)을 사용하여 분석하였다. 조지방은 ether로 추출하여 측정하였으며, 조회분은 550℃의 회화로에서 4시간 동안 태운 후 측정하였다.

4. 통계처리

결과의 통계처리는 SPSS-PC 통계패키지를 이용하여, one-way ANOVA 및 Duncan's multiple range test에 의하여 분석하였다.

pH는 7.1~7.2, DO는 9.9~10.0 mg/L로 차이가 없었으며, NH₄-N과 NO₂-N은 검출되지 않아 양호한 수질환경을 나타내었다(<Table 1>).

Ⅲ. 결 과

1. 사육수의 수질환경

사육시험 120일 동안 전 실험구의 염분은 31.3,

2. 성장

체장은 1일 2회와 2일 2회 공급구에서 각각 8.04 cm, 8.03 cm로 차이가 없었으며, 3일 2회와 4일 2회 공급구의 7.79 cm, 7.75 cm와는 성장차이가 유의하게 나타났다(<Table 2>).

<Table 1> Variation in Water Quality Parameter of Experiment Group

Parameter	Feeding frequency			
	2times/day	2times/2days	2times/3days	2times/4days
Salinity (‰)	31.3±0.2	31.3±0.2	31.3±0.2	31.3±0.2
pH	7.2±0.4	7.2±0.4	7.1±0.4	7.1±0.4
Dissolved oxygen (mg/L)	10.0±1.0	9.9±1.0	9.9±1.0	9.9±0.9
Ammonia-nitrogen (mg/L)	0	0	0	0
Nitrite-nitrogen (mg/L)	0	0	0	0

<Table 2> Growth, Feed Utilization and Survival of *T. obscurus* under Different Feeding Frequencies for 120 Days (Mean±SE)

Measurements	Feeding frequency ¹			
	2times/day	2times/2days	2times/3days	2times/4days
Initial body length (cm)	7.79±0.05	7.67±0.05	7.72±0.06	7.73±0.06
Final body length (cm)	8.04±0.06 ^a	8.03±0.05 ^a	7.79±0.06 ^b	7.75±0.06 ^b
Initial body weight (g)	15.52±0.35	15.35±0.31	15.10±0.35	15.04±0.32
Final body weight (g)	19.02±0.47 ^a	18.01±0.38 ^a	16.24±0.37 ^b	15.17±0.33 ^b
DGR _L (%) ²	0.005±0.001 ^{ab}	0.008±0.001 ^a	0.002±0.001 ^{bc}	0.000±0.001 ^c
DGR _w (%) ³	2.76±0.26 ^a	1.71±0.12 ^b	0.95±0.28 ^{bc}	0.25±0.30 ^c
Weight gain (g/fish)	3.50±0.21 ^a	2.66±0.12 ^b	1.14±0.34 ^c	0.13±0.12 ^d
Daily feed intake (%) ⁴	0.79±0.01 ^c	1.46±0.02 ^b	1.55±0.04 ^b	1.85±0.08 ^a
Feed efficiency (%) ⁵	20.26±1.76 ^a	14.22±0.94 ^a	11.65±3.24 ^{ab}	3.56±2.25 ^b
Condition factor ⁶	11.26±0.17 ^b	11.30±0.16 ^b	12.20±0.20 ^a	12.25±0.19 ^a
Survival rate (%)	97.50±1.44	96.70±0.83	100±0.00	98.40±1.67

¹Means with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

²Daily growth rate in body length = (ln final body length - ln initial body length) × 100/days.

³Daily growth rate in body weight = (ln final weight - ln initial weight) × 100/days.

⁴Feed in take (dry matter) × 100 / [(initial fish weight + final fish weight + dead fish weight) × days fed / 2].

⁵Fish wet weight gain × 100 / feed intake (dry matter).

⁶Fish weight × 100 / body length³.

체중의 경우, 1일 2회 공급구와 2일 2회 공급구는 각각 19.02 g, 18.01 g으로 차이가 없었으며, 3일 2회 공급구와 4일 2회 공급구의 16.24 g, 15.17 g과는 유의한 차이가 나타나 체중은 체장과 동일한 경향을 보였다. 일간길이성장률(DGRL)에 있어서도 1일 2회, 2일 2회 공급구에서는 각각 0.005%, 0.008%로 증가하였고, 일간중량성장률(DGRW)은 1일 2회 공급구가 2.76%로 가장 양호한 성장을 보였으며, 4일 2회 공급구가 0.25%로 가장 낮은 성장률을 나타내었다(<Table 2>).

증중량은 1일 2회 공급구가 3.50 g, 2일 2회 공급구 2.66 g, 3일 2회 공급구 1.14 g, 4일 2회 공급구가 0.13 g으로 실험구간 유의한 차이가 나타났다(<Table 2>).

3. 일간사료섭식율

일간사료섭식율(DFI)은 매일 사료를 공급한 1일 2회 공급구에서 0.79%로 가장 낮았으며, 2일 2회 공급구 1.46%와 3일 2회 공급구 1.55%는 차이가 없었고, 4일 2회 공급구에서는 1.85%로 가장 높게 나타나 사료공급 간격이 길어질수록 일간사료섭식율은 증가하였다(<Table 2>).

4. 사료효율

사료효율(FE)은 1일 2회 공급구 20.26, 2일 2회 공급구 14.22, 3일 2회 공급구 11.65, 4일 2회 공급구 3.56%로 1일 2회, 2일 2회 공급구와 4일 2회 공급구간에 유의적인 차이가 나타났다(<Table 2>).

5. 비만도

비만도(CF)는 1일 2회 공급구와 2일 2회 공급구가 각각 11.26, 11.30으로 차이가 없었으며, 3일 2회 공급구와 4일 2회 공급구는 각각 12.20, 12.25로 1일 2회 및 2일 2회 공급구 보다 유의적으로 높게 나타났다(<Table 2>).

6. 생존율

120일간 사육 후 실험종료시 최종 생존율은 1일 2회 공급구 97.50%, 2일 2회 공급구 96.70%, 3일 2회 공급구 100%, 4일 2회 공급구 98.40%로 실험구간에 차이가 없었다(<Table 2>).

7. 체조성

사육실험 종료시 전어체의 일반성분 분석결과, 4일 2회 공급구에서 수분 함량이 79.4%로 다른 실험구에 비해 가장 높게 나타났으며, 조단백질 함량은 12.2%로 가장 낮았고, 조지방 함량도 4.8%로 가장 낮은 값을 보였다. 회분 함량에 있어서는 전 실험구에서 유의한 차이를 보이지 않았다(<Table 3>).

IV. 고찰

동절기 황복 치어의 사료 공급횟수의 결정은 성장 및 사료효율 뿐만 아니라 수질오염을 감소시킬 수 있는 중요한 요인 중 하나이다. 본 연구

<Table 3> Body Composition (%) of *T. obscurus* under Different Feeding Frequencies for 120 Days (Mean±SE)

Feeding frequency	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude lipid (%)	Ash (%)
2times/day	74.8±0.8 ^{bc}	13.6±0.1 ^b	7.9±0.6 ^{ab}	2.5±0.1
2times/2days	73.3±1.8 ^c	14.8±0.2 ^a	8.8±1.1 ^a	3.2±0.4
2times/3days	77.7±0.6 ^{ab}	12.8±0.4 ^{bc}	6.1±0.6 ^{bc}	2.7±0.1
2times/4days	79.4±1.0 ^b	12.2±0.1 ^c	4.8±0.8 ^c	2.7±0.4

^a Means with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

에서는 동절기 저수온에서 황복의 경제적인 사육 관리 방안을 제시하고자 배합사료의 공급횟수에 대해 조사하였다. 어류양식에서 사육수온은 대상종의 성장, 성숙, 번식, 대사, 삼투압 조절 등에 영향을 미치는 중요한 요소이다(Davis & Parker, 1990; Ryan, 1995). 양식어류의 최대 성장을 위한 사료의 적정 공급횟수는 대상종, 어체의 크기, 사육환경(수온), 사료내 영양소 종류와 함량 및 사료물성 등에 의해서 영향을 받는다(Wang et al., 2009; Seo et al., 2005). 황복의 성장 적온은 23°C 전후이고, 20°C 이하에서는 성장이 둔화되며, 성장속도도 상대적으로 감소하는 것으로 알려져 있다(Kang et al., 2006; MOMAF, 2007).

본 연구에서 월동기 황복 치어(평균체중 15 g)의 일간길이성장률(DGRL)은 전 실험구간 유의차는 보였으나 12°C의 저수온에서는 느린 성장을 보였다. 일간중량성장률(DGRW)은 일간사료섭식율(DFI)이 가장 낮은 1일 2회 공급구에서 2.76%로 가장 높게 나타났으며, 4일 2회 공급구에서 0.25%를 보여 역상관 관계를 보였다. 넙치, *Paralichthys olivaceus* (평균체중 279 g)의 경우, 월동기 12°C에서 일간성장률은 사료섭식율이 증가함에 따라 직선적으로 증가하는 것으로 나타나 (Kim et al., 2009) 본 연구와는 차이가 있었다.

적정 사료공급률은 양식어종의 크기 및 사육수온에 따라 차이가 나타나는데, 넙치의 경우 어체의 크기가 증가할수록 감소하고 수온이 높을수록 증가하는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2009). 본 연구에서 일간사료섭식율은 전 실험구에서 0.79~1.85%로 사료공급이 제한되어 길어지는 실험구일수록 높아지는 경향을 보여 4일 2회 공급구에서 1.85%로 가장 높게 나타났다. 월동기 사육수온 10°C에서 넙치 치어의 사료섭식율은 0.5% 전후로 본 연구보다는 낮게 나타났다(Kim et al., 2005). 사료섭식율은 대상종의 특성 및 어체의 크기에 따라서도 차이가 나타나지만 수온에 의해 큰 영향을 받으며, 평균체중 102.8 g인 황복 중간어에서는 월동시 동일수온(12°C)에서도 사육밀도

에 의한 영향도 나타났다(MOMAF, 2007).

사료효율은 사료공급 횟수가 1일 2회 공급구에서 20.26%로 가장 높았으며, 사료 공급이 제한된 2일 2회, 3일 2회, 4일 2회 공급구에서는 사료 공급시간 간격이 길어질수록 사료효율이 감소하는 경향을 보여 섭취된 사료의 영양소 중 대부분이 기초대사 유지를 위해 사용되고 나머지 일부분만이 성장을 위해 사용된 것으로 사료되었다. 이러한 결과는 넙치(Kim et al., 2009), 철갑상어, *Acipenser transmontanus* (Hung et al., 1989), gilthead sea bream, *Sparus aurata* (Mihelakakis et al., 2002)에서도 유사한 결과를 보였다.

동절기의 저수온에서 적정 먹이공급 횟수 이상으로 증가시키는 것은 어류 성장의 에너지 요구보다 과잉으로 공급될 수 있으며, 섭취되지 못한 영양소는 수중으로 배출되어 수질오염원이 될 수 있다(Lee et al., 2003). 따라서 월동기의 황복 치어 사육관리에서 먹이공급은 성장에 필요한 영양소 공급 측면보다는 어체 유지(호흡, 이온 및 대사산물 운송 등의 기초대사(Kim et al., 2009)에 필요한 영양소만을 공급하는 것이므로 최소의 사료공급만으로 합리적인 사료공급체계를 밝혀야 한다.

저수온기 넙치의 증체량, 사료효율 및 비만도를 고려할 때 적정 사료 공급횟수는 수온 11~12°C에서 치어(체중 6~13 g, 45~53 g)는 1일 2회, 13°C에서 육성어(체중 117~147g)는 1일 1회, 12°C에서 미성어(평균체중 279 g)는 1일 1회로 모두 만족 공급으로 나타났다(Kim et al., 2005; Kim et al., 2007).

대부분의 어류에서는 사료 공급횟수가 증가할수록 비만도가 증가하는 경향을 보이거나 본 연구에서는 사료공급이 제한된 실험구(3일 2회, 4일 2회 공급구)일수록 비만도가 높게 나타나 타 어종에 비해 황복 치어는 차이를 보였다.

전어체에 대한 수분 함량은 사료공급이 가장 제한된 4일 2회 공급구에서 다른 실험구에 비해 가장 높게 나타났으나, 조단백질 함량과 지질 함

량은 가장 감소하였다. 이러한 결과는 사료 공급 횟수가 많은 실험구일수록 조단백질과 지질 함량의 감소비율이 낮은 결과를 보였으며, 사료공급이 제한될수록 감소비율이 증가하였다. 조피볼락, *Sebastes schlegeli* (Lee et al., 1996), 넙치 (Seo et al., 2005) 은어, *Plecoglossus altivelis* (Yao et al., 1994)의 연구에서도 사료 공급횟수가 증가할수록 어체내 지질 함량은 증가한다고 보고하고 있다.

최근 인건비와 고유가로 인한 생산비가 계속 상승하는 추세이므로 양식에 투자되는 생산비용을 최소화하도록 개선해야 한다. 동절기 황복의 사육관리는 대부분은 낮은 수온(12℃ 전후)에서 장기간 이루어지므로 배합사료 공급횟수를 조절함으로써 인건비와 사육관리시간 및 수질오염을 줄일 수 있다. 이상의 결과로 평균체중 15.0 g 전후의 황복 치어를 월동기(12℃)에 사육할 때 적정 배합사료 공급횟수는 사료비, 인건비, 사육관리시간 및 수질오염 감소 등의 경제적 측면을 고려할 때 2일 2회 공급하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

References

- Byeon, M. S. · Park, J. Y. · Yoon, S. W. & Kang, H. W.(2011). Structure and development of spines over the skin surface of the river puffer *Takifugu obscurus* (Tetraodontidae, Teleostei) during larval growth. *Journal of Applied Ichthyology*, 27, 67~72.
- Davis, K. B. & Parker, N. C.(1990). Physiological stress in striped bass: effect of acclimation temperature. *Aquaculture*, 91, 349~358.
- De Silva, S. S. & Anderson, T. A.(1995). *Fish Nutrition in Aquaculture*, Chapman and Hall. New York, NY, pp.32~24.
- Horning, W. B. & Pearson, R. E.(1973). Growth temperature requirement and lower lethal temperature for juvenile small mouth bass (*Micropterus dolomieu*). *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 30, 1266~1230.
- Hung, S. S. O. · Lutes, P. B. · Conte, F. S. & Storebakken, T.(1989). Growth and feed efficiency of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) subyearling at different feeding rates. *Aquaculture*, 80, 147~153.
- Jang, Y. J. · Lim, H. K. · Chang, Y. J. & Kim, H. S.(1999a). Sperm cryopreservation and fertility of post-thaw sperm in river puffer, *Takifugu obscurus*. *J. Aquaculture*, 12, 1~5.
- Jang, Y. J. · Lim, H. K. · Chang, Y. J. · Kim, H. S. & Hur, H. T.(1999b). Physico-chemical properties and cold storage of river puffer (*Takifugu obscurus*) Milt. *Kor J Fish Aquat Sci.*, 32, 243~246.
- Jang, S. I. · Kang, H. W. & Han, H. K.(1996). Embryonic, larval, and juvenile stages in yellow puffer, *Takifugu obscurus*. *J. Aquaculture*, 9, 11~18.
- Kang, H. W. · Kang, D. Y. · Cho, K. C. · Lee, J. H. · Park, K. J. & Kim, J. H.(2004). Effect of food and salinity on larval growth and survival of the river puffer, *Takifugu obscurus*. *J. Aquaculture*, 17, 221~227.
- Kang, H. W. · Shim, G. B.o · Kang, D. Y. · Cho, K. C. · Song, K. C. · Lee, J. H. · Song, H. I. · Son, S. G. & Cho, Y. J.(2007). Sitological quality evaluation of cultured and wild river puffer, *Takifugu obscurus* (Abe). *J. Aquaculture*, 20, 147~153.
- Kang, H. W. · Chung, E. Y. · Kang, D. Y. · Park, Y. J. · Cho, K. C. · Kim, G. H.(2008). Gonadal maturation and spawning of river puffer, *Takifugu obscurus* indoor cultured low salinity. *J. Aquaculture*, 21, 331~338.
- Kang, H. W. · Lee, J. H. & Lee, J. Y.(2006). *Aquaculture manual of river puffer*. NFRDI, 194PP.
- Kim, G. U. · Jang, H. S. · Seo, J. Y. & Lee, S. M.(2005). Effect 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.
- Kim, K. D. · Kim, K. M. & Kang, Y. J.(2007). Influences of feeding frequency of extruded pellet and moist pellet on growth and body composition of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in suboptimal water temperature. *Fish Sci.*, 73, 745~749.

- Kim, K. D. · Nam, M. M. · Kim, K. W. · Lee, H. Y. · Hur, S. B. · Kang, Y. J. & Son, M. H.(2009). Effects of feeding rate and feeding frequency on growth and body composition of sub-adult flounder *Paralichthys olivaceus* in suboptimal water temperature. Kor J Fish Aquat Sci., 42, 262~267.
- Kim, W. S. · Jeon, J. K. · Lee, S. H. & Hur, H. T.(1996). Effects of pentachlorophenol (PCP) on the oxygen consumption rate of the river puffer fish *Takifugu obscurus*. Mar Ecol Prog Ser., 143: 9~14.
- Kim, W. S. · Kim, J. M. · Yi, S. K. & Hur, H. T.(1997). Endogenous circadian rhythm in the river puffer fish *Takifugu obscurus*. Mar Ecol Prog Ser., 153, 293~298.
- Lee, S. M. · Kim, S. H. · Jeon, I. G. · Kim, S. M. & Jang, Y. J.(1996). Effects of feeding frequency on growth, feed efficiency and body composition of juvenile korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). J. Aquaculture, 9, 385~394.
- Lee, S. M. · Kim, K. D. & Lall, S. P.(2003). Utilization of glucose, maltose, dextrin and cellulose by juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). Aquaculture, 221, 427~438.
- Mihelakakis, A. · Tsolkas, C. & Yoshimatsu, T.(2002). Optimization of feeding rate of hatchery-produced juvenile gilthead sea bream *Sparus aurata*. J. World Aquacult., 33, 169~175.
- MOMAF(2007). Development of the technique of polyculture and winterization in earthen pond system in the Western South Korea. MOMAF, 212pp.
- Park, I. S. · Kim, H. S. · Kim, E. S. · Kim, J. H. & Park, C. W.(1997). Cytogenetic Analysis of River Puffer, *Takifugu obscurus* (Teleostomi : Tetraodontiformes). Kor J Fish Aquat Sci., 30, 40~412.
- Person-Le Ruyet, J. · Buchet, V. · Vincent, B. · Delliou, H. L. & Quemener, L.(2006). Effect of temperature on the growth of pollack(*Pollachius pollachius*) juveniles. Aquaculture. 251, 340~345.
- Ryan, S. N.(1995). The effect of chronic heat stress on cortisol levels in the Antarctic fish, *Pagothenia borchgrevinki*. Experientia, 51, 768~774.
- Seo, J. Y. · Jang, H. S. · Kim, K. D. · Kim, G. U. & Lee, S. M.(2005). Effects of dietary composition, feeding satiation rate and feeding frequency of extruded pellets on growth and body composition of flounder *Paralichthys olivaceus*. J. Aquaculture, 18, 98~106.
- Wang, N. · Xu, X. & Kestemont, P.(2009). Effect of temperature and feeding frequency on growth performances, feed efficiency and body composition of pikeperch juveniles (*Sander lucioperca*). Aquaculture, 289, 70~73.
- Yang, Z. & Chen, Y. F.(2003). Induced ovulation using LHRHa in anadromous obscure puffer *Takifugu obscurus* cultured entirely in freshwater. Fish Physiol Biochem., 29, 323~326.
- Yang, Z. & Chen, Y. F.(2005). Effect of temperature on incubation period and hatching success of obscure puffer *Takifugu obscurus* (Abe) eggs. Aquaculture, 246, 173~179.
- Yao, S. J. · Umino, T. & Nakagawa, H.(1994). Effect of feeding frequency on lipid accumulation in ayu. Fish. Sci., 60, 667~671.

-
- Received : 18 March, 2015
 - Revised : 04 April, 2015
 - Accepted : 08 May, 2015