

어린 송어(*Mugil cephalus*)의 담수사육에서 염분흡착 사료가 성장, 생존율 및 체액의 조성에 미치는 영향

추 청 · 장영진* · 허준욱

부경대학교 양식학과

Effects of Supplemented Salt in the Diet on Survival, Growth and Body Fluid Composition of Juvenile Grey Mullet (*Mugil cephalus*) Reared in Freshwater

Chung Chu, Young-Jin Chang* and Jun-Wook Hur

Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Experimental cohorts of *Mugil cephalus* were divided into 5 groups : seawater-normal feed (SWN), acclimation to freshwater-normal feed (GFWN), acclimation to freshwater-salt feed (GFWS), freshwater-normal feed (FWN) and freshwater-salt feed (FWS). Growth was faster in the SWN, GFWS, and GFWN groups than in the FWS and FWN groups. Condition factor did not differ among the groups. Survival (92 %) of the juveniles was the highest in the GFWS group; however, the others showed no significant difference. Moisture of FWN group was significantly higher than that of SWN group ($P < 0.05$). Potassium concentration was significantly higher in the SWN group than that of others ($P < 0.05$). It was highest (30 mmol/l) among the cohort of SWN.

Key words: Grey mullet, Freshwater acclimation, Osmoregulation, Salt feed

서 론

최근 양식현장에서 새로운 양식품종의 개발에 대한 수요가 급증하고 있어 양식 관련 연구계 및 산업계에서는 넙치, 조피볼락 이외의 어종 개발에 많은 관심을 쏟고 있는 실정이다. 이러한 양식현장의 요구를 충족시키기 위하여 새로운 양식대상 어종이 활발히 거론되고 있으며, 이 중 송어와 농어 등 광염성 해수어류는 폐염전이나 기수지역의 저수지, 심지어 담수 양식장을 이용한 양식도 검토되고 있다.

송어(*Mugil cephalus*)는 농어목 송어과에 속하는 어류로 북위 42°부터 남위 42°까지 전 세계적으로 분포하는 어종이다(Martin and Drewry, 1978). 특히 송어는 영양요구가

낮고 염분의 변화에도 잘 견디는 뛰어난 삼투압 조절능력 때문에 환경변화가 심한 지역에서는 이상적인 양식 대상종으로 거론되어 왔다(Nash and Shehaden, 1980).

어패류의 담수순화나 해수순화는 삼투압 조절에 의한 폐사율과 항상성 유지에 이상이 없다면, 경제적인 이득을 창출할 수 있을 것이다. 따라서 지금까지 경제적인 이익을 목적으로 호르몬 처리(Higgs et al., 1982)와 염분 투여(Salman and Eddy, 1987; Pelletier and Besner, 1992) 등을 포함한 여러 방법으로 연구가 시도되었다. 담수에서 산란된 연어의 해수순화를 위하여 염분을 투여하는 것은 해수어류의 삼투압 조절 능력을 향상시켜 해수로 이동하기 전에 사전 적응시키는 효과를 얻을 수 있다(Salman and Eddy, 1987; Pelletier and Besner, 1992). 송어는 염분변화

*Corresponding author : yjchang@pknu.ac.kr

가 심한 기수지역에 주로 서식하는 어류로서 광범위한 염분에서도 생존이 가능하며(Nash and Shehadeh, 1980), 장등(1996), 이 등(1997), 장과 허(1999) 및 허와 장(1999)은 이 어종이 담수에서도 생존율이 비교적 높다고 하여, 잘 발달된 송어의 삼투압 조절기구를 응용한 담수양식을 권장한 바 있다.

본 연구에서는 송어의 담수사육을 위한 저염분 순화방법과 이에 따른 적응능력을 높이기 위하여 염분을 흡착시킨 사료를 먹이로 주었을 때, 어체의 성장, 생존율, 체액의 이온농도와 체 성분을 분석하여, 비염분사료의 투여 결과와 비교하였다.

재료 및 방법

본 연구에서 사용된 실험어는 해수에서 종묘 생산하여 사육하던 송어 650마리(전장 11.0 ± 0.1 cm, 체중 11.5 ± 0.4 g)로서, 이를 각 실험수조(200 L)에 수용하여 3주간 예비사육하면서 안정시켰다. 실험어를 수조에 수용한 다음 정상적인 섭식활성을 나타냈을 때 실험을 실시하였고, 실험기간은 60일 동안 2반복으로 하였다. 사육 밀도는 실험 개시시 수조당 65마리로 하였다. 사육수의 염분은 해수(33‰)에 담수(0‰)를 순차적으로 첨가하여 휴대용 염분계(ATAGO, Japan)로 측정하면서 실험구별 염분이 유지되도록 조절하였다(Fig. 1).

실험에 사용된 사료로는 시판용 넙치사료에 염분을 0.9

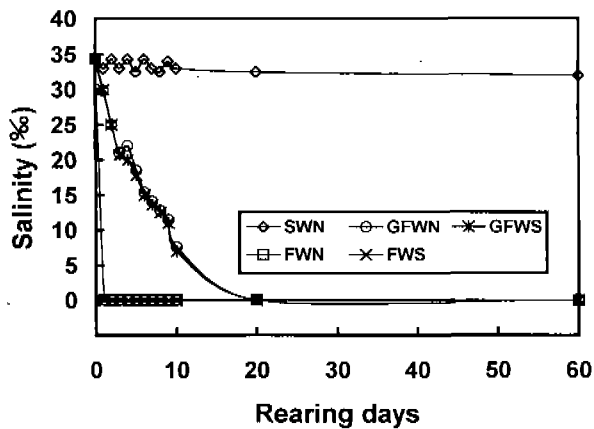


Fig. 1. Changes of salinity in the experimental rearing water. SWN: seawater-normal feed, GFWN: acclimation to freshwater-normal feed, GFWS: acclimation to freshwater-salt feed, FWN: freshwater-normal feed, FWS: freshwater-salt feed.

% 흡착시킨 사료(염분사료)와 염분을 흡착시키지 않은 사료(비염분사료)를 사용하였다. 실험구는 대조구로서 해수구+비염분사료(seawater-normal feed, SWN), 순차적 담수구+일반사료(gradation to freshwater-normal feed, GFWN), 순차적 담수구+염분사료(gradation to freshwater-salt feed, GFWS), 담수구+일반사료(direct freshwater-normal feed, FWN) 및 담수구+염분사료(direct freshwater-salt feed, FWS)로 하였다. 해수구에서 전 실험기간 동안 해수를 흘려주었으며, GFWN과 GFWS구에서는 순차적으로 사육수의 염분을 낮추어 20일 후에 담수로 사육수를 교환하여 이후부터 담수로 유지하였다. FWN구와 FWS구는 1일 후 담수로 사육수를 교환하여 사육하였다. 실험 기간 중 환경요인인 수온과 용존산소량은 각각 $18.2 \sim 18.6^{\circ}\text{C}$, $5.2 \sim 6.2$ ppm으로 유지되었다.

사료는 어체중 3~5%로 매일 아침 1일 공급량만을 냉장고에서 꺼낸 다음, 1일 2~3회로 나누어 공급하였다. 이때 먹은 양을 기록하여 개체당 먹이 섭취량과 증육계수를 구하였다.

실험 기간 중 어체의 전장은 계측판을 사용하여 1 mm 단위까지 측정하였으며, 체중은 전자저울(AND FS-6K, Australia)을 사용하여 0.01 g까지 계량하였다. 실험어의 전장과 체중의 성장도는 실험 개시시와 실험 종료시 측정하였다. 실험 종료시 이들 값으로부터 전장과 체중 성장, 전장성장률(종료시 평균전장-개시시 평균전장 $\times 100$ /개시시 평균전장), 체중성장률(종료시 평균체중-개시시 평균체중 $\times 100$ /개시시 평균체중), 사료 섭취량(사료섭취량 $\times 100$ /사육일수 \times 수용개체수), 증육계수(전체 사료섭취량/증가된 체중) 및 비만도(체중/전장 $\times 1,000$)를 구하였다.

각 실험구의 염분변화에 따른 체액의 삼투질 농도 및 이온농도의 변화를 알아보기 위하여, 실험 개시시와 실험 종료시에 체액을 채취하였다. 샘플시 전 어체를 분석시까지 냉동(-20°C) 보관하였다. 냉동 보관된 어체는 해동시킨 후 근육부분을 절취하여 무게를 측정하고, 잘게 다져서 근육무게에 2배에 해당하는 탈이온수를 넣고 교반하였다. 이후 냉동과 해동을 반복하여 체액이 용출되도록 한 다음, 원심분리($5,600 \times g$, 5분)하여 채취된 상등액을 분석용 시료로 사용하였다. 체액의 이온농도는 이온측정기(CIBA CORNING M664)로, 삼투질 농도는 삼투압측정기(FISK "OS" Osmometer)로 사용하여 분석하였다.

사료에 첨가된 염분(0.9%)이 어체의 체 성분에 미치는 영향을 파악하기 위해, 실험 종료시 시료를 실험구별로 채

취한 다음, 이후 각 시료를 AOAC (1995) 방법에 따라 수분은 상압가열건조법(105℃, 4시간), 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법(N×6.25), 조지방은 Soxhlex 추출법 (Folch et al., 1957), 조회분은 직접회화법으로 분석하였다.

모든 실험자료에 대하여는 Computer Program Statistix 3.1 (Analytical Software, St. Paul, MN, USA)에 의해 ANOVA를 실시하고, 최소유의차 검정으로 평균간의 유의차(P=0.05) 유무를 파악하였다.

결 과

1. 전장과 체중 성장

실험어의 전장 성장은 Table 1과 같이, 실험 개시시 11.0±0.1 cm이었던 것이 실험 종료시에 SWN, GFWS, GFWN, FWS 및 FWN의 순으로 각각 14.0±0.3, 14.0±0.3, 13.7±0.3, 13.4±1.1 및 13.0±0.3 cm이었다. 이중 가장 성장이 느렸던 FWN는 SWN과 GFWS와 유의한 차이를 보였다(P<0.05). 실험 종료시 전장 성장률(GRL) 역시 SWN, GFWS, GFWN, FWS 및 FWN의 순으로 각각 26.9±0.7, 26.4±0.5, 24.3±1.0, 21.2±0.3 및 18.0±0.4%였다. 그러나 GFWN과 GFWS는 SWN과 비교하여 다소 낮았으나, 유의한 차는 없었다(P>0.05). 그러나 FWN과 FWS는 다른 실험구 보다 유의하게 낮은 성장률을 나타내었다(Table 1).

실험어의 체중은 실험 개시시 11.5±0.4 g이던 것이 실험 종료시에는 SWN에서 18.7±1.2 g이었으며, 다른 실험구에서는 SWN 보다 낮은 성장을 나타냈다. 그러나 순차적 담수로 순화시킨 실험구(GFWN, GFWS)의 해수에서 하루만에 담수로 순화시킨 실험구(FWN, FWS) 보다 성장이 빨랐다(P<0.05). 실험 종료시 체중성장률(GRW)은 SWN에서 가장 높은 91.7±4.3%를 나타낸 반면, FWN에서 40.8±2.9%로 가장 낮았다.

2. 먹이 섭취량, 증육계수 및 비만도

먹이 섭취량, 증육계수 및 비만도는 Table 2에 나타내었다. 먹이 섭취량은 SWN에서 118.8±0.1%로 나타난 반면, GFWN은 122.7±1.0%와 FWS는 122.1±1.1%로서 SWN 보다 높게 나타났(P<0.05). 한편 GFWS와 FWN에서 각각 119.8±0.5%, 117.1±0.9%로 SWN과 유의한 차이를 나타내지 않았다. 증육계수는 FWS, FWN, GFWS, GFWN 및 SWN 순서로 각각 1.8±0.1, 1.7±0.0, 1.7±0.2, 1.5±0.1 및 1.4±0.1이었다. 이중 SWN과 FWS에서 유의한 차가 인정되었다. 실험 종료시 비만도는 모든 실험구에서 유의한 차이를 보이지 않았다.

3. 생존율

실험 종료시 실험어의 생존율은 GFWS가 92.2±2.2%로 가장 높았다(Fig. 2). 다음으로 FWN 90.6±0.0%, SWN 89.1±2.2%, GFWN 86.7±6.1%, FWS 85.9±4.5% 순이었

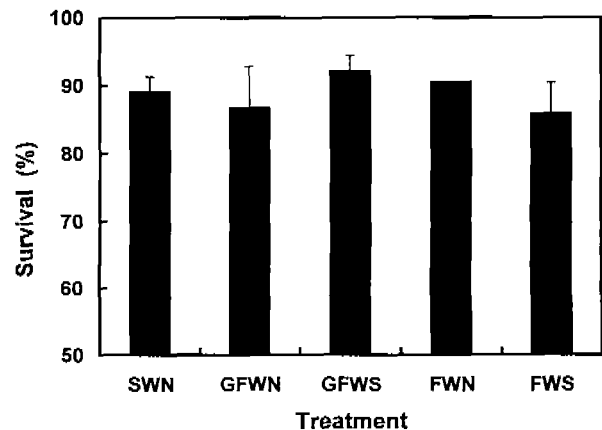


Fig. 2. Survival of the juvenile grey mullet fed on experimental diets for 60-day. SWN, GFWN, GFWS, FWN and FWS are same abbreviations as in the Fig. 1.

Table 1. Growth of juvenile grey mullet fed on the experimental diet for 60-days

Treatment	Total length (cm)		Body weight (g)		Growth (%)	
	Initial	Final	Initial	Final	GRL	GRW
SWN		14.0±0.3 ^a		18.7±1.2 ^a	26.9±0.7 ^a	91.7±4.3 ^a
GFWN		13.7±0.3 ^{ab}		16.8±1.0 ^{abc}	24.3±1.0 ^b	70.9±3.0 ^b
GFWS	11.0±0.1	14.0±0.3 ^a	11.5±0.4	17.6±1.0 ^{ab}	26.4±0.5 ^{ab}	79.0±1.9 ^b
FWN		13.0±0.3 ^b		14.0±0.7 ^c	18.0±0.4 ^d	40.8±2.9 ^d
FWS		13.4±1.1 ^{ab}		15.9±0.8 ^{bc}	21.2±0.3 ^c	54.3±1.3 ^c

Values (mean±SD) within the same column with different letters are significantly different (P<0.05). SWN, GFWN, GFWS, FWN and FWS are same as Fig. 1.

Table 2. Feed intake, weight gain factor (WGF) and condition factor (CF) of the juvenile grey mullet at the termination of the 60 days experiment

Treatment	Feed intake (%)	WGF	CF
SWN	118.8±0.1 ^b	1.4±0.0 ^b	8.5±0.5
GFWN	122.7±1.0 ^a	1.7±0.2 ^{ab}	8.4±0.1
GFWS	119.8±0.5 ^{ab}	1.5±0.1 ^{ab}	7.7±0.3
FWN	117.1±0.9 ^b	1.7±0.0 ^{ab}	7.7±0.2
FWS	122.1±1.1 ^a	1.8±0.1 ^a	8.0±0.3

Values (mean±SD) within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$). SWN, GFWN, GFWS, FWN and FWS are same as Fig. 1.

으며, SWN은 FWN에 비해 생존율이 다소 낮은 것으로 나타났지만, 유의한 차는 인정되지 않았다.

4. 체성분 분석

실험 종료시 전 어체의 수분, 단백질, 지질 및 회분 조성은 Table 3에 나타냈다. 실험 개시시 수분 함량은 79.4±0.0%이던 것이 실험 종료시에 FWN 80.0±0.4%, GFWN 79.5±0.8%로 약간 높아졌지만, 유의한 차는 인정되지 않았다. 그러나 SWN과 FWN은 차이를 나타냈다. 단백질 함량은 SWN에서 실험 종료시 가장 높은 18.4±0.3%를 나타냈다. GFWS에서는 17.4±0.2%로 SWN과 비교하여 낮았으며, GFWN, FWN 및 FWS에서는 실험 개시시 보다 높았으나 차이는 없었다. 지질 함량은 모든 실험구에서 유의한 차이가 인정되지 않았다.

Table 3. Body composition (% dry matter basis) of juvenile grey mullet at the termination of the 60 days experiment

Treatment	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Crude ash
Initial	79.4±0.0 ^{ab}	16.3±0.0 ^c	1.8±0.0	1.6±0.0 ^a
SWN	77.8±0.3 ^b	18.4±0.3 ^a	1.4±0.4	1.4±0.1 ^{ab}
GFWN	79.5±0.8 ^{ab}	17.0±0.3 ^{bc}	1.8±0.6	1.3±0.1 ^b
GFWS	78.5±0.7 ^{ab}	17.4±0.2 ^{ab}	2.0±0.3	1.2±0.0 ^b
FWN	80.0±0.4 ^a	17.0±0.4 ^{bc}	1.4±0.0	1.3±0.1 ^b
FWS	79.1±0.1 ^{ab}	16.5±0.0 ^{bc}	2.0±0.2	1.3±0.1 ^{ab}

Values (mean±SE) within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$). SWN, GFWN, GFWS, FWN and FWS are same as Fig. 1.

5. 체액 조성

체액의 Na⁺와 K⁺ 농도는 Fig. 3과 같이, Na⁺ 농도는 실험 개시시 45.5±0.0 mmol/l 를 나타내었으며, 실험 종료 시에는 FWS구를 제외한 모든 실험구에서 실험 개시시와 차이를 보이지 않았으나, FWS구는 56.9±0.9 mmol/l 로 유의하게 높아진 수준을 나타냈다. 체액의 K⁺ 농도는 실험 개시시 36.0±0.0 mmol/l 이었는데, 모든 실험구에서 실험 개시시보다 유의하게 낮아졌다. 실험 개시시 체액의 삼투질 농도는 Fig. 4에서 보는 것과 같이, 294.0±1.3 mOsm/kg였는데, 실험 종료시 GFWS, FWN 및 FWS에서 높은 값을 보였다($P < 0.05$).

고 찰

담수 경골어류들은 전해질 및 수분의 평형을 유지하기

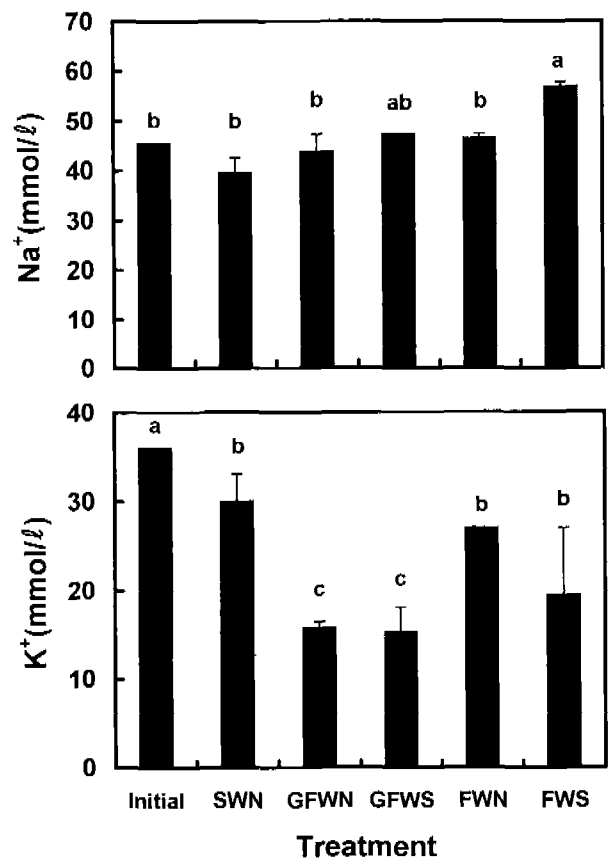


Fig. 3. Sodium and potassium concentrations in body fluid of the juvenile grey mullet fed on experimental diets for 60-day. Same letters on the bars are not significantly different ($P > 0.05$). SWN, GFWN, GFWS, FWN and FWS are same abbreviations as in the Fig. 1.

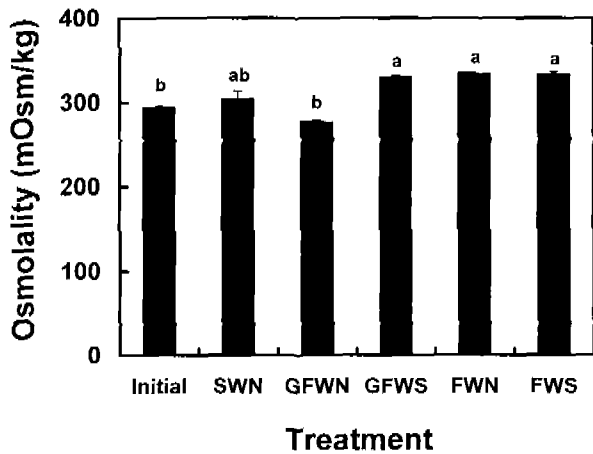


Fig. 4. Osmolality concentrations in body fluid of the juvenile grey mullet fed on experimental diets for 60-day. Same letters on the bars are not significantly different ($P > 0.05$). SWN, GFWN, GFWS, FWN and FWS are same abbreviations as in the Fig. 1.

위해 물을 마시지 않는다. 반대로 해수어류는 고장(hypertonic)의 해수환경으로부터 삼투압 차이에 의해 빼앗긴 체내의 수분을 보충하기 위해 해수를 마신다(Kirsch et al., 1985). 수분과 1가 이온(sodium, chloride)들은 소화관 내에 축적되는 대부분의 2가 이온(magnesium, sulphate, phosphate, calcium)을 남겨 둔 채, 소화관 벽을 통해 흡수된다(Kirsch and Meister, 1982). 이어서 흡수된 1가 이온들은 아가미에서 배출되고 2가 이온들은 신장에서 배출된다.

송어는 삼투압 조절형 어류로 광범위한 염분에서도 생존이 가능한 것으로 보고되어 있다(Nash and Shehadeh, 1980). 실험 종료시 전장 성장에서 순차적으로 담수로 사육수를 교환한 실험구와 24시간만에 담수로 사육수를 교환한 실험구중 염분사료구에서는 해수사육구와 비교해 차이를 보이지 않았다. 또한 염분사료를 공급한 실험구가 비염분사료를 공급한 실험구에 비해 유의한 차이는 보이지 않았으나, 높은 성장을 보여주었다. 체중 성장에 있어서도 순차적으로 담수에 순화시킨 실험구에서는 해수사육구와 비교하여 유의차를 나타내지 않았다. Morgan and Iwama (1991)는 담수에 서식하던 무지개송어와 steelhead trout 및 chinook salmon의 치어를 그들의 서식지가 아닌 다른 환경으로 이동시켰을 때 성장률에 있어서 자연 서식지와 같은 환경에서 가장 높은 성장을 나타냈다고 보고한 바 있다. 한편, 순차적 담수에서 염분사료구는 해수사육구와 비교해 볼 때 성장에서 유의한 차이를 나타내지 않았

는데, 이는 환경 변화의 충격을 최소화하고 사료에 생리 식염수 등과 같은 전해질을 인위적으로 공급함으로써 어체의 삼투압 불균형을 해소하여 성장(Otto, 1971) 및 대사량(Rao, 1968) 즉, 항상성(homeostasis) 유지에 도움을 주어 삼투압 조절에 사용되는 에너지를 최소화한 결과, 절약된 에너지가 성장에 이용되었을 것으로 추측된다. 먹이 섭취량에 있어서는 해수사육구가 모든 실험구와 비교하여 낮은 먹이 섭취량을 보여주었는데, 담수에서 사육하던 무지개송어는 고염분(28‰)에 적응하는 동안 먹이 섭취량이 감소(McKay and Cjerde, 1985)했다는 보고와 Arenesen et al. (1993)은 염분 급변에 따른 삼투압 스트레스는 먹이 섭취량의 감퇴로 나타날 수 있음을 보고한 바 있어, 본 연구와 상반된 결과를 얻었다. 또한 먹이 섭취량의 감소는 사육수중에 용존산소 부족시 먹이 섭취를 감소시킨다는 보고가 있지만(Smart, 1981), 모든 실험구에서 충분한 용존산소를 공급하였기 때문에 이러한 이유는 아닌 것으로 사료된다. 비만도에 있어서는 모든 실험구에서 유의적 차이를 보이지 않았지만 해수사육구에서 다소 높은 수치를 나타냈는데, 송어 치어와 chinook salmon, steelhead trout에서 비만도는 염분 사이에 유의한 차가 없음을 보고(Morgan and Iwama, 1991; 장 등, 1996) 하였는데, 본 실험과 유사한 결과였다.

Salman and Eddy (1987)는 순화되지 않은 무지개송어를 해수로 옮겨 사육할 때 순차적으로 해수에 적응시키면서, 염분사료를 공급함으로써 생존율이 향상되었다고 보고하였는데, 본 연구에서 순차적으로 염분사료를 공급했던 실험구가 다른 실험구에 비하여 유의적으로 높진 않으나 가장 높은 값을 보여주어 삼투압 조절에 영향을 미친 것으로 사료된다.

수분 함량은 실험 종료시 해수사육구에서 다른 실험구보다 약간 낮은 수치를 보였고, 비염분사료구에서는 비교적 높은 수분 함량을 보여주었다. 이러한 결과는 염분사료를 통하여 전해질을 인위적으로 공급함으로써 어체의 삼투압 조절에 있어 물 평형 유지에 도움을 준 것으로 추측된다. 그러나 모든 실험구의 수분 함량은 일반적인 송어의 정상적인 체내 수분 함량을 유지하는 것으로 보여지므로 인위적인 전해질 공급이 물 평형 유지에 미치는 효과에 대해서는 더 깊은 연구가 필요할 것으로 생각된다. 은어의 수분 함량은 고염분 보다 0‰에서 수분 함량이 다소 높게 나타나며(전 등, 1999), Woo and Fung (1981)은 저염분에 적응시킨 참돔, *Chrysophrys major*에서 염분의

감소에 따라 근육의 수분 함량이 증가한다고 함으로써, 본 연구 결과와 일치함을 알 수 있다. 해수에서의 수분 함량이 다른 실험구 보다 낮은 이유는 송어의 혈장 삼투질 농도는 약 351 ± 18 mOsm/kg (이 등, 1997)이고 환경수인 해수는 보통 1000 mOsm/kg 내외이다. 따라서 단순확산을 통해 세포막 양쪽의 용질 농도 차이에 의해 물은 농도가 낮은 곳에서 높은 곳으로 이동하게 된다. 해수어류는 물의 평형을 이루기 위하여 끊임없이 아가미나 구강상피 등을 통하여 환경수(외계)로 빼앗긴 수분을 보충하기 위하여, 해수사육구에서 다른 실험구 보다 다소 낮은 수분 함량을 보인 것으로 사료되며, 담수구에서는 이와 반대작용으로 수분이 다소 높게 축적된 것으로 보아진다.

체액의 이온중 Na^+ 농도는 실험개시시보다 실험 60일째 빠르게 담수로 사육구를 교환했던 FWS에서 높게 나타났고, K^+ 농도는 실험 개시시와 해수구에서 높게 나타났다. 또한 삼투질 농도에 있어서는 염분사료를 주었던 GFWS와 FWS에서 높게 나타났다. Fletcher (1978)는 어류 혈장 이온들은 외부 환경과 능동 수송에 의한 유출로 환경수의 염분이 감소함에 따라 어류의 체액농도 보다 환경수의 염분이 더 낮으면 유출이 억제된다고 하였으며, 이와 같이 소실된 이온은 수동적 확산이나 오줌의 생성으로 보충한다고 보고하였다. 또한 Varnavsky et al. (1991)은 담수에서 사육한 pink salmon을 해수에 노출하면 체액의 Na^+ 농도는 증가한다고 보고했는데, 본 연구 결과와는 다소 차이를 보였다. 최근의 보고에서 은어 치어 체액의 이온 농도와 삼투질 농도의 변화는 저염분 실험구에서 낮은 이온을 나타냈다고 보고(전 등, 1999)했는데, 본 연구에 있어서 K^+ 이온 농도는 유사하게 나타났지만, Na^+ 농도와 삼투질 농도는 상반된 결과를 나타내어 종 특이성이 아닌가 사료된다. Morgan and Iwama (1991)는 chinook salmon 치어기의 혈장 이온농도가 모든 염분에서 변화하지 않았다고 보고했다. 본 연구에서 Na^+ 농도와 삼투질 농도는 이와 유사한 결과였다. 혈장 이온 농도가 여러 염분에서 변화하지 않은 것은 어류가 농도구배에 완전하게 혈액 이온을 조절할 수 있음을 의미하며, 담수구에서 염분을 첨가하여 사육한 실험구에서 약간 높게 나타난 것은 환경 속에 Na^+ 농도가 작아 체내에 보존하려는 능력 때문에 농도가 높은 것으로 사료되며, 해수에서 낮은 것은 환경수와의 체내 항상성 유지면에서 Na^+ 펌프 기작에 의한 것으로 추측된다.

본 연구에서 24시간만에 또는 순차적으로 담수에 순화

시키면서 염분사료구와 비염분사료구의 비교실험에서 염분사료구의 송어 치어가 성장 등에서 비염분사료구 보다 우수한 것으로 나타났다. 또한 해수구와 비교하여도 염분사료구는 성장 및 생존율에서 차이를 나타내지 않았다. 그러나 순화시 염분사료에 의한 생리적 변화 또는 염분변화에 따른 어체의 항상성 유지를 위한 반응과 스트레스로 인한 반응들에 관하여 더욱 자세한 연구가 요구된다.

요 약

송어 치어의 담수 사육을 위한 저염분 순화방법과 이에 따른 적응 능력을 높이기 위하여 염분사료를 공급하여 이에 따른 성장, 생존율 및 어체의 생리상태를 비염분사료구와 비교하였다. 실험 종료시 전장과 체중의 성장률은 해수사육구(SWN), 순차적으로 담수로 옮긴 염분사료구(GFWS) 및 순차적으로 담수로 옮긴 비염분사료구(GFWN)에서 빠르게 담수로 옮긴 염분사료구(FWS) 및 빠르게 담수로 옮긴 비염분사료구(FWN) 순서로 나타났다. 비만도는 모든 실험구에서 서로 차이를 보이지 않았다. 실험어의 생존율은 순차적으로 담수로 옮긴 염분사료구가 $92.2 \pm 2.2\%$ 로 가장 높았으나, 다른 실험구와 차이가 없었다. 어체의 수분함량은 빠르게 담수로 옮긴 비염분사료구에서 해수구 보다 높게 나타나 차이를 보였다. 체액의 삼투질 농도는 실험 종료시에 모든 실험구에서 차이를 보이지 않았다. Na^+ 농도는 실험 종료시 해수사육구, 순차적으로 담수로 옮긴 비염분사료구, 순차적으로 담수로 옮긴 염분사료구 및 빠르게 담수로 옮긴 비염분사료구에서 차이를 보이지 않았다. 체액의 K^+ 농도는 실험 종료시 해수사육구가 다른 실험구에 비교해 높은 수준을 나타냈다.

참 고 문 헌

- Arenesen, A. M., E. H. Jorgensen and J. Malcolm, 1993. Feed intake, growth and osmoregulation in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), following abrupt transfer from freshwater to more saline water. *Aquaculture*, 114 : 327-338.
- Fletcher, C. R., 1978. Osmotic and ionic regulation in the cod, *Gadus callarias*. II - Salt balance. *J. Comp. Physiol.*, 124 : 157-168.
- Higgs, D. A., U. H. M. Fagerlund, J. G. Eales and J. R. McBrid, 1982. Application of thyroid and steroid hormones as anabolic agents in fish culture. *Comp.*

- Biochem. Physiol., 73 : 143-176.
- Kirsch, R. and M. F. Meister, 1982. Progressive processing of ingested water in the gut of seawater teleosts. *J. Exp. Biol.*, 98 : 67-81.
- Kirsch, R., W. Humbert and V. Simoneaux, 1985. The gut as an osmoregulatory organ: Comparative aspects and special references to fishes. pp. 265-277. (in) *Transport Processes, Iono- and Osmoregulation*, (eds.) R. Gilles and M. Gilles-Baillicn. Springer Verlag, Berlin.
- Martin, F. D. and G. E. Drewry, 1978. Development of fishes of the mid-Atlantic Bight: A atlas of egg, larval and juvenile stages, pp. 61-77. Vol. 6. Stromateidae through Ogcocephallidae. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, DC.
- Mckay, L. and B. Gjerdc, 1985. The effect of salinity on growth of rainbow trout. *Aquaculture*, 49 : 325-331.
- Morgan, J. D. and G. K. Iwama, 1991. Effects of salinity on growth, metabolism, and ion regulation in juvenile rainbow trout and steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) and fall chinook salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 48 : 2083-2094.
- Nash, C. E. and Z. H. Shehaden, 1980. Review of breeding and propagation techniques for grey mullet, *Mugil cephalus*. ICLARM studies and reviews, 3.
- Otto, R. G., 1971. Effects of Salinity on the survival and growth of pre-smolt coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 28 : 343-349.
- Pelletier, D. and M. Besner, 1992. The effect of salt diets and gradual transfer to sea water on osmotic adaptation, gill Na^+ , K^+ -ATPase activation and survival of brook charr, *Salvelinus fontinalis* Mitchell. *J. Fish Biol.*, 41 : 791-803.
- Rao, G., 1968. Oxygen consumption of rainbow trout in relation to activity and salinity. *Can. J. Zool.*, 46 : 781-786.
- Salman, N. A. and F. B. Eddy, 1987. Response of chloride cell numbers and gill Na^+ , K^+ -ATPase activity of freshwater rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson) to salt feeding. *Aquaculture*, 61 : 41-48.
- Smart, G. R., 1981. Aspects of water quality producing stress in intensive fish culture. pp. 277-293. (ed.) A. D Pickering.
- Varnavsky, V. S., Y. S. Basov and S. A. Rostomova, 1991. Seawater adaptability of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) fry : effects of size and temperature. *Aquaculture*, 99 : 355-363.
- Woo. N. Y. S. and A. C. Y. Fung, 1981. Studies on biology of the red sea bream, *Chrysophrys major* II. Salinity adaptation. *Comp. Biochem. Physiol.*, 67 : 237-242.
- 이영춘 · 장영진 · 이복규, 1997. 어린 송어(*Mugil cephalus*)의 염분별 삼투조절능력. *한국수산학회지*, 30 : 216-224.
- 장영진 · 이영춘 · 이복규, 1996. 어린 송어(*Mugil cephalus*)의 염분농도별 성장과 생존을 비교. *한국양식학회지*, 9 : 311-320.
- 장영진 · 허준욱, 1999. 사육수의 급격한 염분 변화에 따른 송어(*Mugil cephalus*)와 틸라피아(*Oreochromis niloticus*)의 생리적 반응. *한국수산학회지*, 32 : 310-316.
- 전민지 · 강경호 · 장영진 · 이종관, 1999. 은어, *Plecoglossus altivelis*의 성장과 삼투압 조절에 미치는 염분의 영향. *한국양식학회지*, 12 : 123-135.
- 허준욱 · 장영진, 1999. 사육수의 단계적인 염분변화에 따른 송어(*Mugil cephalus*)와 틸라피아(*Oreochromis niloticus*)의 생리적 반응. *한국양식학회지*, 12 : 283-292.