

황복, *Takifugu obscurus*의 초기 발달 동안 성장 및 생존에 있어 먹이와 염분의 효과

강희웅 · 강덕영* · 조기채 · 이진호 · 박광재 · 김종화¹
국립수산과학원 서해수산연구소 · ¹국립수산과학원 갑각류연구센터

Effect of Food and Salinity on Larval Growth and Survival of the River Puffer, *Takifugu obscurus*

Hee-Woong Kang, Duk-Young Kang*, Kee-Chae Cho, Jin-Ho Lee, Kwang-Jae Park and Jong-Haw Kim¹
WSFRI, NFRDI, 707 Eulwang-dong, Jung-gu, Incheon 400-420, Korea
¹Crustacean Research Center, NFRDI, Taean 357-945, Korea

In the present study, we investigated the effects of food and salinity on growth and survival of river puffer, *Takifugu obscurus* offsprings in indoor land-based tank during the early development. In the food experiment, the river puffer larvae (TL 8.7±0.1 mm, BW 20.0±3.2 mg) were fed with tubificid, *Limnodrilus gotoi*, water flea, *Daphnia carinata*, mysid, *Neomysis awatschensis*, Manila clam, *Ruditapes philippinarum* and artificial food together *Artemia* nauplii for 30 days, and the growth and the survival of larvae were investigated. In the salinity experiment, the river puffer larvae and juvenile at three stages (Stage I: TL 5.8±0.4 mm; Stage II: TL 12.0±0.2 mm, Stage III: TL 44.5±0.7 mm) were supplied with *Artemia* nauplii, water flea and/or artificial food and were reared in 0, 10, 20 and 30 psu at respective stages. The results shows that the growth rates of larvae feeding with artificial food and tubificid together *Artemia* nauplii were higher than those of larvae in other groups, but the survival rates of larvae feeding with water flea and mysid together *Artemia* nauplii were higher than those of larvae in other groups. In salinity, the results shows that the growth and survival rates of offsprings were significantly higher in 10~20 psu than those in 0 and 30 psu at Stage I and II. At Stage III, the growth and the survival rates were the highest in 20 psu, but the lowest in 0 psu. However, it should be noted that the rates in 0 and 30 psu were significantly enhanced at Stage III in comparison with those at Stage I and II. Therefore, it is concluded that river puffer, *T. obscurus* is euryhaline marine species, which can normally grow and live at salinities from 0 to 30 psu, and that a combinative supplement with *Artemia* nauplii and water flea, *D. carinata* may confer an advantage on growth and survival of the river puffer offsprings in indoor land-based tank.

Keywords: Food, Growth, River Puffer, *Takifugu obscurus*, Salinity, Survival

서 론

최근 값싼 수입산 활어 증가 및 주변 연안의 오염, 적조 및 질병의 발생빈도가 증가함에 따라 국내 해산어류의 양식 산업은 많은 어려움에 봉착해 있으며, 이러한 상황에서 양식 산업의 경쟁력 강화 및 생산성 향상을 위한 새로운 생산 방식이 요구되고 있다. 최근에는 일부 어종을 중심으로 해상 가두리 양식 방식을 벗어나, 환경조절이 용이하며, 사육수로서 해수와 담수 모두를 활용 가능한 육상 수조식 사육방식으로 전환이 이루어지고 있다. 이에 따라 동 사육 시스템에 적합한 신품종 해산어류 개발 및 광염성 어류의 양식 산업화 연구가 진행되어 오고

있으며, 그 중에서도 송어, 감성돔, 점농어, 농어 등이 그 가능성을 확인 받고 있다. 그러나 담수 또는 해수를 활용한 광염성 해산어류의 완전 산업화 기술은 아직까지 완벽하게 정립되어 있지 못한 실정이다.

근래 들어, 회유성 해산어류인 황복, *Takifugu obscurus*이 육상 콘크리트 수조 내에서 담수사육 가능성이 확인되면서, 내륙의 지하수와 천일염을 이용한 순환여과식 사육시스템에 의한 새로운 생산기술이 개발되고 있다. 이 종은 복어목(Tetraodontiformes)의 참복과(Tetraodontidae)에 속하는 어류로서 우리 나라의 서해 연안, 중국 황해 및 동지나해에 분포하며, 맛과 육질이 뛰어나 최근 미식가들에게 크게 각광을 받고 있는 양식 대상종 중 하나이다. 이들은 산란을 위해 강의 하구역(기수역)에 산란하는 특성을 지니고 있으며, 부화 자어들은 기수역에 서식하는 먹이생

*Corresponding author: dykang@hotmail.com

물과 염분환경에 적응하며 살아가는 광염성 해산어류로서, 서해안에서 높은 산업적 가치를 지니고 있다. 그러나 현재 이 종은 산업 발달에 의한 강과 하천의 오염, 하구역의 제방 축조에 따른 산란장 훼손 및 어민들의 무분별한 남획 등으로 자원량이 현저히 줄어들고 있어, 이 종의 연구와 종 번식을 위한 조치가 요구되고 있다. 이와 관련하여, 일부 연구자들에 의해 생식생물(Chang et al, 1999a; Chang et al, 1999b), 환경생리(Kim et al., 1996; Kim et al., 1997) 및 발생(Jang et al., 1996), 집단유전학적 연구(Park et al. 1997)가 진행되어 왔으나, 자손번식과 관련하여 초기 생활사 동안 인공 종묘들의 적정 사육·환경 조건을 제시한 연구는 없었다. 그러나 인공종묘생산 시 대상 개체들의 적정 사육환경과 먹이의 선택은 가장 중요한 요소 중 하나에 속하며, 특히 부화 자어의 사육 관리 중 일정 사육환경 조건 아래에서 어떤 먹이가 제공되느냐에 따라, 대상 개체의 향후 생활사가 좌우되므로, 여기에 대한 연구는 대상종의 인공번식 기술을 완성하는 데 있으며, 반드시 거쳐 가야 할 과정으로 이해되어져야 한다.

현재 국내 해산어류 종묘 생산시, 초기 먹이로 로티퍼(rotifer)와 알테미아(*Artemia nauplii*)를 영양 강화하여 사육 중인 자어에 공급하는 것이 통상적이다. 그러나 최근 들어 성장 단계별 먹이로서 적정 동물플랑크톤을 개발하려는 노력이 보이고 있으며, 그 중 물벼룩 및 코페포다 등과 같은 새로운 동물성 플랑크톤이 먹이생물 대상 후보로 떠오르고 있다. 하지만, 기 개발된 해산 동물성 플랑크톤이 모든 양식산 어류 자어의 먹이생물로서 활용될 수 있는 것은 아니다. 담수 및 기수산 어류의 자치어들은 자연계에서 생태학적으로 해산 동물플랑크톤을 섭식할 기회가 거의 없으며, 또한 해산 동물플랑크톤을 담수 또는 기수역에서 배양관리하여 사육중인 자치어에게 공급하기에는 어려움이 있다. 따라서 담수 및 기수산 어류의 초기 먹이에 대한 연구는 해산어류와 별도로 이루어져야 할 것으로 본다. 그러므로 본 연구에서는 신흥종 종묘생산기술개발의 일환으로, 황복의 초기 자치어 단계에 있어서 성장과 생존을 위한 적정 먹이의 구명과 성장단계별로 적정 염분농도를 조사하여 인공종묘생산 산업에 활용 가능한 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

자·치어기 먹이종류가 성장과 생존에 미치는 영향

자·치어 성장과 생존에 있어 먹이별 영향 실험은 30일간 3반복 실시하였고, 실험수조는 150 L FRP 원형수조를 이용하였다. 실험어는 부화 25일된 자어(전장 8.7 ± 0.1 mm, 체중 20.0 ± 3.2 mg)를 사용하였으며, 수용밀도는 실험구별 2마리/L(300마리/수조)로 하였다. 실험구별로 제공된 먹이는 대조구(AT)는 알테미아(*Artemia nauplii*) 유생만을 공급하였지만, TF구는 실지렁이(*Tubificid*, *Limnodrilus gotoi*), WF구는 물벼룩(*Water flea*, *Daphnia carinata*), MS구는 곤쟁이(*Mysid*, *Neomysis awatschensis*),

MC구는 바지락(*Manila clam*, *Ruditapes philippinarum*), AF구는 배합사료(*Artificial food*)를 각각 알테미아 유생과 혼합하여 공급하였다. 실지렁이와 물벼룩은 항생제(OTC: Oxytetracycline) 0.1 ppm에 약욕 후 공급하였으며, 바지락 육질과 곤쟁이는 믹서로 분쇄하여 공급하였다. 먹이공급 횟수는 매일 오전 7시부터 2시간 간격으로 7회 공급하였으며, 사육 해수는 1차로 모래 여과하고, 2차로 카트리지 필터(25 μ m)로 재 여과한 뒤 사용하였으며, 환수는 1일 7회전으로 하였다. 실험구별 성장도는 10일 간격으로 전장 및 체중을 0.01 mm, 0.01 g 단위로 측정하여 파악하였으며, 생존율은 매일 1회(오전 6시) 저면 청소 시, 폐사 개체를 제거하면서 계수하여 환산하였다.

성장 단계별 염분농도가 성장과 생존에 미치는 영향

본 연구에서는 성장단계별 먹이 계열을 달리하면서, 황복 자치어의 성장 및 생존에 있어 사육 염분의 영향의 파악해 보았다. Stage I의 경우, 실험어는 부화 15일된 자어(전장 5.8 ± 0.4 mm)를 사용하였으며, 수용밀도는 실험구마다 15마리/L (300마리/수조)였다. 실험구는 염분 0 (담수), 10, 20, 30 psu (자연해수)로 4개의 그룹을 설정해 주었다. 사육수는 지수식으로 관리하였으며, 환수는 1일 0.5 회전씩 2회 실시하였다. 먹이는 *Artemia* 부화유생과 물벼룩을 공급하였다. 실험수조는 25 L FRP 원형수조(수용량 20 L)를 이용하였으며, 사육실험은 15일간 3반복 실시하였다.

Stage II의 경우, 실험어는 부화 36일된 치어(전장 12.0 ± 0.2 mm)를 사용하였으며, 수용밀도는 실험구마다 2마리/L (200마리/수조)였다. 실험구는 염분 0, 10, 20, 28 psu (자연해수)와 같이 4개의 그룹으로 설정하였다. 먹이는 *Artemia* 부화유생, 물벼룩 및 모기 유충을 혼합 공급하였으며, 사육수는 카트리지 필터(25 μ m)로 여과하여 1일 10회전으로 유수하였다. 실험수조는 150L FRP 원형수조(수용량 100 L)를 이용하였으며, 사육실험은 30일간 3반복 실시하였다.

Stage III의 경우, 실험어는 부화 70일된 치어(전장 44.5 ± 0.7 mm)를 사용하였고, 수용밀도는 0.67마리/L (100마리/수조)로 하였으며, 실험구는 0, 10, 20, 28 psu (자연해수)로 4개를 설정하였다. 먹이는 시판되는 넙치용 배합사료를 1일 4~5회 균등하게 공급하였으며, 사육수는 2차 실험과 동일한 방법으로 유수하였다. 실험수조는 150 L FRP 원형수조를 이용하였으며, 사육실험은 30일간 3반복 실시하였다.

실험어의 성장도 조사는 Stage I 실험의 경우 5일 간격으로, Stage II, III 실험은 10일 간격으로 전장 및 체중을 0.01 mm, 0.01 g 단위로 측정하였고, 생존율은 매일 저면 청소 시 죽은 개체를 조사하여 구하였다.

통계처리

실험 자료는 SPSS-PC 통계패키지(SPSS 7.5 for Window)를 이용하여, one-way ANOVA 및 Duncan's multiple range test에 의하여 분석하였다.

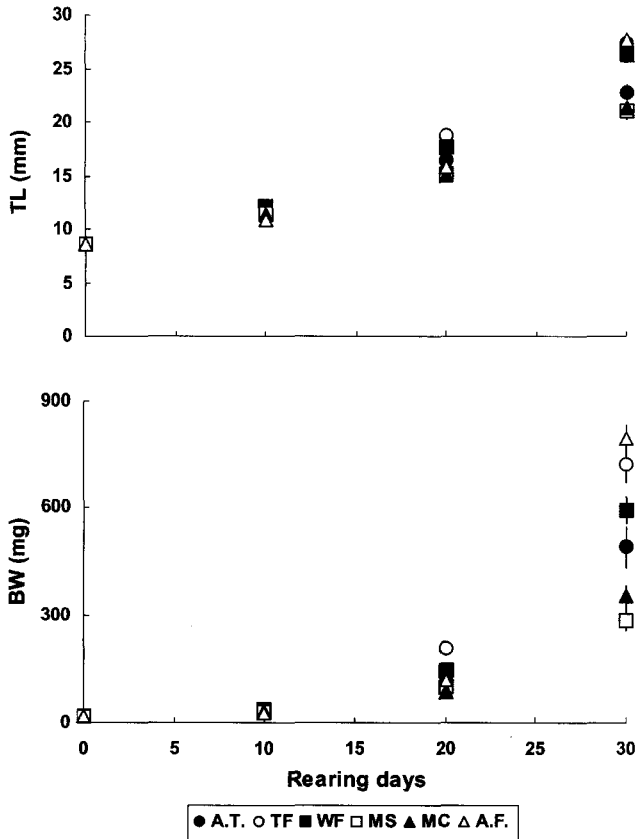


Fig. 1. Changes of total length (TL) and body weight (BW) of larval river puffer, *Takifugu obscurus* (n=30) reared by different experimental foods (one-way ANOVA P<0.05). AT: *Artemia* nauplii, TF: Tubificid, *Limnodrilus gotoi*, WF: Water flea, *Daphnia carinata*, MS: Mysid, *Neomysis awatschensis*, MC: Manila clam, *Ruditapes philippinarum*, AF: Artificial food.

결 과

자 · 치기 먹이종류가 성장과 생존에 미치는 영향

황복, *T. obscurus*의 초기발달동안 성장과 생존에 미치는 먹이별 효과를 파악하기 위해 일령 25일된 자어(전장 8.7±0.1 mm)에게 *Artemia* 유생(대조구), 실지렁이, 물벼룩, 곤쟁이, 바지락, 배합사료를 30일간 공급하였다. 성장의 경우 사육 10일째까지는 실험구간의 유의차를 찾아 볼 수 없었지만, 20일째에 이르러 실지렁이 공급구가 전장 18.8±0.5 mm, 체중 205.5±17 mg으로 다른 모든 실험구에 비해 유의하게 빠른 성장을 나타내었고(p<0.05; Fig. 1), 그 다음으로 “물벼룩>알테미아>배합사료>곤쟁이>바지락”의 순서로 실험구별 성장차를 보였다. 이후 30일째 실험 종료 시점의 경우 배합사료 공급구가 전장 27.6±0.5 mm, 체중 796±37 mg으로서 가장 빠른 성장을 나타내었으며(p<0.05), 다음으로 “실지렁이>물벼룩>알테미아>바지락>곤쟁이” 순으로 실험구간 성장차를 나타내었다(Fig. 1).

생존율의 경우 사육 10일째 물벼룩 공급구가 74.3±0.6%로서 다른 모든 실험구보다 유의하게 높게 나타났으며(p<0.05;

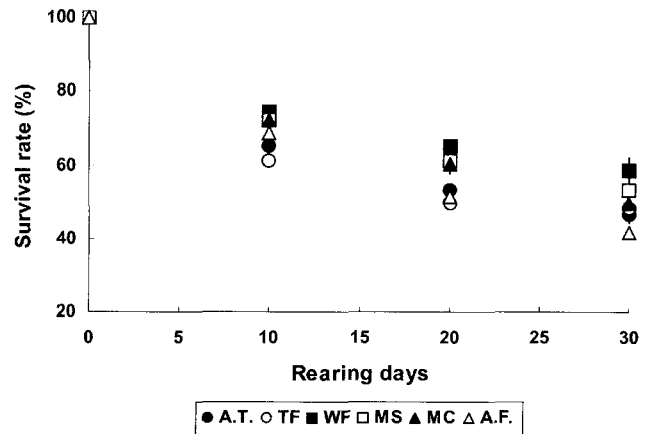


Fig. 2. Survival of larval river puffer, *Takifugu obscurus* (n=9) reared by different experimental foods (one-way ANOVA P<0.05). AT: *Artemia* nauplii, TF: Tubificid, *Limnodrilus gotoi*, WF: Water flea, *Daphnia carinata*, MS: Mysid, *Neomysis awatschensis*, MC: Manila clam, *Ruditapes philippinarum*, AF: Artificial food.

Fig. 2), 다음으로 “곤쟁이>바지락>배합사료>알테미아>실지렁이” 순으로 약 74~61%정도의 생존율을 나타내었다. 이후 20일째는 “물벼룩>곤쟁이>바지락>알테미아>배합사료>실지렁이” 순으로, 생존율은 65~51%로 나타났다. 이후 30일째 실험 종료 시에는 “물벼룩>곤쟁이>바지락>실지렁이>알테미아>배합사료” 순으로 물벼룩 공급구가 58.5±3.6%로서 다른 모든 실험구에 비해 유의하게 높았으며, 배합사료 공급구가 41.5±1.8%로서 가장 낮은 생존율을 나타내었다(p<0.05; Fig. 2).

성장 단계별 염분의 영향

성장의 경우, Stage I은 실험구간 성장차를 나타내지 않았다. 그러나 자어가 변태 후 갯 치어기로 접어드는 Stage II의 경우, 10 및 20 psu구의 황복 치어가 담수구와 자연 해수구에서 보다 유의하게 빠른 성장을 나타내었으며(p<0.05), 전장의 경우는 담수구에서 가장 느린 성장을 보였고, 체중의 경우는 자연 해수구에서 가장 느린 성장을 나타내었다(Fig. 3). Stage III의 경우 20 psu구의 황복 치어들이 길이 및 무게 성장 모두 다른 실험구의 개체들 보다 빠른 성장을 나타내었으며, 해수구가 10 psu와 비슷한 성장 속도를 나타낸 반면, 담수구의 경우 가장 느린 성장도를 보였다(Fig. 3).

생존율은 Stage I의 경우 염분 10와 20 psu가 상호 유의차 없이 87.3~89.3%의 범위를 나타내었고, 해수구(30 psu)와 담수구(0 psu)의 경우는 두 실험구간 상호 유의차 없이 10 및 20 psu 보다는 낮은 값을 나타내었다(p<0.05). Stage II의 경우 Stage I과 비슷한 경향을 나타내었지만, 자연 해수구에서 10과 20 psu와 유의차 없이 70% 이상의 생존율을 나타낸 반면, 담수구내 황복 치어들은 생존율 24.0±8.2%로 Stage I에 비해 크게 낮았다(p<0.05). Stage III에서는 실험구간 생존 경향은 Stage II와 동일한 경향을 나타내었지만, 담수구에서 생존율이 앞선 Stage II에서 보다 매우 높게 나타났다(Fig. 4).

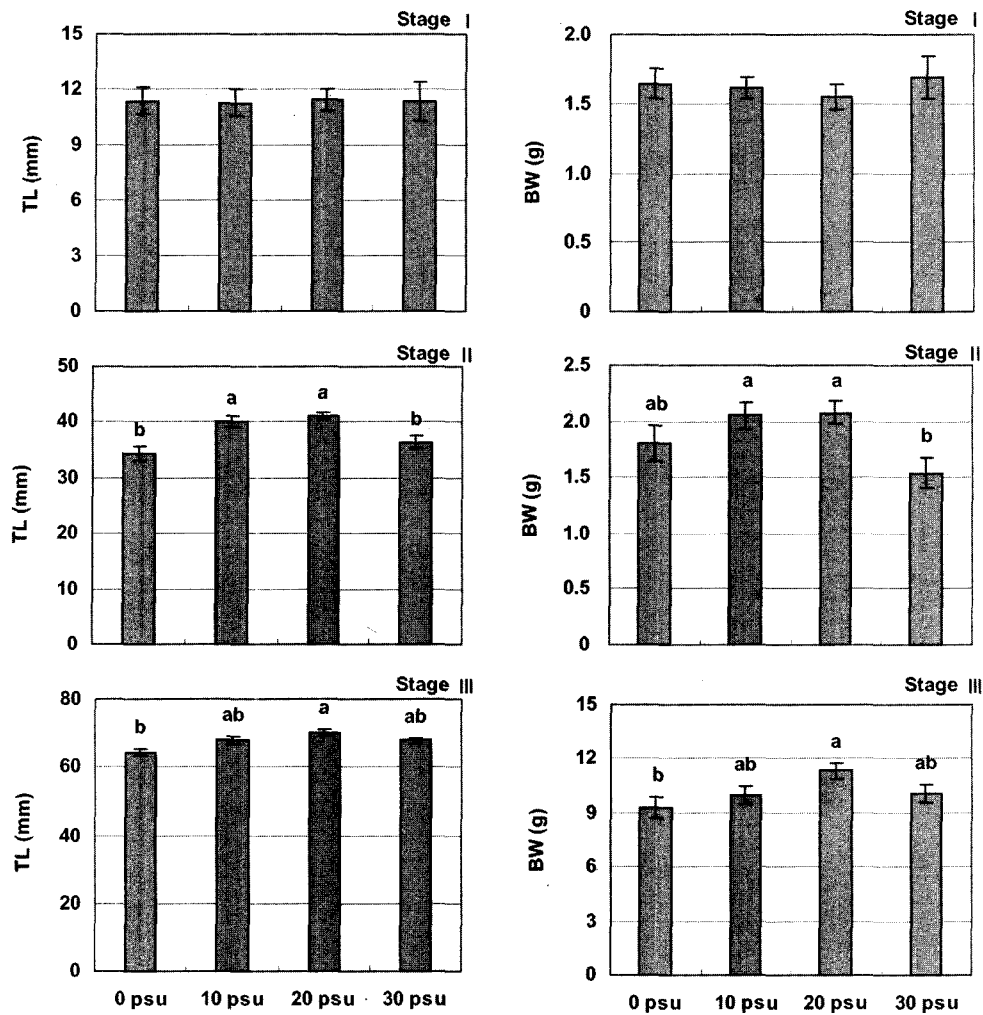


Fig. 3. Changes of total length (TL) and body weight (BW) of larval river puffer, *Takifugu obscurus* (n=30) reared in different salinities (one-way ANOVA $P < 0.05$).

고찰

본 연구에서는 조사 항목으로 나타내지는 않았지만, 성장 단계별 황복, *T. obscurus* 자·치어의 생존을 변화 양상은 자주복과 같이(Ohgami and Suzuki, 1982) 기타 어종에서 중요시되는 영양학적 인자보다는 상호공식 현상(전장 4 mm 전후)으로 인한 영향과 먹이의 종류(Yang et al., 1993)에 따라 지배적인 것으로 관찰되었다. 따라서 본 연구는 황복 자치어의 적정 사육조건 구명을 통해 공식을 예방하고, 사육 군집의 생존을 향상을 유도하기 위해, 알테미아로 대표되는 후기 자어기부터 초기 치어기 사이의 기간동안의 대체 먹이를 개발하고, 생태학적 특성에 따른 적정 사육염분 조건을 구명하는 데 목적을 두었다.

본 연구의 경우 일령 25일된 자어(전장 8.7 ± 0.1 mm)를 *Artemia* 유생(AT구=대조구)과 혼합 공급하는 먹이별(실지렁이, 물벼룩, 바지락육질, 배합사료, 곤쟁이)로 30일 동안 사육하여 성장 및 생존율을 비교해 본 결과, 성장에 있어서는 AF구와 TF구가 가장

빠른 것으로 나타났으며, 다음으로 “WF구>대조구>MC구>MS구”의 순이었지만(Fig. 1), 생존율의 경우에는 “WF구>MS구>MC구>TF구>대조구>AF구” 순으로 물벼룩 혼합공급구(WF구)가 가장 높은 값을 나타내었다(Figs. 1 and 2). 이러한 결과를 놓고 볼 때, 다른 실험구에 비해 상대적으로 빠른 AF구와 TF구의 높은 성장도는, 자주복(Yang et al., 1993)에서와 같이 전 개체가 섭취했다기 보다는 숙성어들이 많이 섭취하여 성장이 저조한 개체를 공식하여, 생존 개체수 감소에 따른 단위개체 당 먹이 섭취량 증가에 의해 나타난 효과와 부가적 영양섭취에 기한 것으로 추정해 볼 수 있다. 자주복의 종묘생산시 AF와 대조구에 병용하여 공급하는 참돔 수정란은 보조적인 먹이로서 자주복 특유의 공식을 예방하여 양질의 우량종묘를 생산하였다(Yang et al., 1999). 따라서 황복 종묘생산시에도 생산성을 고려할 경우 WF구가 가장 우수한 것으로 보인다. 본 연구에서는 관찰결과로 나타내지는 않았지만, 목적에 의해 WF구의 자·치어가 섭식행동이 가장 왕성하였으며, 그로 인하여 충분한 영양

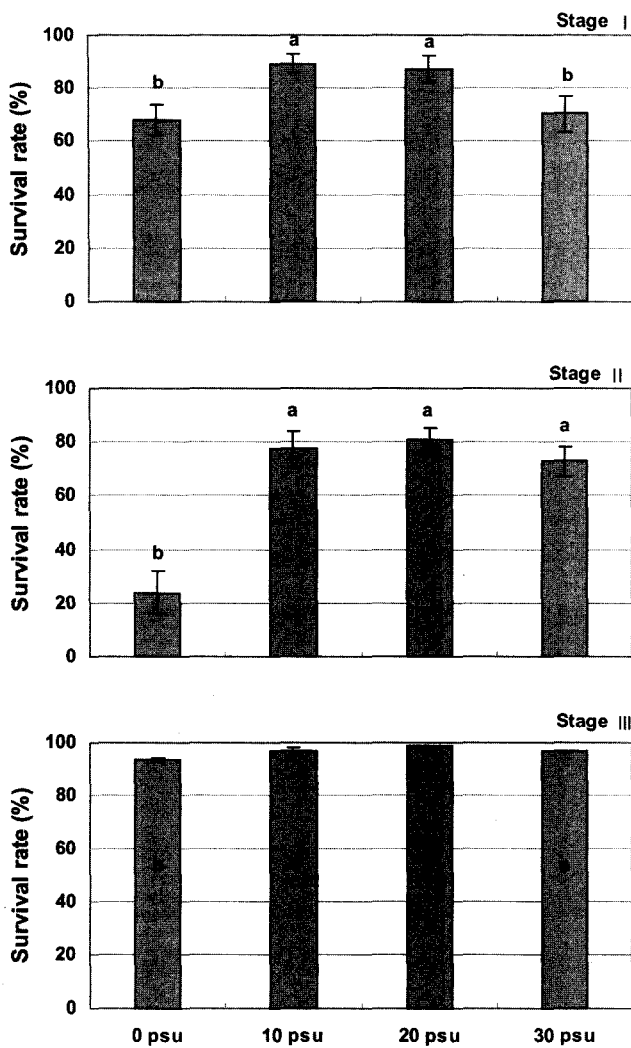


Fig. 4. Survival of larval river puffer, *Takifugu obscurus* (n=9) reared in different salinities (one-way ANOVA P<0.01).

섭취가 가능하였고, 상대적 낮은 공식율을 유도한 것으로 보인다. 그러므로 황복의 후기 자어기 사육에 있어 알테미아와 더불어 물벼룩의 혼합 공급은 충분한 영양원 공급으로 개체간 공

식을 예방하여 자어의 성장과 생존에 양호한 효과를 나타낼 수 있을 것으로 생각된다. 공식행동은 실지렁이 공급구에서 가장 많았고, 물벼룩 공급구는 타 시험구에 비해 비교적 적었다. 따라서 물벼룩은 그 수집이나 대량배양 기술만 확립된다면, 황복 중요생산시 공식방지를 위한 좋은 먹이생물로 활용 가능할 것으로 본다.

경골어류는 서식장소에 따라 해수어, 기수어 및 담수어로 구분되며, 삼투조절 능력에 따라 협염성(stenohaline)과 광염성(euryhaline) 어류로 나누어 볼 수 있다(Altinok and Grizzle, 2001). 비록 연어과 어류와 담수산 어류를 대상으로 성장과 생존에 있어서 염분의 영향에 대한 많은 연구가 있어 왔지만 (Altinok and Grizzle, 2001; Fashina-Bombata and Busari, 2003; Sparks et al., 2003), 해수 또는 기수산 경골어류에 있어서는 일부 연구만이 이루어져 왔다(Patridge and Jenkins, 2002). Altinok and Grizzle (2001)은 염분이 경골어류의 성장에 이용되는 에너지의 함량을 변화시킬 수 있다는 것을 파악한 바 있다. 그러나 종간 특성에 따라 성장에 필요한 최적 염분은 어종별로 차이가 있다는 것이 보고되어 왔다(Table 1참조). 특히 해산어와 기수어의 성장에 있어 염분의 효과는 종간에 매우 다양한 것으로 알려져 있다. 그러나 최근 보고(Boeuf and Payan, 2001)에 따르면, 많은 해산어류가 해수보다 낮은 염분조건에서 보다 빠른 발달과 성장률을 나타낸다는 것이 입증되었다. 특히 많은 해산어와 기수산 어류에 있어 최적 성장을 보이는 염분은 12~28 psu 정도의 범위인 것으로 알려져 있다(Table 1).

황복은 생태적으로 산란기에 하천의 중·상류에 소생하여 산란하고 이곳에서 부화된 자어가 성장하면서 바다로 내려오는 특성을 가지고 있다. 이러한 생태적 특성을 고려하여 본 연구에서는 황복 자치어를 Stage I (부화후 15~30일), Stage II (부화후 36~66일) 및 Stage III (부화후 70~100일)로 성장단계별로 나누어, 염분농도를 0, 10, 20 및 30 psu로 조절하여 사육하였다. 성장의 경우 Stage I 시기에는 실험구간에 차이가 나타나지 않았다. 그러나 Stage II와 III시기의 황복 치어들은 앞서 기술한 다른 해산 또는 기수산 어종과 마찬가지로 해수(30 psu)보다는 기수인 10~20 psu에서 더 빠른 성장을 나타내었고, 0 psu

Table 1. Salinity tolerance and the best salinity conditions for the survival and growth of marine teleost¹

Species	Tolerance	Best growth	Reference
Atlantic cod (<i>Gadus morhua</i>)	14-28 psu	14 psu	Lambert et al. (1994)
Black bream (<i>Acanthopagrus butcheri</i>)	0-60 psu	24 psu	Partridge and Jenkins (2002)
Croaker (<i>Micropogonias furnieri</i>)	10-30 psu	17-19 psu	Aristizabal Abud (1992)
Gilthead seabream (<i>Sparus auratus</i>)	8-38 psu	28 psu	Conides et al. (1997)
Golden-line seabream (<i>Sparus sarba</i>)	0-35 psu	15 psu	Woo and Kelly (1995)
Grouper (<i>Epinephelus coioides</i>)	16-40 psu	16-24 psu	Toledo et al. (2002)
Milkfish (<i>Chanos chanos</i>)	0-55 psu	55 psu	Swanson (1998)
Sea bass (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	0-35 psu	10-20 psu	Johnson and Katavic (1986)
Turbot (<i>Scophthalmus maximus</i>)	0-35 psu	10-19 psu	Gaumet et al. (1995)

¹See data from Boeuf and Payan (2001).

(담수)에서는 가장 느린 성장 속도를 나타내었다.

어류양식 및 종묘생산 시 생산성 증대를 위해, 생존율은 성장과 마찬가지로 중요한 인자이다. 대부분의 어종의 경우, 자·치어들은 삼투조절 에너지를 최소화하고, 체액에 등장인 기수 또는 연안 수계의 염분 범위(8~20 psu)에서 대부분 서식하며, 최적 성장을 나타낸다(Boeuf and Payan, 2001). 따라서 초기 발달동안 사육수 염분이 비적정 수준으로 변화될 경우 변화된 염분은 어류의 대사(Swanson, 1996; Cardona, 2000)에 영향을 미치며 및 그로 인해 생존(Fielder et al., 2001; Partridge and Jenkins, 2002)에 영향을 미친다. 본 연구의 경우 Stage I의 황복 자어(부화 15~30일)는 앞서 전술한 다른 어종과 마찬가지로 기수역 수계의 염분(10~20 psu)에서 최적의 생존율을 나타내었으며, 기수 염분구들 보다는 낮지만 담수와 해수에서 모두 67% 이상의 생존율을 보였다. 부화 1개월 후 치어(Stage II: 부화 36~66일)의 경우 염분별 생존율은 Stage I과 동일한 순서로 실험구별 유의차가 나타났지만, 이 기간 중 평균 생존율은 전반적으로 Stage I과 III 시기에 비해 낮게 나타났다. 특이한 점은 이 시기에 해수구(30 psu)의 생존율은 Stage I에 비해 다소 상승하는 경향을 보였으나, 20 psu 이하의 실험구들은 앞선 시기에 비해 모두 감소하는 것으로 나타났으며, 특히 담수구(0 psu)의 경우 Stage I에 비해 매우 낮은 생존율을 보여, 자어에서 치어로 변태하는 Stage II 시기에는 저염분에 약하고, 오히려 고염분에 강한 호염성 삼투조절 능력을 지닌 것으로 생각된다. 이후 Stage III (부화 70~100일)의 후기 치어기에 이르러서는 황복의 삼투조절 능력과 염분내성이 보다 강화되어, 담수구(0 psu)를 비롯한 모든 실험구가 생존율 93% 이상으로 다른 어떤 시기보다도 강한 염분내성을 나타내는 것으로 나타났다.

이상의 연구결과를 통해 볼 때, 황복은 0~30 psu의 광범위한 염분 조건에서 성장과 생존을 나타내는 광염성 어류로서, 특히 치어기 이후로 염분내성이 탁월해, 해수와 담수를 이용한 사육수 교차 양식이 가능할 것으로 추정된다.

요 약

본 연구에서는 황복, *T. obscurus*의 초기발달동안 자치어의 성장과 생존에 미치는 먹이 종류와 염분별 영향을 조사하였다. 먹이별 실험에서는 *Artemia* 공급 시기인 부화 25일의 자어를 이용해 *Artemia* (대조구)와 5가지의 먹이(실지렁이, 물벼룩, 바지락육질, 배합사료, 곤쟁이)를 30일간 혼합 공급하여 실험구별 성장과 생존율을 비교하였다. 염분별 실험에서는 일령 15일 자어(전장 5.8 ± 0.4 mm: Stage I), 일령 36일 치어(전장 12.0 ± 0.2 mm: Stage II) 및 일령 70일 치어(전장 44.5 ± 0.7 mm: Stage III)를 대상으로 4개의 염분 농도구(0, 10, 20 및 30 psu)를 설정하여 성장과 생존을 비교분석하였다. 먹이실험 결과, 성장도는 배합사료, 실지렁이, 물벼룩 공급구들이 비교적 양호하게 나타났으나, 생존율은 물벼룩 공급구가 가장 높게 나타났으며, 빠른

성장을 보였던 배합사료와 실지렁이 혼합 공급구는 오히려 낮은 생존율을 나타내었다. 염분별 실험에서는 Stage I 경우 성장에 있어 염분별 뚜렷한 차이를 찾아 볼 수 없었으나, 생존율은 10~20 psu구에서 높게 나타났다. 또한 Stage II의 경우 성장과 생존 모두 10~20 psu에서 양호하였으며, Stage III에서는 0~30 psu의 모든 염분 조건에서 정상적인 성장과 생존을 나타내었다.

참고문헌

- Altinok, I. and J. M. Grizzle, 2001. Effects of brackish water on growth, feed conversion and energy absorption efficiency by juvenile euryhaline and freshwater stenohaline fishes. *J. Fish Biol.*, **59**: 1142-1152.
- Boueuf, G. and P. Payan, 2001. How should salinity influence fish growth? *Comp. Biochem. Physiol. C.*, **130**: 411-423.
- Cardona, L. 2000. Effects of salinity on the habitat selection and growth performance of mediterranean flathead grey mullet, *Mugil cephalus* (Osteichthyes, Mugilidae). *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **50**: 727-737
- Chang, Y. J., H. K. Han, Y. J. Chang and H. S. Kim, 1999a. Sperm cryopreservation and fertility of post-thaw sperm in river puffer, *Takifugu obscurus*. *J. Aquaculture*, **12**: 1-5 (In Korean).
- Chang, Y. J., H. K. Han, Y. J. Chang, H. S. Kim and H. T. Huh, 1999b. Physico-chemical properties and cold storage of river puffer (*Takifugu obscurus*) milt. *J. Korean Fish. Soc.*, **32**: 243-246 (In Korean).
- Fashina-Bombata, H. A. and A. N. Busari, 2003. Influence of salinity on the developmental stages of African catfish, *Heterobranchius longifilis* (Valenciennes, 1840). *Aquaculture*, **224**: 213-222.
- Fielder, D. S., W. J. Bardsley, and G. L. Allan, 2001. Survival and growth of Australian snapper, *Pagrus auratus*, in saline ground water from inland New South Wales, Australia. *Aquaculture*, **201**: 73-90.
- Jang, S. W., H. W. Kang and H. K. Han, 1996. Embryonic, larval and juvenile stages in yellow puffer, *Takifugu obscurus*. *J. Aquaculture*, **9**: 11-18 (In Korean).
- Kim W. S., J. K. Jeon, S. H. Lee and H. T. Huh, 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., J. M. Kim, S. K. Yi and H. T. Huh, 1997. Endogenous circadian rhythm in the river puffer fish *Takifugu obscurus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **153**: 293-298.
- Ohgami, H. and Y. Suzuki, 1982. The Influence of rearing condition on survival and cannibalism on fingerlings of tiger puffer (*Takifugu rubripes*). *Bull. Shizouka Pref. Fish. Exp. Station*, **16**: 79-85.
- Park, I. S., H. S. Kim, E. S. Kim, J. H. Kim and C. W. Park, 1997. Cytogenetic analysis of river puffer, *Takifugu obscurus* (Teleostomi: Tetraodontiformes). *J. Korean Fish. Soc.*, **30**: 408-412.
- Partridge, G. J. and G. I. Jenkins, 2002. The effect of salinity on growth and survival of juvenile black bream (*Acanthopagrus*

- butcheri*). Aquaculture, **210**: 219–230.
- Sparks, R. T., B. S. Shepherd, B. Ron, N. H. Richman III, L. G. Riley, G. K. Iwama, T. Hirano and E. G. Grau, 2003. Effects of environmental salinity and 17-methyltestosterone on growth and oxygen consumption in the tilapia, *Oreochromis mossambicus*. Comp. Biochem. Physiol., **136B**: 657–665.
- Swanson, C., 1996. Early development of milkfish: effects of salinity on embryonic and larval metabolism, yolk absorption and growth. J. Fish Biol., **48**: 405–421.
- Yang, S. G., Y. C. Cho and J. K. Kim, 1993. The effect of feeding regimes on the growth and survival of tiger puffer, *Takifugu rubripes* in the seedling production. Bull. Nat'l. Fish Res. Dev. Inst., **48**: 31–46 (In Korean).

원고접수 : 2004년 4월 26일

수정본 수리 : 2004년 7월 26일

책임편집위원 : 강덕영