



무지개송어, *Oncorhynchus mykiss*의 종묘생산에 관한 연구 - 미국산 무지개송어의 부화 및 자치어 성장 -

백국기*, 최영희, 이중철, 박인식, 김영길, 김두년, 이채성¹
강원도내수면개발시험장, ¹국립수산과학원 영동내수면연구소

Studies on Seed Production of Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss* - Hatching rate and early stage performance of USA strain rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* -

Kook-Ki Baik*, Young-Hee Choi, Joong-Chul Lee, In-Sik Park, Young-Kil Kim,
Doo-young Kim and Chae Sung Lee¹

Gangwon Province Inland Fisheries Development Experiment Station, Chuncheon 200-853, Korea

¹Yeongdong Inland Fisheries Research Institute, National Fisheries Research Development and Institute, Yangyang 215-821, Korea

This study examined the hatching rate of eyed-eggs and growth of fingerlings of USA strain rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, which were transplanted on Nov. 17, 2005 from the USA for improvement of breeding. The diameter and weight of eyed-eggs were 4.95 ± 0.34 mm and 0.07 ± 0.003 g, respectively. The eyed-eggs were hatched in 8 days later and hatching rates were 77.3~98.6%. After 56 days from hatching, the fingerlings grew to 4.0 ± 0.7 cm and 0.62 g in total length and body weight, respectively. The relationships between total length (TL) and elapsed days (ED) were expressed as $TL = 0.0366ED + 1.8645$ ($r^2 = 0.9285$, $n = 350$). The relationships between body weight (BW) and elapsed days (ED) were expressed as following; $BW = 0.0638e^{0.0408ED}$ ($r^2 = 0.9917$, $n = 350$). And survival of rainbow trout was $64.5 \pm 1.3\%$ in 56 days after hatching.

Keywords: Rainbow trout, Seed production, Growth of fingerlings, Eyed-eggs

서 론

무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*)는 연어목(Salmoniformes) 연어과(Salmonidae)에 속하는 냉수성어류로 미국 서부 태평양으로 흐르는 수계가 원산지이며, 지금은 미국동부, 캐나다, 유럽, 남미, 일본, 뉴질랜드, 남아프리카 등 열대권을 제외한 전 세계 각처에서 양식되고 있다(Gall and Crandell, 1992; Hershberger, 1992).

우리나라에서의 무지개송어 양식의 역사는 1965년 1월 3일 수산청 정석조 씨의 요청으로 Henry Chlshinet씨(미국 캘리포니아주 Redding시의 Coleman National Fish Hatchery 근무)가 Kemloop 계통의 발안란 1만개를 강원도립송어양식장에 기증하였고, 이를 강원도 화천군 간동면 구만리 화천댐 하단부에서 부화시킨 것이 시초이다(한국송어양식협회, 1990). 그 후 1966년 1월 강원도에서 미국의 몬타나주 테네시시의 국립양어장에서 발

안란 20만개를 이식, 치어 6만마리를 생산하여 6개소에 분양한 실적이 있으며, 1966년 5월 평창군 상리에 강원도립양어장을 이전 설립하고 미국 및 일본에서 발안란 82만개를 이식한 바 있으며, 1968년에는 처음 자체적으로 치어 30만(전장 7~8 cm)마리를 생산하여 하천 및 저수지에 방류한 바 있다(한국송어양식협회, 2005). 그 후 1969년부터 1974년까지(6년) 국립수산진흥원 진해양어장 청평분소에서 강원도립양어장(평창소재)을 위탁 운영하면서 치어 1,365천마리를 생산 분양한 바 있다.

무지개송어는 1982년 국내에서 처음으로 배합사료가 개발되고, 산업화에 따른 소비문화의 확산으로 생산량은 폭발적으로 증가하였으며, 이 후 과잉생산에 따른 가격폭락, 1983년 디스토마 보도, 1991년 에로모나스와 비브리오 폐혈증 파동 등의 악재에도 불구하고 1998년 연간 3,994톤을 생산한 바 있다. 그 후 WTO 체제 출범, 정부의 수질환경 보호정책 및 연근해 수산자원의 감소, 국민의 고급단백질 선호와 주 5일 근무제 확산 등 수산물 생산이 수요에 못 미치고 있는 점 때문에 무지개송어의 양식 전망은 밝은 듯 하였으나, 2005년 10월 5일 말라카이트 그

*Corresponding author: kukib@hanmail.net

린(Malachite green) 파동을 정점으로 생산량은 급격히 감소하였다.

이와 같이 우리나라의 무지개송어 양식의 역사는 40여년이 되었으나 양식업계에서는 성장이 우수한 개체는 헛감용으로 조기 판매하고, 형질이 나쁜 어미로부터 치어를 지속적으로 생산하는 경향이 있으며, 지속적인 근친교배로 형질이 열화되어 생산성이 급격히 하락하는 문제가 있다. 따라서 최근 다수의 양식업자는 우량 발안란을 확보하기 위하여 무지개송어의 원산지인 미국의 전문 종묘생산 양어장으로부터 양질의 발안란을 이식하는 경우가 많은 실정이다.

무지개송어에 관한 연구는 초기사육(Needham and Behnke, 1962), 사육밀도와 수질환경(Yoon et al., 1995), 성숙(Kwon et al., 1993; Mugiya and Thanahashi, 1998), 사료(Jayaram and Beamish, 1992; Gomes et al., 1995), 생태 및 양식(Gall and Crandell, 1992; Hershberger, 1992) 등 많은 연구가 있으나 미국에서 이식된 발안란에 대한 연구결과는 보고된 바 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 무지개송어 품종개량의 목적으로 국내에 이식되고 있는 미국산 무지개송어 발안란을 대상으로 부화와 자치어 성장에 관한 기초 시험을 실시하고 그 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

난의 부화

무지개송어의 발안란은 미국 위싱턴주 시애틀시 Troutlodge hatchery에서 발안란 총 1,044,000개를 2005년 11월 17일 이식하였다. 난 포장은 스티로폼 박스(47×32×3.2 cm) 바닥에 dry ice 1판을 깔고, 35천개의 난판을 3단으로 놓은 후 다시 dry ice 1판을 깔은 뒤 스티로폼 뚜껑을 덮어 총 5 상자로 포장되었다.

난 수송은 미국 Troutlodge hatchery에서 시애틀 공항까지 승용차로 3시간, 시애틀 공항에서 우리나라 인천국제 공항까지 11시간, 다시 2.5톤 트럭으로 춘천시에 위치한 강원도내수면개발 시험장까지 6시간 등 약 20시간 소요되었다.

수용밀도에 따른 발안란의 부화율을 조사하기 위하여 자체 제작한 부화망(Fig. 1)에 발안란을 7,200개, 10,000개, 15,000개의 밀도로 하여 FRP 수조(3.5 m², 1.0×3.5 m)에 2반복으로 수용하였으며, 실험결과는 ANOVA를 실시하여 Duncan's multiple

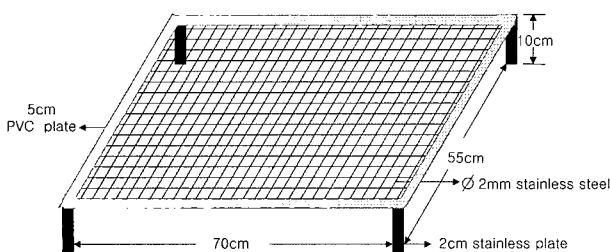


Fig. 1. Hatching tray used in this experiment.

range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성을 검정하였다.

난 부화에 사용한 용수는 소양댐에서 흘러내려오는 하천수(지하 1.0 m에서 인입)와 지하수(지하 150 m에서 인입)를 혼합하여 300 mL/sec로 공급하였으며, 소독을 전혀 하지 않은 상태로 부화시켰다.

부화기간의 환경조사는 수온, DO 및 pH를 매일 10시 기준으로 조사하였으며, 수온은 0.1°C 눈금의 봉상온도계로, DO는 Handy Gamma (Oxy Guard, Denmark)로, pH는 digital handy pH meter (Oxy Guard, Denmark)로 측정하였다. 난의 부화율은 각 수조별로 전량 부화된 후 죽은 난을 수거하여 계수 후 백분율(%)로 환산하였다.

자치어 사육

자치어의 사육은 FRP 수조(1.1×7.4×0.3 m)에 발안란에서 부화된 자어를 1 m³당 26천마리를 기준으로 모두 63,960마리를 수용하여 시험 사육하였다. 사육용수는 부화 시 사용했던 지하수는 중단하고, 하천수만 200 mL/sec로 공급하였으며, 기온 하강 시 하천수온의 급강을 방지하기 위하여 지하수를 섞어서 공급하였다. 먹이는 난황이 흡수되어 부상된 치어부터 Table 1과 같은 조성의 캐나다산(Nutra plus) 배합사료를 사용하였으며, Fig. 2와 같이 자치어의 입 크기를 고려하여 단계별로 공급하였다. 먹이공급 횟수는 부화 후 20일까지는 05시부터 23시까지 1시간 간격으로 10회 공급하고, 그 이후는 9시부터 17시까지 1시간 간격으로 5회 공급하였다.

성장도 조사는 부화 후 7일, 14일, 20일, 33일, 41일, 48일 및 56일째에 50마리씩 무작위 추출하여 전장과 체중을 측정하였으며, 전장은 digital caliper (Mitutoyo, Japan)를 사용하여 0.1 cm

Table 1. Chemical composition of the experimental diets (dry matter basis) used in this experiment

Principal ingredient	Composition (%)
Crude protein (min)	52.0
Crude fat (min)	20.0
Crude fiber (max)	1.0
Ash (max)	10.0
Calcium (act)	2.2
Phos. (act)	1.6
Vitamin A (min)	10000.0 IU/kg
Vitamin D3 (min)	4000.0 IU/kg
Vitamin E (min)	350.0 IU/kg

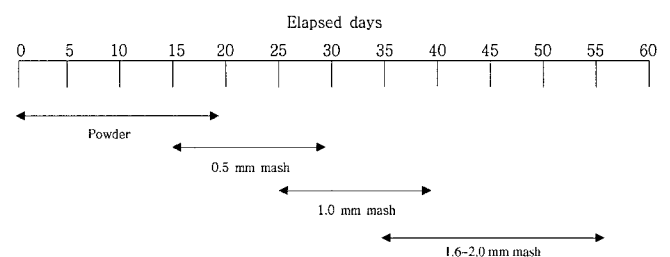


Fig. 2. Feeding regime during the experimental period.

까지 측정하였으며, 체중은 디지털 저울(AND, GF-600, Korea)을 사용하여 0.01 g 단위까지 측정하였다.

측정을 위한 시험어는 얼음을 넣어 빈사 상태에서 측정하였으며, 전장의 일간성장률 및 체중의 일간증중률은 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$\text{전장의 일간성장률} = \ln(\text{사육종료 시 전장}) - \ln(\text{사육개시 시 전장}) \times 100/\text{일수}$$

$$\text{체중의 일간증중률} = \ln(\text{사육종료 시 체중}) - \ln(\text{사육개시 시 체중}) \times 100/\text{일수}$$

생존율은 매일 폐사어를 파악하여 성장도 조사일에 합산하여 백분율(%)로 환산하였으며, 사육환경은 성장도 측정 시에 수온, DO 및 pH를 조사하였다.

결 과

난의 부화

2005년 11월 17일 미국에서 이식된 발안란의 난경은 4.95 ± 0.34 mm, 중량은 0.07 ± 0.003 g였으며, 무소독 사육 관리하여 수송 후 8일째인 11월 25일에 전량 부화하였다.

수용밀도에 따른 발안란의 부화율은 Table 2와 같이 밀도가 가장 낮은 A 그룹($7,200$ 개/ 0.38 m²)이 부화율 $98.6 \pm 3.2\%$ 로 가장 높았으며, 밀도가 가장 높은 C 그룹($15,000$ 개/ 0.38 m²)이 $77.3 \pm 2.5\%$ 로 가장 낮았다.

발안란 부화 기간동안 수온은 $12.0 \pm 0.8^\circ\text{C}$ 였으며, DO는 6.0 ± 0.7 mg/L였고, pH는 6.9 ± 0.4 였다. 부화 시 난은 무소독 처리하여 수생균이 다소 발생하였는데 대부분 겹쳐진 난에서 발생되었으나 비교적 부화율은 높게 나타났다.

자치어의 초기성장

자치어의 사육 기간 중 수온, DO 및 pH는 Fig. 3에 나타났다. 수온은 $9.5 \pm 2.6^\circ\text{C}$ 였으며, DO는 6.5 ± 0.8 mg/L였고, pH는 7.3 ± 0.2 이었다.

부화된 치어를 56일간 실내 사육조에서 사육한 결과는 Fig. 4와 같다. 부화된 자어는 7일째 난황을 70~80% 흡수된 상태에서 전장 2.1 ± 0.3 cm였고, 난황이 완전히 흡수되고, 사료를 먹기 시작한 14일째에는 전장 2.4 ± 0.5 cm로 성장하였으며, 최종 사육 56일에 전장 4.0 ± 0.7 cm로 비교적 완만한 성장을 보였다.

Table 2. Hatching rate of eyed-eggs by stocking density for USA strain rainbow trout

Type	No. of eyed-egg (inds./0.38 m ²)	No. of hatchery (inds.)	Rate of hatchery (%)
A	7,200	7,100±190	98.6±3.2 ^a
B	10,000	8,900±221	89.0±3.7 ^b
C	15,000	11,600±214	77.3±2.5 ^c

*Area of hatching tray.

Values in same columns having the different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

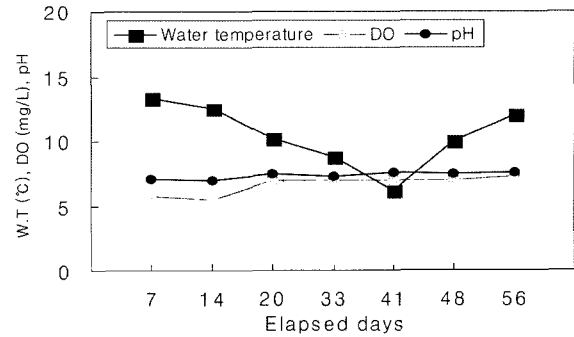


Fig. 3. Changes of water temperature, DO and pH in rearing tank for 56 days.

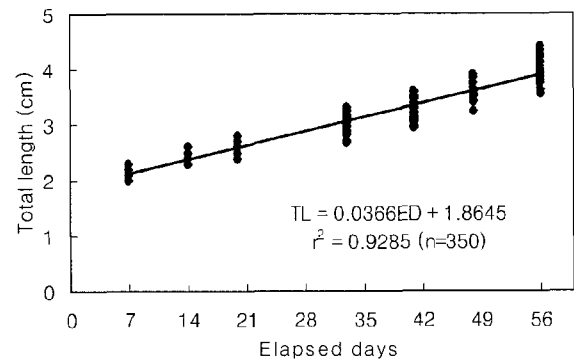


Fig. 4. Regression equations of total length growth in rainbow trout during the experimental period.

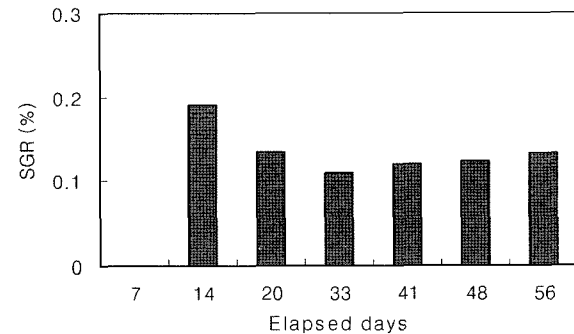


Fig. 5. The variation of specific growth rate (SGR) in total length of rainbow trout fingerlings reared for 56 days.

사육 경과일수(ED)에 대한 전장(TL)의 성장은 지수적인 증가를 보였으며, 관계식은 $TL = 0.0366ED + 1.8645$ ($r^2 = 0.9285$, $n = 350$)로 표시되었다. 전장의 일간성장률은 Fig. 5와 같이 사육 7일째 0.19%가 성장되었으며, 그 후는 0.11~0.13%의 성장을 보였다.

부화된 치어 1마리당 평균 체중은 0.09 g였으며, 부화 후 14~20일째 0.11~0.14 g, 33일째 0.23 g, 41일째 0.33 g로 점차 증가되어 48일째 0.45 g, 56일째 0.62 g로 급증되었다.

사육 경과일수(ED)에 따른 체중(BW)의 성장식은 $BW = 0.0638e^{0.0408ED}$ ($r^2 = 0.9917$, $n = 350$)로 완만한 증가를 보였다(Fig. 6). 체중의 일간증중률은 Fig. 7에서와 같이 14일째까지는 2.9%였고, 그 이후부터 56일까지는 3.8~4.5%로 나타났다. 무지개송어

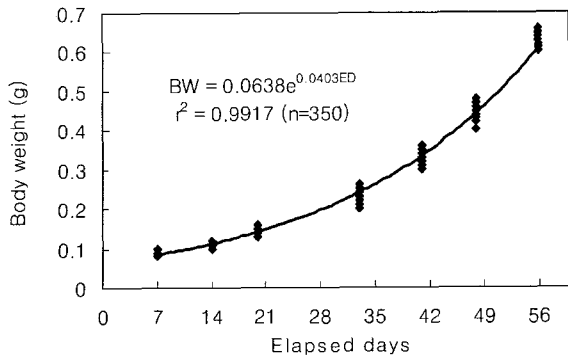


Fig. 6. Regression equations of body weight growth in rainbow trout during the experimental period.

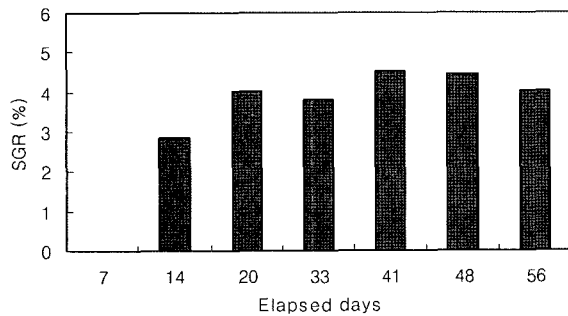


Fig. 7. The variation of specific growth rate (SGR) in body weight of rainbow trout fingerlings reared for 56 days.

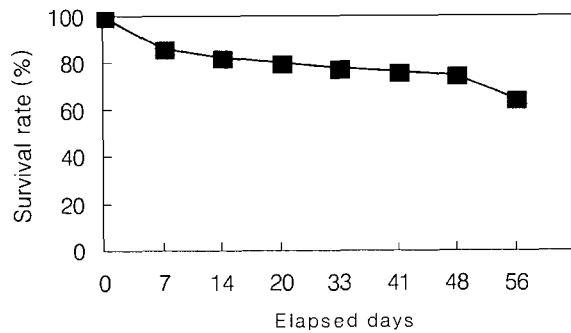


Fig. 8. Survival rate of rainbow trout fingerlings reared for 56 days.

치어의 사육 시험 기간중 생존율은 Fig. 8과 같다. 부화 후 7일째는 86.8%의 생존율을 보였으며, 48일째는 74.4%였고, 56일째 생존율은 64.5%였다.

고 찰

Horstgen et al. (1986)은 무지개송어 계통 간 잡종에 의한 부화율은 순계인 경우 약 67%, 잡종인 경우 69.5%를 얻었다고 보고하였다. 野村(1970)은 발안란으로부터 부화한 부화율은 81.1~99.5%라 하였고, 홍 등(1998)은 78.3%라고 보고하였다.

본 연구에서는 발안란 수용밀도에 따른 부화율은 부화망(0.38 m²)당 밀도가 A 그룹(7,200개/0.38 m²)에서 98.6±3.2%로 높았

으며, C 그룹(15,000개/0.38 m²)에서는 77.4 ±2.5%로 비교적 낮았으며, 평균 87.8% 수준을 나타내어 野村(1970)의 보고와 비슷하였으나 홍 등(1998)의 보고보다는 좋은 결과를 보였다. 이는 선별된 발안란을 이식하였고, 발안란으로부터 부화시켜 소요기간이 짧았기 때문으로 사료된다.

발안란 수용밀도에 관하여 田代 等(1991)은 무지개송어 수정란 수용밀도는 부화조의 크기와 구조에 따라 차이가 있으며, 1.05x1.75x0.5 m의 입체형 부화조에 150만개의 알 수용이 가능하다고 하였다. 本莊·原(1991)은 산천어 수정란을 아트킨스식 부화망(0.1 m²)에 3,000~4,000개 정도씩 수용하는 것이 적당하다고 하였다. 본 연구에서는 동일한 면적으로 비교해 볼 때 本莊·原(1991)과 거의 일치하며, 단위 면적(1 m²)으로 환산하면 30,000개 이하로 유지하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

무지개송어의 부화 적수온은 7~13°C 범위이다. 이 범위를 다소 넘어서도 가능하지만 저온에서는 부화 일수가 길어지며, 고온에서는 발안율이 낮아지고 기형이 증가한다(野村, 1970)고 하였다. 본 연구에서는 시험 기간 동안 수온이 12.0±0.8°C로 부화 및 자치어 사육에 비교적 적합한 수온을 나타내었다.

어류의 부화 치어가 최초 외부의 먹이를 먹는 것은 일반적으로 난황이 완전히 흡수되기 전에 이루어지며(Runa, 1985), 난황이 흡수되면서 외부로부터 먹이 섭취가 이루어져 정상적인 성장과 생존이 이루어진다(Runa, 1990). 또 어중에 따라서 난황이 흡수되는 시기가 다르므로(Kuo et al. 1973), 이에 따른 최초 먹이 공급시기를 결정하는 것도 매우 중요하다고 하였다. 본 연구의 먹이 공급은 난황이 70~80% 흡수된 상태인 부화 후 7일부터 시작하였던 바 먹이섭취가 비교적 양호하였다.

Stickney (1979)는 어류의 성장률은 어종, 크기, 사육수온과 밀도 등에 따라 차이가 생길 수 있다고 보고 하였으며, 무지개송어의 초기 성장에 관하여 홍 등(1998)은 평균 전장 2.5 cm에서 2개월만에 4.4 cm로 성장했다고 보고하였다. Myoung (1992)은 연어에서 부화 된 자어의 평균 전장은 2.27±0.19 cm, 부화 후 약 30일에 평균 전장 3.05±0.17 cm 부화 후 60일에 평균 전장 3.74±0.21 cm로 성장하였다고 보고하였다. 본 연구에서는 부화시 전장 2.1 cm에서 부화 후 56일에 평균 전장 4.0 cm로 성장하여 홍 등(1998)의 무지개송어와 Myoung (1992)의 연어 치어보다 약간 빠른 성장을 보였다.

무지개송어의 1일 전장 성장은 수온 10~12°C에서 Klontz (1991)는 0.741~0.956 mm라 보고하였는데, 본 연구에서는 0.3~0.7 mm로 매우 적은 성장결과를 보였다.

또 무지개송어의 생존율에 관하여 Klontz (1991)는 최초 알로부터 부화자어까지 88.3%, 부상기 자어까지 84.8%였으며, 수확 시까지 63.0% 수준인 것으로 보고하였다. 본 연구에서는 부화 자어 생존율 86.9%로 Klontz (1991)의 결과보다 다소 낮은 생존율을 보였으며, 56일까지는 64.5%의 생존율을 얻어 냉수성 어종인 산천어(Hong et al., 2001) 및 연어(Lee et al., 2001) 치어보다 낮은 생존율을 보였다. 이와 같이 본 연구에서의 성

장 둔화와 생존율 저하의 원인은 고밀도 사육과 저수온(10°C 이하)의 지속으로 먹이섭취가 정상적으로 이루어지지 못하고, 저수온에 의한 스트레스가 크게 작용한 것으로 사료된다.

이상과 같이 본 실험에 대한 결과를 직접 비교할 수 있는 자료가 매우 부족한 실정으로, 향후 우량형질을 판단할 수 있는 초기성장에 대한 다각적인 연구가 필요하다고 생각된다. 나이가 평균 5 cm 이상의 크기까지의 성장 결과가 누적될 경우, 자체생산 및 이식된 집단에 대하여 생활사 초기에 우량형질의 유무를 판단할 수 있는 장점이 있으며, 이를 바탕으로 품종개량용 모집단으로의 사용 유무를 신속히 판단할 수 있어 계획적인 인공종묘생산의 운용이 가능할 것으로 판단된다.

요 약

무지개송어 품종개량의 일환으로 국내에 이식 양식되고 있는 미국산 무지개송어 발안란의 부화와 자치어 성장에서 얻어진 초기사육에 관한 기초적 시험을 실시하고 그 결과는 다음과 같다.

무지개송어 발안란의 난경은 4.95 ± 0.34 mm, 중량은 0.07 ± 0.003 g였다. 발안란은 8일째인 11월 25일에 전량 부화되었으며, 부화율은 평균 87.8%였다.

무지개송어 치어를 56일간 사육한 결과 전장 4.0 ± 0.7 cm로 매우 완만한 성장을 보였으며, 전장의 사육 경과일수에 따른 성장식은 $TL = 0.0366ED + 1.8645$ ($r^2 = 0.9285$, $n = 350$)로 표시되었다.

부화된 치어의 평균 체중은 0.09 g였으며, 사육 14~20일째 0.11~0.14 g로 서서히 증가되어 사육 41일째 0.33 g, 사육 48일째 0.45 g, 56일째 0.62 g로 급증되었으며, 체중의 사육 경과일수에 따른 성장식은 $BW = 0.0638e^{0.0408ED}$ ($r^2 = 0.9917$, $n = 350$)로 표시되었다. 치어의 56일간 사육 시 생존율은 $64.5 \pm 1.3\%$ 였다.

참고문헌

- Duncan, D. B., 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1-42.
- Gall, G. A. E. and P. A. Crandell, 1992. The rainbow trout. *Aquaculture*, 100, 1-10.
- Gomes, E. F., P. Rema and S. J. Kaushik, 1995. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Digestibility growth performance. *Aquaculture*, 130, 177-186.
- Hershberger, W. K., 1992. Genetic variability in rainbow trout populations. *Aquaculture*, 100, 51-71.
- Hong, K. E., C. S. Lee, K. K. Baik, J. H. Lee, K. B. Seong and K. Y. Park, 2001. Artificial seed production and growth of masu salmon, *Oncorhynchus masou*. *Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Ins't. Korea*, 59, 131-139. (in Korean)
- Horstgen-Schwark, G., H. Fricke and H. J. Lancholz, 1986. The effect of strain crossing on the production performance in rainbow trout. *Aquaculture*, 57, 141-152.
- Jayaram, M. G. and F. W. Beamish, 1992. Influence of dietary protein and lipid on nitrogen and energy losses in lake trout, *Salvelinus namaycush*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49, 2267-2272.
- Kuo, C. M., Z. H. Shehadch and K. K. Milisen, 1973. A preliminary report on the development, growth and survival of laboratory reared larvae of the grey mullet, *Mugil caphalus*. *L. J. Fish. Biology*, 5, 459-470.
- Klontz, G. W., 1991. A manual for rainbow trout production on the family-owned farm. University of Idaho. Dept. of Fish & wildlife Resources. Moscow. ID.
- Kwon, H. C., S. Hayashi and Y. Mugiya, 1993. Vitellogenin induction by estradiol- β , in primary hepatocyte culture in the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 104B, 381-396.
- Lee, C. S., C. H. Kim, K. Y. Park, K. W. Hong and K. K. Baik, 2001. Growth, respiration and assimilation efficiency of fingerling of chum salmon, *Oncorhynchus keta*. *Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Ins't. Korea*, 59, 140-145. (in Korean)
- Mugiya, Y. and A. Thanahashi, 1998. Inhibitory effects of Aluminium on vitellogenin induction by estradiol- β , in the primary culture of hepatocytes in the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 109, 37-43.
- Myoung, J. G., 1992. Morphological study of *Oncorhynchus* sp. in Korea. Ph. D. thesis, Nat'l. Fish. Univ., Pusan, 141 pp. (in Korean)
- Needham, P. R. and R. J. Behnke, 1962. The origin of hatchery rainbow trout. *Prog. Fish-Cult.*, 24, 156-158.
- Runa, K. J., 1985. Influence of egg on the growth, Onset of feeding, point-of-no-return and survival of *Oreochromis mossambicus* fry. *Aquaculture*, 46, 119-131.
- Runa, K. J., 1990. Influence of incubation temperature on *Oreochromis niloticus* (L) eggs and fry II. Survival, growth and feeding of fry developing solely on their yolk reserves. *Aquaculture*, 87, 183-195.
- Stickney, R. R., 1979. Principle of warm water aquaculture. John Wiley & Sons., Inc., New York.
- Yoon, J. M., H. Y. Park, K. N. Chang and T. S. Jun, 1995. Optimal stocking density and environmental factors of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in semiclosed recirculation system. *Kor. J. Limnol.*, 28(2), 183-189.
- 野村 稔, 1970. ニジマス卵の孵化と溶存酸素量について. 第27回 養鱒部會要録, 29-35.
- 田代文男·立川 瓦·鎌田淡絳郎·田村榮治·青江 弘·矢辺芳浩. 1991. 養魚講座 第10巻. ニジマス, 録書房, 28-70.
- 本莊鐵夫·原 武史. 1991. 養魚講座 第8巻. ヤマメ·アマゴ, 録書房, 28-34.
- 한국송어양식협회, 1990. 한국송어양식 25주년 기념집, 미성사, pp. 115-125.
- 한국송어양식협회, 2005. 한국송어양식 40주년 기념사, 한국수산신문사, pp. 54-59.
- 홍관의·이채성·이진호·백국기·김찬섭. 1998. 우량품종 개량 및 생산보급. 1998년도 국립수산 과학원 내수면연구소사업 보고, 155-161.