

## 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*)와 은연어(*O. kisutch*)간의 잡종 및 잡종 3배체 생산

박인석·김병기\*·김종만\*·최경철\*\*·김동수\*\*

군산대학교 해양자원육성학과 · \*한국해양연구소 해양생물공학연구그룹\*\*부산수산대학교 양식학과

### Production of Hybrid and Allotriploid between Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Coho Salmon (*O. kisutch*)

In-Seok Park, Pyong Kih Kim\*, Jong Man Kim\*, Gyeong Cheol Choi\*\*  
and Dong Soo Kim\*\*

Department of Marine Living Resources, Kunsan National University, Kunsan 573-360, Korea

\*Marine Biotechnology Research Group, Korea Ocean Research and Development Institute,  
Ansan, P. O. Box 29, Seoul 425-600, Korea

\*\*Department of Aquaculture, National Fisheries University of Pusan, Pusan 608-737, Korea

Hybrid and allotriploid between female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and male coho salmon (*O. kisutch*) were produced by artificial fertilization and heat shocks. Hatching and survival rate of allotriploid at 2 month after hatching was 77.6% and 54.5% respectively, and these rates clearly exceeded those of their hybrid. Cell and nuclear sizes of the erythrocyte of hybrid were intermediate of their parents and those of allotriploid were larger than their hybrid. The somatic chromosome number of viable hybrid was  $2n=60$  and that of allotriploid was  $90\sim 93$  with chromosomal polymorphism. Allotriploid karyotype was constituted by two sets of rainbow trout chromosome and one set of coho salmon chromosome.

Key words : Hybrid, Allotriploid, Rainbow trout, Coho salmon

### 서론

어류에서 종간잡종(interspecific hybrid)의 형성은 우량형질을 가진 두 종간의 교배를 통하여 단기간 내에 최소의 노력으로 산업성있는 획득형질, 즉 잡종강세(heterosis, hybrid vigour)를 얻기 위하여 시도되고 있다(박, 1995; Ihssen *et al.*, 1990; Kim *et al.*, 1995). 특히 어류 양식산업에서의 이러한 종간잡종 유도는 암, 수

간에서 성장, 외형 및 색깔등 산업적 차이를 나타내는 종인 경우 이들로부터 단성집단(monosex population)의 생산을 위하여, 혹은 종간잡종에 기인된 불임성개체의 생산을 위하여 시도되고 있다(Chevassus, 1983; Ihssen *et al.*, 1990). 그러나 유도된 종간잡종의 초기생존율은 매우 낮게 나타나 이러한 낮은 초기생존율을 극복하기 위한 방법으로 이들 종간잡종과 염색체공학을 중복 사용하여 유도되는 잡종 3배체(hybrid trip-

이 연구는 한국해양연구소의 첨단요소과제 개발사업인 '신품종 어류 개발에 관한 연구'로 수행되었음(과제번호 : BSPN 00209-594-3).

loid, allotriploid)가 중간잡종의 생존을 증가에 이용되고 있다(박, 1993; Chevassus *et al.*, 1983; Kim *et al.*, 1995; Scheerer and Thorgaard, 1983).

연어과 어류중 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*)는 현재 우리나라에서 대량 사육중인 어종으로서 그간 많은 사육기술이 축적되어 있고 일부 유전육종학적 측면에서의 품종개량도 이루어져 있는 종이다(Kim *et al.*, 1986, 1988). 은연어(*O. kisutch*)는 최근 미국에서 발안란이 도입되어 사육이 실시되고 있는 냉수성어종으로서 맛이 좋고 대형으로 무지개송어에서 초기폐사를 일으키는 Infectious hematopoietic necrosis (IHN) virus에 강한 장점들을 지니고 있으나 심한 비늘탈락에 의한 운반시의 어려움 및 질병 감염과 아울러 현재 무지개송어 양식여건과 비교시 사육방법이 잘 정착되어 있지 못하는 단점이 있다. 아울러 은연어는 국내에서 담수산육시 당년 10월까지 150~200 g으로 성장이 국한되는 어려움이 있으나 해수에 순치후 육성수온의 한계인 다음해 6월경까지 체중 2 kg 이상으로 성장시킬 수 있는 대형어종으로서 해상가두리에서 방어나 넉치등의 온수성어류 양식이 불가능한 저수온기에 이들의 대체 양식어종으로 유망하다(김·박, 1990; Kim *et al.*, 1989; Parsons *et al.*, 1986).

따라서 본 연구는 무지개송어와 은연어 간에서 잡종강세를 얻기위해 우선 잡종을 유도하였으며 중간잡종은 초기생존율이 매우 낮은 점(Scheerer and Thorgaard, 1983)을 감안하여 초기생존율을 높이기 위한 잡종 3배체 생산기술 확립 및 잡종 3배체의 세포유전학적 조사, 형태학적 조사를 실시하였다.

## 재료 및 방법

천어로 사용된 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*) 암컷과 은연어(*O. kisutch*) 수컷은 1989년 호림수산 미탄 송어양식장에서 염색체수  $2n=60$  및  $2n=61$ 의 염색체다형(chromosomal poly-

morphism)을 나타내는 건강한 개체로부터 난자와 정자를 채취하여 실험에 사용하였다. 인공 수정에 의해 무지개송어 암컷과 은연어 수컷 간의 잡종을 유도하였으며 Kim *et al.* (1986, 1988)의 방법에 의거 잡종 3배체 및 무지개송어 3배체를 유도하였다. 각 실험군을 대상으로 부화율 측정 및 부화후 1개월, 부화후 2개월에서의 초기생존율을 계산하였다.

무지개송어, 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종, 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종 3배체 및 은연어의 적혈구 핵, 세포 크기를 측정하기 위해 전장 약 10 cm 내외의 실험군 각개체 미부정맥 으로부터 적혈구를 채취한 후 슬라이드에 도말하여 고정한 다음 Giemsa 혹은 May-Grünbaldt Giemsa 용액으로 염색하였다. 각 개체당 100개 이상의 적혈구를 대상으로 현미경( $\times 1,000$ ) 하에서 세포 및 핵의 장, 단경을 micrometer로 측정하였으며 이들의 표면적과 부피는 Sezaki and Kobayashi (1978) 및 Lemoine and Smith (1980)의 방법으로 계산하였다. 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종 3배체의 무지개송어, 은연어와의 적혈구 핵, 세포에서의 유의한 차이 정도 파악은 minitab을 사용한 ANOVA test에 의하였다.

무지개송어, 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종 3배체, 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종 및 은연어의 염색체 수 조사는 Klingerman and Bloom (1977)의 방법으로 50개 내외의 발안란을 대상으로 실시하였으며 핵형분석은 Levan *et al.* (1964)의 기준에 의거하였다.

전장 10 cm의 parr단계 무지개송어, 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종 3배체, 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종 및 은연어의 외형을 서로 비교하였으며 무지개송어, 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종 3배체 및 은연어의 외형을 사진촬영하였다.

## 결 과

무지개송어, 무지개송어 3배체, 무지개송어 암

컷과 은연어 수컷간 잡종 3배체, 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종 및 은연어의 부화율 및 부화후 1개월과 부화후 2개월의 초기생존율은 Table 1과 같다. 무지개송어, 은연어의 부화율은 각각 86.0%, 80.3%인 반면 무지개송어 암컷과 은연어 수컷 잡종은 51.7%로 낮은 부화율을 나타내었다. 무지개송어 3배체의 부화율은 78.7%로 무지개송어에 비해 다소 낮은 부화율을 보였으며 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종 3배체의 부화율은 77.6%로 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종의 부화율 51.7%에 비해 높은 부화율을 나타내었다. 모든 실험군에서 부화후 1개월의 초기생존율은 부화후 2개월의 초기 생존율에 비해 다소 낮게 나타났으며 특히, 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종은 부화후 1개월에 8.2%의 매우 낮은 초기생존율을 보였으며 부화후 2개월에는 40.0%의 낮은 초기생존율을 나타내었다. 반면 무지개송어 3배체, 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종 3배체의 부화후

1개월의 초기생존율은 각각 80.2%, 76.9%로 무지개송어, 은연어의 부화후 1개월의 초기생존율 88.8%, 80.9%에 비해 다소 낮게 나타났으나 부화후 2개월의 초기생존율은 무지개송어 3배체, 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종 3배체가 각각 89.6%, 91.4%로 나타나 무지개송어, 은연어의 94.3% 및 91.0%와 유사하였다. 부화시 부터 부화후 2개월까지의 초기생존율은 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종은 1.7%로 매우 낮은 반면 무지개송어 3배체, 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종 3배체는 56.6%, 54.5%의 초기생존율을 보여 무지개송어의 71.9%에 비해 낮은 초기생존율을 보였으나 은연어의 59.1%의 초기생존율과 유사하였다.

무지개송어, 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종, 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종 3배체 및 은연어의 적혈구 핵 및 세포 크기 측정 결과는 Table 2와 같다.

Table 1. Hatching and early survival rate of experimental groups

Exp. group*	Hatching rate (%)	Survival at post-hatching (%)		
		1-Month	2-Month	Total
RT	98/114 (86.0)	87/ 98 (88.8)	82/87 (94.3)	82/114 (71.9)
RT-3n	96/122 (78.7)	77/ 96 (80.2)	69/77 (89.6)	69/122 (56.6)
Allo-3n	121/156 (77.6)	93/121 (76.9)	85/93 (91.4)	85/156 (54.5)
Hybrid	61/118 (51.7)	5/ 61 (8.2)	2/ 5 (40.0)	2/118 (1.7)
CS	110/137 (80.3)	89/110 (80.9)	81/89 (91.0)	81/137 (59.1)

\* RT, rainbow trout ; CS, coho salmon ; Allo-3n, allotriplod

Table 2. Comparison of erythrocyte size measured from rainbow trout, coho salmon, and their hybrid and allotriplod

	Exp. group*	Major axis (μm)	Minor axis (μm)	Surface area (μm <sup>2</sup> )	Volume (μm <sup>3</sup> )
Cell**	RT	14.30±0.58 <sup>a</sup>	8.78±0.21 <sup>a</sup>	92.16± 6.87 <sup>a</sup>	543.81± 49.36 <sup>a</sup>
	Hybrid	14.91±0.56 <sup>a</sup>	8.32±0.17 <sup>a</sup>	96.71± 5.91 <sup>a</sup>	540.32± 47.21 <sup>a</sup>
	Allo-3n	20.26±1.53 <sup>b</sup>	13.13±0.72 <sup>b</sup>	204.37±24.72 <sup>b</sup>	1828.57±103.49 <sup>b</sup>
	CS	15.52±0.52 <sup>c</sup>	9.08±0.32 <sup>c</sup>	110.85± 8.16 <sup>c</sup>	672.93± 77.75 <sup>c</sup>
Nucleus**	RT	6.82±0.31 <sup>a</sup>	3.91±0.16 <sup>a</sup>	19.94± 1.03 <sup>a</sup>	52.78± 4.39 <sup>a</sup>
	Hybrid	7.27±0.28 <sup>a</sup>	3.83±0.18 <sup>a</sup>	20.39± 1.54 <sup>a</sup>	54.12± 5.77 <sup>a</sup>
	Allo-3n	10.63±0.47 <sup>b</sup>	7.76±0.41 <sup>b</sup>	60.73± 7.78 <sup>b</sup>	331.63± 47.58 <sup>b</sup>
	CS	7.84±0.36 <sup>c</sup>	4.09±0.15 <sup>c</sup>	25.20± 1.88 <sup>c</sup>	68.85± 8.52 <sup>c</sup>

\* RT, rainbow trout ; CS, coho salmon ; Allo-3n, allotriplod

\*\* Values are means±SD. Means within a column superscripted with different letters are significantly different (P<0.05).

적혈구 세포의 장축, 단축, 표면적 및 부피에서 무지개송어는 14.30  $\mu\text{m}$ , 8.78  $\mu\text{m}$ , 92.16  $\mu\text{m}^2$ , 543.81  $\mu\text{m}^3$ 을 은연어는 15.52  $\mu\text{m}$ , 9.08  $\mu\text{m}$ , 110.85  $\mu\text{m}^2$ , 672.93  $\mu\text{m}^3$ 을 각각 나타내었으며 잡종은 이들의 중간 크기로 14.91  $\mu\text{m}$ , 8.32  $\mu\text{m}$ , 96.71  $\mu\text{m}^2$ , 540.32  $\mu\text{m}^3$ 을 나타내었다. 잡종 3배체는 모계 기원의 부수적인 반수체 증가로 인한 적혈구 세포의 장축, 단축, 표면적 및 부피에서의 증가를 보여 20.26  $\mu\text{m}$ , 13.13  $\mu\text{m}$ , 204.37  $\mu\text{m}^2$ , 1828.57  $\mu\text{m}^3$ 을 나타내었다.

적혈구 핵의 장축, 단축, 표면적 및 부피에서 무지개송어는 6.82  $\mu\text{m}$ , 3.91  $\mu\text{m}$ , 19.94  $\mu\text{m}^2$ , 52.78  $\mu\text{m}^3$ 을 은연어는 7.84  $\mu\text{m}$ , 4.09  $\mu\text{m}$ , 25.20  $\mu\text{m}^2$ , 68.85  $\mu\text{m}^3$ 을 각각 나타내었으며 잡종은 이들의 중간크기로 7.27  $\mu\text{m}$ , 3.83  $\mu\text{m}$ , 20.39  $\mu\text{m}^2$ , 54.12  $\mu\text{m}^3$ 을 나타내었다. 잡종 3배체는 적혈구 세포 크기에서의 증가와 마찬가지로 적혈구 핵에서의 증가를 역시 나타내어 장축은 10.63  $\mu\text{m}$ , 단축은 7.76  $\mu\text{m}$ , 표면적은 60.73  $\mu\text{m}^2$ , 부피는 331.63  $\mu\text{m}^3$ 을 나타내었다. 잡종 3배체는 적혈구 세포의 장축, 단축, 표면적 및 부피에 있어 배수화에 기인되어 크기 증가를 보였으나 그 크기 증가경향은 잡종 3배체 유도시 사용된 은연어

수컷친어 보다는 암컷친어인 무지개송어에 더 가깝게 나타났다( $P < 0.05$ ).

무지개송어 암컷과 은연어 수컷으로부터 유도된 잡종의 생존한 개체들의 염색체수는  $2n=60$ 로 나타났다(Fig. 1). 염색체수  $2n=60$ 인 잡종의 핵형분석 결과 암, 수 모두에서 무지개송어 난자로부터 기인된 22개의 metacentric 또는 sub-metacentric 염색체, 7개의 subtelocentric 또는 acrocentric 염색체 및 1개의 subtelocentric 염색체인 성염색체와 아울러 은연어 정자로부터 기인된 heteromorphic한 성염색체가 존재하지 않는 23개의 metacentric 또는 submetacentric 염색체, 7개의 acrocentric 염색체로 구성되어 있었다. 그러나 무지개송어 암컷과 은연어 수컷 잡종 3배체의 염색체 분석결과  $3n=90\sim 93$ 의 염색체다형현상을 보였으며 arm number수는 모두 157개로 나타났다. Fig. 2는 무지개송어 암컷과 은연어 수컷 잡종 3배체의 중기 염색체 상으로 염색체수는  $3n=93$ 이며  $2n$ 의 무지개송어 염색체 그리고  $n$ 의 은연어 염색체로 구성되었다.

유도된 무지개송어 암컷과 은연어 수컷 잡종 3배체는 외형상 무지개송어 암컷과 은연어 수컷의 잡종과 유사하였다. Fig. 3에서 나타나듯이

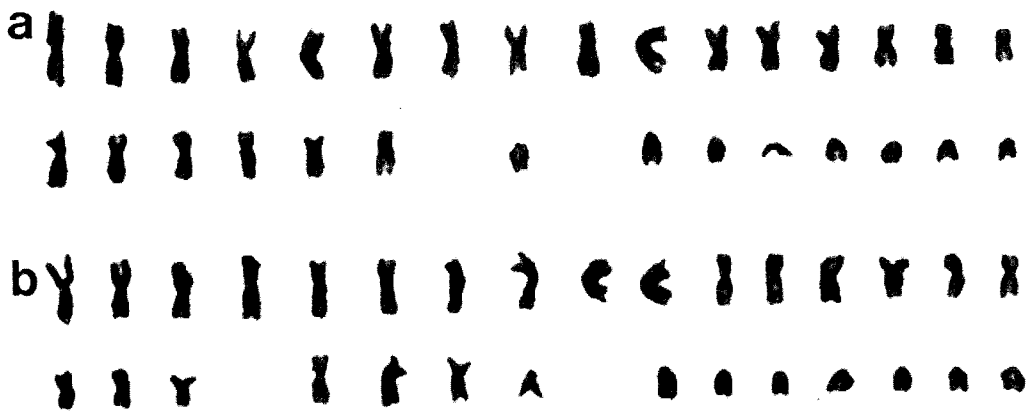


Fig. 1. Idiograms of hybrid between rainbow trout and coho salmon ( $2n=60$ ). a : haploid from coho salmon ; b : haploid from rainbow trout.

고찰

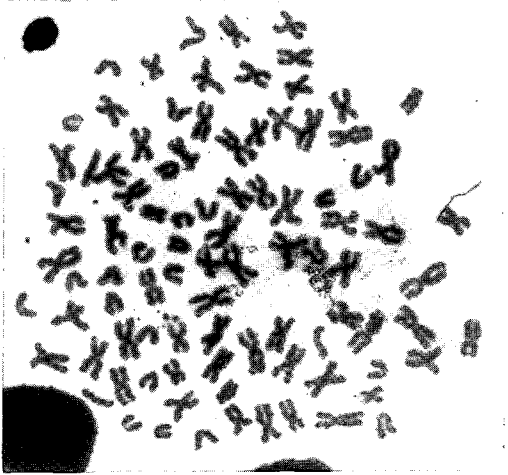


Fig. 2. Metaphase of allotriploid with chromosome number of  $3n=92$  between female rainbow trout and male coho salmon.

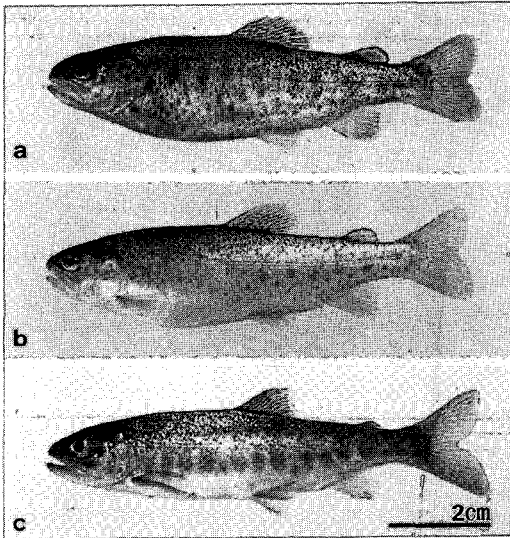


Fig. 3. External morphology of rainbow trout (a), allotriploid (b) and coho salmon (c). Bar indicates 2 cm.

잡종 3배체는 무지개송어, 은연어에 비해 외형, parr무늬의 크기와 분포양상, 기름지느러미와 꼬리지느러미를 포함한 각 지느러미의 크기와 형태에 있어 중간형질을 나타내었다.

무지개송어 암컷과 은연어 수컷 잡종의 적혈구 세포 및 핵의 크기는 사용된 무지개송어와 은연어의 중간을 나타내었으며 무지개송어 암컷과 은연어 수컷 잡종 3배체는 사용된 무지개송어와 은연어의 적혈구 세포 및 핵의 크기에 비례하여 3배체의 특성인 크기 증가를 보였다. 잡종 3배체의 잡종에 비해 적혈구의 세포 및 핵에서의 크기 증가는, 무지개송어 3배체의 무지개송어 2배체에 비해 적혈구의 세포 및 핵에서의 크기증가(Kim *et al.*, 1988)와 비교시, 다소 높게 나타남은 잡종 3배체 유도시 사용된 수컷 은연어의 무지개송어에 비해 비교적 큰 적혈구의 세포 및 핵에 기인된 것으로 사료된다.

본 연구의 무지개송어 2배체 적혈구의 세포 및 핵크기를 Kim *et al.* (1988)이 보고한 무지개송어 2배체 적혈구의 세포 및 핵 크기와 비교시 다소 낮게 나타남은 사용된 무지개송어의 계통간 차이 혹은 계측시의 오차들에 기인된 것으로 생각할수 있으나 그 정확성을 기하기 위해, 이를 보완할수 있는 flow cytometry에 의한 각 실험군을 대상으로 한 DNA함량 측정(박, 1992; Ihssen *et al.*, 1990)이 필요하리라 사료된다.

아울러 본 연구의 잡종 3배체 적혈구 세포의 장축, 단축, 표면적 및 부피에 있어 비록 배수화에 기인되어 그 크기 증가를 보였으나 그 크기 증가경향은 사용된 은연어 수컷 친어 보다는 암컷 무지개송어 친어에 더 가깝게 나타남은 무지개송어 난의 제2 극체 방출억제에 의한 반수체 난의 2배체화에 기인된 것으로, 이러한 경향은 미꾸라지, *Misgurnus mizolepis*와 미꾸리, *M. anguillicaudatus*의 잡종 3배체 그리고 미꾸리와 미꾸라지의 잡종 3배체의 일부 계측형질에서도 나타난바 있다(박, 1992).

무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종의 부화율은 대조군의 부화율을 기준시 40~80%에 해당하는 결과가 보고된 바 있으며(Chevassus,

1979) 본 연구 결과 역시 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종의 부화율은 대조군 무지개송어 부화율의 60.1%, 대조군 은연어 부화율의 64.4%에 해당하여 여타 연어과 어류 잡종화시의 부화율 결과에 비해 비교적 높은 부화율을 나타내었다. 그러나, 이러한 비교적 높은 부화율은 부화후 2개월 내에 1.7%의 매우 낮은 생존율을 보였으며 이러한 낮은 생존율은 특히, 부화후 1개월 동안의 높은 폐사율에 기인하였다. 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종의 이러한 매우 낮은 초기생존율은 매우 낮은 발안율과 동시에 부화가 이루어지지 않기 때문에 1년 이내에 단지 소수의 개체만이 생존한다는 결과를 보고한바 있다(Chevassus, 1979; Parsons *et al.*, 1986).

무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종 3배체는 부화율 및 부화후 1개월, 부화후 2개월의 초기 생존율에 있어 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종에 비해 높았으며 이러한 높은 생존율은 잡종 3배체의 발생능력이 거의 정자 공여 종의 유해한 유전자 정도에 좌우되는 것인데 반해 배수화시 2조의 모계염색체가 정상 난발생을 가능케 함에 기인된 것이다(Arai, 1988; Scheerer and Thorgaard, 1983). 그러나, Kim *et al.* (1995)은 미꾸리와 미꾸라지의 잡종은 잡종 3배체에 비해 초기 생존율이 높았다. 또한, 무지개송어 3배체와 잡종 3배체의 부화율 및 초기 생존율은 대조군보다 낮아 배수체 유도를 위한 온도 처리가 초기 생존에 영향을 끼치는 것으로 나타나 Kim *et al.* (1994)의 결과와 유사하였다.

어류 염색체 다형현상은 무지개송어(김 등, 1990; Hartley and Horne, 1982; Thorgaard, 1976, 1983)와 은연어(김·박, 1990)에서 밝혀진바 있다. 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종 3배체 역시 염색체수  $3n=90\sim 93$ 개의 염색체 다형현상을 나타내었으며 무지개송어 3배체(Kim *et al.*, 1986)에서와 마찬가지로 핵형은 모계인 무지개송어 기원인 염색체 2조와 부계인 은연어 기원인 염색체 1조로 구성되었다. 그러나 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종은

염색체수  $2n=61$ 의 개체는 발견되지 않고 모두 염색체수  $2n=60$ 의 개체만이 생존성이 있었다. 이는 염색체수  $2n=60$ 인 잡종의 경우 배우자 수준의 비상보성이 극복되는 반면 염색체수  $2n=61$ 인 개체는 염색체상의 비상보성으로 인해 발생초기에 거의 치사되는 것으로 사료된다. 그러나 염색체수  $2n=60$ ,  $2n=61$ ,  $2n=62$ ,  $2n=63$ 의 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종 3배체에서 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종에서 나타나는 초기치사가 극복되는 것은 생존성 있는 무지개송어, 은연어의 유도 3배체와 마찬가지로 Robertsonian 전좌에 기인되는 것으로 생각되며 아울러 이들 잡종 3배체가 모계로부터의 유전자를 배가시켜 정자유전자의 비를 감소시키기 때문에 잡종 염색체 사이의 비상보성이 극복될수 있는 것으로 사료된다(김·박, 1990; 김 등, 1990; Arai, 1988).

잡종은 외부형질에서 사용된 종의 중간형질을 따르나 일부 형질에서는 사용된 암, 수 중종 어느 한쪽을 닮게 나타나고 있어 차후 잡종 그리고 잡종 3배체를 대상으로 외부형질 및 계측형질적 측면에서의 조사가 필요하다고 생각된다(박, 1992; Bhowmick *et al.*, 1981; Dunham *et al.*, 1982; Kim *et al.*, 1988). 아울러 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종 3배체는 높은 생존율을 나타내므로, 차후 잡종 그리고 잡종 3배체를 대상으로 성비 조사와 아울러 성비에 따른 염색체수 조사를 실시하여 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종 3배체에서 염색체 재배열이 성비에 어떠한 영향을 주는지 알아봄이 필요하다. 또한, 무지개송어 암컷과 은연어 수컷간 잡종 3배체의 사용된 친어 2종으로 부터의 잡종강세 즉 성장을 증가, 내병성 증가, 비늘탈락 억제, 맛과 육질 개선 및 불임성 조사 등의 양식산업적 경제성 분석이 필요하리라 사료된다.

## 요 약

경제성이 높은 어종인 무지개송어와 은연어를

대상으로 두 종간의 장점을 갖춘 신품종을 개발하기 위하여 종간 잡종 및 잡종 3배체를 유도하였다.

그 결과, 잡종의 부화율은 51.7%로 여타 대조군에 비해 낮았으나 잡종 3배체의 부화율은 77.6%로 무지개송어 3배체와 유사한 부화율을 보였다. 또한 부화 2개월후의 생존율은 잡종인 경우 1.7%로 매우 낮았으나 잡종 3배체는 54.5%로 무지개송어 3배체의 56.6% 생존율과 유사하였다. 잡종의 세포 및 핵의 평균 크기는 양친으로 사용된 두 종의 중간을 보였으며 잡종 3배체의 세포 및 핵의 크기는 잡종에 비해 크게 나타났다. 잡종의 염색체수는 60개로 나타나  $n=30$ 의 염색체수를 가진 무지개송어 난자와  $n=30$ 의 염색체수를 가진 은연어 정자와 교배된 개체만이 생존력을 갖는 것으로 나타났다. 잡종 3배체의 경우 그의 염색체수는 90~93개로 Robertsonian형의 전좌에 의한 염색체 다형현상을 보여주었다.

## 참 고 문 헌

- Arai, K., 1988. Viability of allotriploids in salmonids. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 54 : 1695-1701.
- Bhownmick, R. M., R. K. Jana, S. D. Gupta, G. V. Kowtal, and M. Rout, 1981. Studies on some aspects of biology and morphometry of the intergenic hybrid, *Catla catla* Hamilton  $\times$  *Labeo rohita* Hamilton produced by hypophysation. Aquaculture, 23 : 367-371.
- Chevassus, B., 1979. Hybridization in salmonids : results and perspectives. Aquaculture, 17 : 113-128.
- Chevassus, B., 1983. Hybridization in fish. Aquaculture, 33, 245-262.
- Chevassus, B., R. Guyomard, D. Chourrout, and E. Quillet, 1983. Production of viable hybrids in salmonids by triploidization. Genet. Sel. Evol., 15 : 519-532.
- Dunham, R. A., R. O. Smitherman, M. J. Brooks, M. Benchakan, and J. A. Chappell, 1982. Paternal predominance in reciprocal channel-blue hybrid catfish. Aquaculture, 29 : 389-396.
- Hartley, S. E. and M. T. Horne, 1982. Chromosome polymorphism in the rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). Chromosome, 87 : 461-468.
- Ihssen, P. E., L. R. Mckay, I. McMillan, and P. B. Phillips, 1990. Ploidy manipulation and gynogenesis in fishes : cytogenetic and fisheries applications. Trans. Am. Fish. Soc., 119 : 698-717.
- Kim, D. S., I.-B. Kim, and Y. G. Baik, 1986. A report of triploid rainbow trout production in Korea. Bull. Kor. Fish. Soc., 19 : 575-580.
- Kim, D. S., I.-B. Kim, and Y. G. Baik, 1988. Early growth and gonadal development of triploid rainbow trout, *Salmo gairdneri*. J. Aquacult., 1 : 41-51.
- Kim, D. S., J.-Y. Jo, and T.-Y. Lee, 1994. Induction of triploid in mud loach (*Misgurnus mizolepis*) and its effect on gonad development and growth. Aquaculture, 120 : 263-270.
- Kim, D. S., Y. K. Nam, and I.-S. Park, 1995. Survival and karyological analysis of reciprocal diploid and triploid hybrids between mud loach (*Misgurnus mizolepis*) and cyprinid loach (*Misgurnus anguillicaudatus*). Aquaculture, 135 : 257-265.
- Kim, J.-M., J.-G. Myoung, P.-K. Kim, and H. T. Huh, 1989. Experimental culture of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, in Korean waters. Ocean Res., 11 : 17-21.
- Klingerman, A. D. and S. E. Bloom, 1977. Rapid chromosome preparations from solid tissues of fishes. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 34 : 266-269.
- Lemoine, H. L., Jr. and L. T. Smith, 1980. Polyploidy induced in brook trout by cold shock. Trans. Am. Fish. Soc., 109 : 626-631.
- Levan, A., K. Fredga, and A. A. Sanberg, 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. Hereditas, 52 : 201-220.
- Parsons, J. E., R. A. Busch, G. H. Thorgaard, and P. D. Scheerer, 1986. Increased resistance of triploid rainbow trout  $\times$  coho salmon hybrids to infectious hematopoietic necrosis virus. Aquaculture, 57 : 337-343.

- Scheerer, P. D. and G. H., Thorgaard, 1983. Increased survival in salmonid hybrids by induced triploidy. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 40 : 2040-2044.
- Sezaki, K. and H. Kobayashi, 1978. Comparison of erythrocytic size between diploid and tetraploid in spinous loach, *Cobitis biwae*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 44 : 851-854.
- Thorgaard, G. H., 1976. Robertsonian polymorphism and constitutive heterochromatin distribution in chromosomes of the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Cytogent. Cell Genet.*, 17 : 174-3184.
- Thorgaard, G. H., 1983. Chromosomal differences among rainbow trout populations. *Copeia*, 3 : 650-662.
- 김동수 · 박인석, 1990. 은연어 (*Oncorhynchus kisutch*)의 염색체 다형현상. *한국어류학회지*, 2 : 211-216.
- 김동수 · 김종만 · 박인석, 1990. 양식산 무지개송어 (*Oncorhynchus mykiss*) 2배체 및 유도된 3배체의 염색체 다형현상. *한국양식학회지*, 3 : 145-153.
- 박인석, 1992. 미꾸리와 미꾸라지의 잡종 및 잡종 3배체에 관한 연구. 부산수산대학교 박사학위논문. pp. 84.
- 박인석, 1993. 염색체 조작에 의한 어류의 생물공학. 제주대 해양연구소 연구보고, 17 : 93-114.
- 박인석, 1995. 잡종화 기법을 이용한 어류의 유전 육종. 군산대 해양개발연구소 논문, 7 : 47-68.