

## 무지개송어, *Oncorhynchus mykiss*와 산천어, *O. masou*간의

### 잡종 및 잡종 3배체 생산

#### II. 성비 및 계측형질 특징

박인석 · 최경철\* · 김동수\*

군산대학교 해양자원육성학과, \*부경대학교 양식학과

## Production of Hybrid and Allotriploid between Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss* and Cherry Salmon, *O. masou*

### II. Characteristics of Sex Ratio and Morphometric Traits

In-Seok Park, Gyeong-Cheol Choi\* and Dong Soo Kim\*

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

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

Characteristics of sex ratio and morphometric traits of induced allotriploid between female rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* and male cherry salmon, *O. masou* were performed. Sex ratios in both rainbow trout and cherry salmon were equally 1 : 1, while hybrid and allotriploid revealed higher proportion of male offspring ( $p < 0.01$ ). Body trait measurements of allotriploid in head height/head length, length of dorsal fin base/body length and length of pectoral fin/body length were intermediate to their parental species, while in length of upper jaw/head length, allotriploid much more resembled that of rainbow trout. These facts proved that allotriploidization improved characters in sex ratio and morphometric traits compared to those of their parental species.

Key words : Rainbow trout, Coho salmon, Allotriploid, Sex ratio, Morphometric traits

#### 서 론

양식산업에서 잡종화는 잡종개체가 산업적으로 유용한 잡종강세를 보임으로서 시도되고 있으나 (Chevassus, 1979 ; Kim et al., 1996 ; 김 등, 1995) 유도된 잡종의 생존율이 낮게 나타나 이러한 낮은 생존율을 높이기 위한 방편으로 잡종개체를 대상으로 한 3배체화 즉, 잡종 3배체 유

도가 실시되고 있다(Thorgaard, 1983 ; 박과 김, 1997 ; 박 등, 1996).

이러한 잡종과 잡종 3배체를 대상으로 한 성비에 대한 연구는 잉어, *Cyprinus carpio*와 백연어, *Hypophthalmichthys molitrix*의 잡종에서는 수컷이 발견 안되며 plaice, *Peluronectes platessa*와 flounder, *Platichthys flesus*의 잡종 3배체에서는 수컷이 과다하게 발견된 바 있다(Buss

본 연구는 한국과학재단 연구지원인, '96 핵심전문 연구과제(KOSEF : 961-0609-084-1)에 의한 결과로 연구비 지원에 감사드립니다.

and Miller, 1967 ; Bakos et al., 1978 ; Lincoln, 1981).

잡종 3배체의 확인법 중 형태학적 분석법은 잡종 3배체가 가끔 양친의 어느 한쪽 형질을 많이 닮거나 양친에 존재하지 않는 형질을 나타내므로 절대적인 방법은 아니나, 대체로 잡종 3배체의 형질은 잡종과 마찬가지로 잡종 3배체 유도시 사용된 양친의 중간형을 나타내므로 잡종 3배체 평가의 한 방법으로 사용되고 있다(Chevassus, 1983 ; 박, 1992, 1995 ; 박 등, 1996).

본 연구는 생식생물학적 연구 측면에서 무지개송어, *Oncorhynchus mykiss*와 산천어, *O. masou*의 성비 및 무지개송어 암컷과 산천어 수컷간 잡종의 성비를 조사하여, 잡종의 성비를 무지개송어와 산천어의 성비와 비교하였다. 아울러 잡종 3배체의 성비를 조사하여 잡종의 성비와 비교하였다. 잡종 3배체의 외형에 있어서 유전양상과 잡종 3배체의 구별을 위한 방편으로 무지개송어, 산천어 및 잡종 3배체의 각 개체들을 대상으로 형태학적 계측형질을 측정하였으며 이들을 서로 비교분석하였다.

## 재료 및 방법

박 등(1997)의 방법으로 유도된 무지개송어, *Oncorhynchus mykiss* 암컷과 산천어, *O. masou* 수컷 간의 잡종 및 잡종 3배체를 실험에 사용하였다. 생식소가 충분히 형성된 전장 10 cm 내외의 무지개송어, 산천어, 잡종 및 잡종 3배체의 개체 각 50마리를 대상으로 성비 측정을 실시하였다. 각 개체의 복부를 절개하고 생식소를 채취하여 압착(squash) 표본을 작성후 해부현미경( $\times 100$ ) 하에서 암·수를 구별하였다. 무지개송어, 산천어, 잡종 및 잡종 3배체의 성비 유의성 검정은 ' $\chi^2$ -test'로 실시하였다.

무지개송어, 산천어, 잡종 및 잡종 3배체의 외부형태 조사를 위해 전장 10 cm 내외의 각 개체를 대상으로 충분히 마취 시킨후 사진촬영을 실시하였다.

무지개송어 암컷과 산천어 수컷간 잡종은 부화후부터 지속적인 사망을 보였으며 전장 20 cm 이내에서 모두 치사하였다. 전장 20 cm 내외로 성장한 무지개송어, 산천어 및 잡종 3배체 각 20마리를 대상으로 Fig. 1에서와 같은 형질을 대상으로 계측형질 측정을 실시하였다. 안경(eye diameter : ED), 주둥이장(snout length : SL), 상악장(length of upperjaw : UJ), 양안장(interorbital width : IOW) 및 두고(head height : HH)는 두장(head length : HL)에 대한 백분율로, 그리고 등지느러미 기점장(length from snout to origin of dorsal fin : SD), 가슴지느러미 기점장(length from snout to origin of adipose fin : SAI), 등지느러미 기부장(length of dorsal fin base : DBL), 뒷지느러미 기부장(length of anal fin base : ABL-1), 미병고(caudal peduncle height : CH), 기름지느러미 기부장(length of adipose fin base : ABL-2), 뒷지느러미 기점장(length from snout to origin of anal fin : SAN), 배지느러미 기

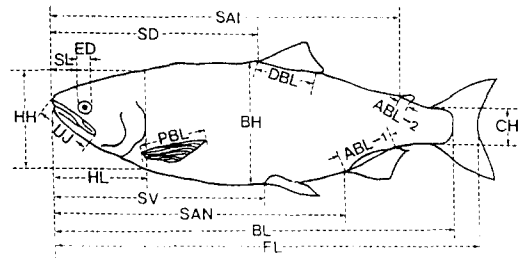


Fig. 1. Scheme of measurements for female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), male cherry salmon (*O. masou*) and their allotriploid.

FL, fork length ; BL, body length ; ED, eye diameter ; SL, snout length ; UJ, length of upper jaw ; HL, head length ; HH, head height ; BH, body height ; CH, caudal peduncle height ; DBL, length of dorsal fin base ; ABL-1, length of anal fin base ; PBL, length of pectoral fin ; SV, length from snout to origin of ventral fin ; SD, length from snout to origin of dorsal fin ; SAN, length from snout to origin of anal fin ; SAI, length from snout to origin of adipose fin ; ABL-2, length of adipose fin base ; IOW, interorbital width.

점장(length from snout to origin of ventral fin : SV), 체고(body height : BH)와 가슴지느러미길이(length of pectoral fin : PBL)는 체장(body length : BL)에 대한 백분율로 나타내었다.

각 계측형질에 대한 무지개송어, 산천어 간에서 차이나는 계측형질을 우선 조사 파악하였으며 파악된 계측형질을 대상으로 잡종 3배체와 무지개송어, 산천어와의 차이정도를 SPSS/PC program을 사용하여 't-test'로 검정하여 연관성을 조사하였다.

### 결과 및 고찰

생산된 무지개송어와 산천어의 암·수 성비는 각각 1.0 : 0.9, 1.0 : 1.0로 암·수가 거의 동일한 비율인 반면 잡종의 성비는 1.0 : 49.0 ( $p < 0.01$ )로 수컷이 암컷에 비해 많게 나타났으며 잡종 3배체의 성비는 1.0 : 15.7 ( $p < 0.01$ )로 역시 수컷이 암컷에 비해 많이 나타났다(Table 1).

제 1세대 잡종의 성비조사는 일정종에서 암수간의 heterogametic sex 존재유무 판별도 가능케하며 *Tilapia*속 및 *Sarotherodon*속 간의 교배시 100% 수컷만이 나타나기도 하나(Hickling, 1960) 일반적으로 잡종의 성비는 이론적으로 암·수 1 : 1로 예상된다. Plaice, *Pleuronectes platessa*와 flounder, *Platichthys flesus*의 잡종 3배체에서는 수컷이 많이 발견되며, 잉어, *Cyprinus carpio*와 백연어, *Hypophthalmichthys molitrix*의 잡종에서는 수컷이 발견되지 않으나(Buss and Miller, 1967; Bakos et al., 1978; Lincoln, 1981) 이러한 암·수 성비는 미꾸라지와

미꾸리의 잡종 및 잡종 3배체에서는 수컷이 암컷보다 많이 발견되나 미꾸리와 미꾸라지의 잡종 및 잡종 3배체에서는 역으로 암컷이 수컷에 비해 많이 발견 되고 있어(박, 1992), 무지개송어와 산천어간 잡종 3배체의 염색체 mosaicism 규명을 위해 잡종 3배체의 생존율 파악이 필요시되는 것과 마찬가지로 잡종 3배체의 정확한 성비 규명을 위하여 그 생존율 파악이 우선적으로 필요하리라 사료된다.

전장 10 cm 내외의 무지개송어, 산천어, 잡종 및 잡종 3배체의 외부형태는 Fig. 2와 같다. 잡종은 주둥치부위 형태, 체형, 각 지느러미 형태 및 parr무늬에서 친어로 사용된 무지개송어와 산천어의 중간을 나타내었다. 잡종 3배체는 잡종에 비해 주둥치부위 형태, 체형, 각 지느러미 형태 및 parr무늬에서 다소 무지개송어 형질을 닮게 나타냈다. 잡종 3배체의 이러한 형질들이 비록 무지개송어와 산천어간 잡종형질과 유사하나 일부 형질에 있어 사용된 암컷 무지개송어에 더욱 가깝게 나타남은, 잡종 3배체 유도시 제 2극체 방출억제로 인한 2배체 무지개송어 난에 기인된 것으로 이러한 결과는 무지개송어와 은연어간의 잡종 3배체에서도 나타난바 있다(박 등, 1996).

잡종과 잡종 3배체 유도시 사용된 암수 친어와의 차이 정도는 계측형질 분석을 통해 이루어질 수 있고 이러한 계측형질 분석은 연어과에서 무지개송어와 chinook연어 간의 잡종, brown 송어와 brook송어간 잡종 그리고 무지개송어와 은연어간 잡종의 분석에 사용된 바 있으며 또한 메기과 어류중 blue catfish, *Ictalurus furcatus*와 channel catfish, *I. punctatus*간 잡종을 대상으로 계측형질 비교와 유의성 검정이 이루어

Table 1. Sex ratios of rainbow trout, cherry salmon, their hybrid and allotriploid

Species	No. of fish sampled	No. of female (%)	No. of male (%)	Sex ratio (female : male)
Rainbow trout (R)	50	26(52)	24(48)	1.0 : 0.9
Cherry salmon (C)	50	25(50)	25(50)	1.0 : 1.0
R(♀)×C(♂) hybrid	50	(2)	49(98)	1.0 : 49.0*
R(♀)×C(♂) allotriploid	50	3(6)	47(94)	1.0 : 15.7*

\* : Significantly different from 1 : 1 ratio ( $p < 0.01$ ).

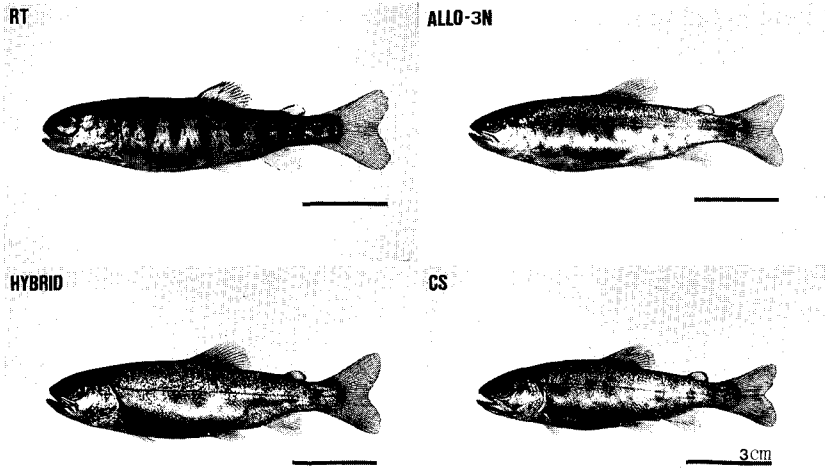


Fig. 2. External morphology of rainbow trout (RT), allotriploid (ALLO-3N), hybrid (HYBRID) and cherry salmon (CS).

Table 2. Comparison of proportion measurement of rainbow trout and cherry salmon

Species	ED/HL (%)	SL/HL (%)	UJ/HL (%)*	IOW/HL (%)	HH/HL (%)*	SD/BL (%)	SAI/BL (%)	DBL/BL (%)*
Rainbow trout (R)	21.9±1.58	26.18±3.24	49.31±4.17	47.24±6.78	75.95±5.64	47.91±2.36	78.27±3.25	13.01±1.31
Cherry salmon (C)	21.31±4.48	28.07±2.91	55.57±2.67	47.92±3.81	74.21±5.29	46.12±18.13	79.56±1.86	14.78±1.44

Species	ABL-1/BL (%)	CH/BL (%)	ABL-2/BL (%)	SAN/BL (%)	SV/BL (%)	BH/BL (%)	PBL/BL (%)*
Rainbow trout (R)	6.70±1.36	9.18±0.98	9.69±0.50	72.19±2.08	53.62±1.86	25.95±1.00	16.38±1.12
Cherry salmon (C)	8.26±1.69	9.82±0.75	11.16±0.52	70.38±1.99	54.52±1.16	25.23±1.47	14.32±2.01

Abbreviations refer to Fig. 1.

\* indicates significantly different body proportion ratios at  $p < 0.05$ .

어진바 있다(Bhowmick et al., 1981; Dunham et al., 1982). 각 계측형질 항목에서 무지개송어와 산천어간 유의한 차이( $p < 0.05$ )를 보이는 계측형질은 상악장/두장, 두고/두장, 등지느러미 기부장/체장 및 가슴지느러미 길이/체장이었다(Table 2). 잡종 3배체는 두고/두장, 등지느러미 기부장/체장 및 가슴지느러미 길이/체장의 계측형질에서는 사용된 무지개송어와 산천어의 중간을 나타낸 반면 상악장/두장의 계측형질에서는 무지개송어 쪽을 다소 닮게 나타냈다( $p < 0.05$ ) (Table 3).

형태학적 및 계측학적 측면에서 잡종 3배체의

형질은 잡종 3배체 유도시 사용된 친어 암컷 및 수컷의 중간을 나타내나 간혹 유도된 잡종 3배체가 일정 형질에서 사용된 친어 한쪽을 따르므로 형태, 계측적인 중간형질만으로는 잡종 3배체 구별은 잡종 3배체 파악시 절대적인 방법이 될 수는 없다(박, 1992). 미꾸라지와 미꾸리 잡종 3배체는 미병고/체장 및 미병고/미병장에서 미꾸라지를 닮았으며 미꾸리와 미꾸라지 잡종 3배체는 체고/체장 및 미병고/미병장에서 미꾸리를 닮았다(박 1992). 차후 잡종 3배체에서의 높은 수컷율에 관한 규명이 있어야 할 것으로 사료되며 본 실험에서 파악된 무지개송어 쪽을 닮은 상악장/두

Table 3. Comparison of body proportion ratios of allotriploid with their parent species, rainbow trout and cherry salmon

Body proportion ratios(%)	Mean value* <sup>1</sup>			't' value* <sup>1</sup>	
	R(♀)	C(♂)	Allo-3n	Allo-3n & R(♀)	Allo-3n & C(♂)
UJ/HL	49.31±4.17	55.57±2.67	51.91±3.64	1.63	2.83* <sup>2</sup>
HH/HL	75.95±5.04	74.21±5.29	74.43±9.46	0.28	0.02
DBL/BL	13.01±1.31	14.78±1.44	14.05±1.94	0.79	1.45
PBL/BL	16.38±1.21	14.32±2.01	15.58±2.22	0.66	1.68

Abbreviations refer to Fig. 1.

\* 1 R : rainbow trout, C : cherry salmon, Allo-3n : allotriploid

\* 2 Significant at  $p < 0.05$ .

장의 형태학적 형질은 유도된 무지개송어와 산천어간 잡종 3배체를 무지개송어, 산천어와 구별이 가능케 할 것이다.

## 요 약

무지개송어, 산천어, 무지개송어와 산천어간의 잡종 3배체를 대상으로 성비조사와 형태학적 계측형질을 측정하였다. 무지개송어, 산천어의 암·수 성비는 공히 유사한 비율로 나타난 반면, 잡종과 잡종 3배체에서는 수컷이 암컷에 비해 높게 나타났다( $p < 0.01$ ). 잡종 3배체는 두고/두장, 등지느러미 기부장/체장 및 가슴지느러미 길이/체장의 계측형질에서는 친어로 사용된 무지개송어와 산천어의 중간을 나타낸 반면 상악장/두장의 계측형질에서는 무지개송어 쪽을 다소 닮게 나타났다. 이러한 결과들은 잡종 3배체에서 3배체화에 따른 사용된 친어들에 대비된 성비 그리고 계측형질에서의 특징을 나타내었다.

## 참 고 문 헌

Bakos, J., Z. Krasznai, and T. Marian, 1978. Crossbreeding experiments with carp, tench and Asian phytophagous cyprinids. *Aquat. Hung.*, 1 : 51-57.

Bhowmick, 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 intergeneric hybrid, *Catla catla* Hamilton × *Labeo rohita* Hamilton produced by hypophysation. *Aquaculture*, 23 : 367-371.

Buss, K. and J. Miller, 1967. Interspecific hybridization of esocids : hatching success, pattern development, and fertility of some  $F_1$  hybrids. *U.S. Bur. Sport Fish. Wild. Res. Tech.*, 14 pp.

Chevassus, B., 1979. Hybridization in salmonids : results and perspectives. *Aquaculture*, 17 : 113-128.

Chevassus, B., 1983. Hybridization in fish. *Aquaculture*, 33 : 245-262.

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.

Hickling, C. F., 1960. Malacca tilapia hybrids. *J. Genet.*, 57 : 75-85.

Kim, K. -K., I. C. Bang, Y. Kim, Y. K. Nam and D. S. Kim, 1996. Early survival and chromosomes of intergeneric hybrids between Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and spotted halibut *Verasper variegatus*. *Fisheries Science*, 62 : 490-491.

Lincoln, R. F., 1981. Sexual maturation in triploid male plaice (*Pleuronectes platessa*) and plaice × flounder (*Platichthys flesus*) hybrids. *J. Fish Biol.*, 19 : 415-426.

Thorgaard, G. H., 1983. Chromosome set manipulation and sex control in fish. In : *Fish Physiology*, Vol. IX B (Hoar, W. S., Randall, D. J. and Donaldson, E. M., eds.), Academic Press, New York., p. 405-434.

김경길 · 방인철 · 김윤 · 김동수, 1995. 유도된 넙치와 범가지미간 잡종 자어의 생존 및 성장에 관한 연구. *한국양식학회지*, 8 : 69-76.

- 박인석, 1992. 미꾸리와 미꾸라지의 잡종 및 잡종 3배체에 관한 연구. 부산수산대학교 박사학위논문, 84 pp.
- 박인석, 1995. 잡종화 기법을 이용한 어류의 유전 육종. 군산대 해양개발연구소논문, 7 : 47-68.
- 박인석 · 최경철 · 김동수, 1997. 무지개송어, *Oncorhynchus mykiss*와 산천어, *O. masou*간의 잡종 및 잡종 3배체 생산. 1. 세포유전학적 연구. 한국양식학회지, 10 : 39-47.
- 박인석 · 김병기 · 김종만 · 최경철 · 김동수, 1996. 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*)와 은연어(*O. kisutch*)간의 잡종 및 잡종 3배체 생산. 한국양식학회지, 9 : 133-140.