



## 육상수조에서 계대사육한 시마연어, *Oncorhynchus masou* (Brevoort)의 종묘생산

성기백\*, 김경식

국립수산과학원 영동내수면연구소

## Seed Production from Pond Cultured Cherry Salmon, *Oncorhynchus masou* (Brevoort)

Ki Baik Seong\* and Kyung Sik Kim

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

Seed production of the cherry salmon, *Oncorhynchus masou* (Brevoort) were studied in terms of egg development, hatching rate, juvenile growth, smolt duration, smolt rate, and adult growth rates. Fork length and body weight of 0<sup>+</sup> juvenile were 9.32±1.19 cm and 9.36±3.50 g for females and 9.07±1.02 cm and 8.57±3.04 g for males, respectively. Body weights of 1<sup>+</sup> smolt were 84.09±18.1 g and 86.33±41.2 g for females and males, while body weights of 1<sup>+</sup> parr were 101.88±60.9 g and 98.38±39.6 g for females and males, respectively. Monitoring of gonadosomatic index (GSI) confirmed that maturations of both sexes were not synchronous; males achieved highest GSI in September, while females achieved it in October.

**Keywords:** Cherry salmon, *Oncorhynchus masou*, Seed production, Gonadosomatic index (GSI)

### 서 론

시마연어, *Oncorhynchus masou* (Brevoort)는 연어과 연어속에 속하는 냉수성 어류로서, 바다송어, 참송어라고도 불리며 북태평양 연어 속 7종 가운데 복잡한 생활사를 가지고 있다. 하천에서 태어난 치어는 1년간 하천에서 살다가 다음해 4~5월경에 smolt가 되어 바다로 내려가서 다음해 봄에 산란을 위해 태어난 하천으로 돌아와 약 반년간의 하천생활을 보내며 성숙, 산란하고 드물게는 4년생도 있지만 거의 3년 만에 일생을 마친다(久保, 1980; 佐野, 1982).

하천에서 태어난 치어 중 암컷은 대부분 smolt가 되어 바다로 내려가나, 성장이 좋은 수컷의 대부분은 치어기의 parr-mark를 그대로 지니고 하천 상류로 올라가 산간계곡에서 산천어로 성장하고, 일생을 하천에서 보낸다(Groot and Margolis, 1991). 따라서 바다에서 강으로 산란기에 오르는 시마연어와 산간계곡에 서식하는 산천어는 동일종으로 이것을 한국어도보(정, 1977)에서는 시마연어로 명명하고 있다. 이러한 암수 비율은 하천이나 지방에 따라 다른데, 북쪽지역에 비해 남쪽지역이 암컷의 비율이 높다(北海道立水産孵化場, 1984).

일본에서는 시마연어에 대한 본격적인 방류와 양식사업이 1981년부터 시작되어 대량생산 기술개발을 위한 활동이 활발히 이루어지고 있으며, 자원증강을 위한 방류량을 매년 증가시키고 있다.

시마연어에 관한 연구는 smolt 시기에 있어 유어(幼魚)의 식성과 섭이 생태(杉若, 1985), 생태학적 연구(小林等, 1988), 북해도 북부하천에 있어 시마연어 유어의 smolt화(杉若, 1991), 자치어의 이석 일주운 형성(西村畑山, 1992) 등 많은 연구가 있으며, 우리나라에서는 산천어 양식기술개발시험(성 등, 1992), 시마연어의 양식기술개발 기초시험(성 등, 1995, 1997)과 산천어 2배체 및 3배체의 산란 시기 전 형태적 특징(박 등, 1996) 등의 연구가 있다.

우리나라에서는 동해안에 새로운 연어 자원조성과 냉수성어류의 신품종 양식 대상종을 개발하기 위하여 1992년 일본 북해도로부터 시마연어 발안난 20만개를 이식하여 15만 마리는 방류하고 그 중 일부는 영동내수면연구소에서 어미로 만들어 계대 사육을 하였다(성 등, 1995). 이 연구는 2년간에 걸쳐 연구소 시육지에서 시마연어를 계대 사육한 결과를 정리한 것이다.

### 재료 및 방법

종묘생산에 사용한 시마연어는 1992년 11월 4일 일본 북해

\*Corresponding author: kbseong@nfrdi.re.kr

도 시리베츠천(尻別川)에서 발안란 20만개를 이식하여 치어로 사육 후(15만마리, 1993~1994) 양양 남대천에 방류한 나머지를 실내 및 야외 사육지에서 계대 사육하여 어미로 키운 것이다.

### 채란

채란에 사용한 암컷의 크기를 보면, 1997년에는 가랑이체장이 26.8~32.8 cm(평균 29.8 cm), 체중은 191.7~349.0 g(281.4 g)이고, 수컷은 25.5~30.0 cm(평균 28.0 cm), 체중은 152.6~281.5 g(213.2 g) 것을 이용하였고, 1998년에는 암컷 가랑이체장이 23.4~29.5 cm(평균 29.6 cm), 체중은 250.4~290.7 g(284.5 g) 이고, 수컷은 24.4~32.5 cm(평균 29.8 cm), 체중은 160.4~298.5 g(232.5g)이었다. 채란은 복부절개법, 수정은 건도법(乾導法)에 의해 행하였다.

채란 용기로는 원형플라스틱(3 L)용기를 사용하였으며, 먼저 암컷 3~4마리로부터 알을 받은 다음 수정율을 높이기 위하여 등조액(물 10 L에 NaCl 90.4 g, KCl 2.4 g, CaCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O 5.1 g) 으로 씻어낸 뒤 여기에 1~2마리의 수컷 정액을 짜 넣고 손으로 가볍게 저어 알과 정자가 잘 섞이게 하였다.

### 부화 및 부화자어 관리

부화는 PVC로 만든 원통형 부화기(ø 25 cm, H 65 cm)를 사용하였다.

부화용수(지하수)는 고압여과기와 자외선 유수 살균기를 이용하여 여과 살균했으며, 주수량은 1분에 약 18~20 L가 되도록 조절하였다.

부화 3~5일전에 부화기에서 실내 양어지로 이동하였으며, 이동하기 전 요오드에 15분간 약욕 후 수용하였다. 부화 완료 후 부화분을 제거하면서 부화율을 조사하였다. 수용밀도는 m<sup>2</sup>당 15,000마리였다.

### 치어 및 어미 사육관리

부화된 자어는 난황흡수가 거의 끝나 80% 이상의 자어가 먹이를 찾아 유영할 때 먹이 붙임을 하였다. 이때부터 무지개송어용 배합 사료를 공급하면서 먹이 순치시켰으며, 치어의 체중에 따라 사료의 공급회수는 순치기에는 1일 6회 전후, 순치가 끝나면 1일 3회로 조절을 하였다.

어미화 사육은 야외 사육지(1,760×200 cm)를 이용하였으며, 체중이 평균 100 g 이상으로 자란 이후부터는 사료를 1일 2~3회(어체중의 3%)를 공급하였다.

시험어의 성장변화 조사를 위하여 매 조사 시마다 30마리를

입의 추출하여 MS 222(0.1 g/물 1 L)로 마취시킨 후, 전장과 가랑이 체장은 0.1 cm 단위까지, 체중은 전자저울로 0.01 g 단위까지 측정하였으며, 생존율을 구하기 위해 폐사어는 매일 제거하였다.

### 0<sup>+</sup>어와 1<sup>+</sup>어의 성비, 체장 및 체중분포

0<sup>+</sup>어와 1<sup>+</sup>어의 성비, 가랑이체장, 체중분포를 알아보기 위하여 1998년 6월에 0<sup>+</sup>어, 1999년 4월에 1<sup>+</sup>어에 대해 조사하였으며 스몰트(smolt)의 출현율도 조사하였다.

## 결과 및 고찰

### 채란 및 부화

암컷 1마리당 평균 산란수는 480개였고, 난경은 0.54 cm, 난중량은 0.12 g이었다. 암컷 1마리당 평균 산란수는 262개였고, 난경은 0.54 cm, 난중량은 0.12 g으로, 산란수는 1997년이 더 많았는데 이것은 1998년에는 암컷 중에 미성숙 개체가 많았기 때문이었고, 난경과 난중량은 차이가 없었다.

채란, 부화 시험 결과는 Table 1과 같다. 1997년과 1998년의 발안, 부화, 부상 적산온도가 36~52°C의 차이가 났는데 이것은 1997년도의 부화 과정에서 수온이 1998년보다 높았기 때문이며 홍(1999)이 연구한 산천어의 적산온도와도 다소 차이가 났다.

발안율, 부화율, 부상율은 홍(1999)이 연구한 산천어의 82.3, 74.2, 65.9%에 비해 부화율, 부상율이 매우 낮았는데 이것은 부화관리 중에 정전으로 인한 물 공급이 중단되어 일어난 폐사와 부화관리의 잘못으로 인한 것이었다.

### 자치어 사육

#### 가) 연도별, 월별 생존율

1997년산, 1998년산 치어를 대상으로 어미까지의 월별 생존율을 Fig. 1에 나타냈다.

1997년산과 1998년산 시마연어의 사육경과에 따른 월별 생존율을 비교해 보면, 사육 1개월째 40~60% 정도 폐사하였는데 이것은 바이러스 질병 증상에 의한 사망이었으며, 사육 3개월째인 3월에 수온이 올라가고 어체가 성장함에 따라 폐사율이 줄어들어 그 이후는 안정적인 생존율을 보였다. 10개월째인 10월부터 다음해 1월(13개월째)까지 생존율이 다소 감소하였는데 이 시기는 시마연어의 산란기로서 수컷의 일부가 1년 만에 조기 성숙하고 폐사하였기 때문이다. 그리고 사육 16개월째부터 18개월째(4월에서 6월 사이) 약간 감소하였는데 이는 시마연어

Table 1. Results of egg stripping and hatching experiment of *Oncorhynchus masou*

Date of egg stripping	No. of eggs	Eyed egg rate (%)	CWT* of eyed egg (°C)	Hatching rate (%)	CWT of hatched fry (°C)	Float rate (%)	CWT of floated fingerling (°C)
Oct. 11, 1997	11,650	76.7	235.5	24.3	384.7	12.8	832.0
Oct. 15, 1998	27,500	66.3	287.2	20.2	421.3	10.4	873.4

\*CWT: Cumulative water temperature.

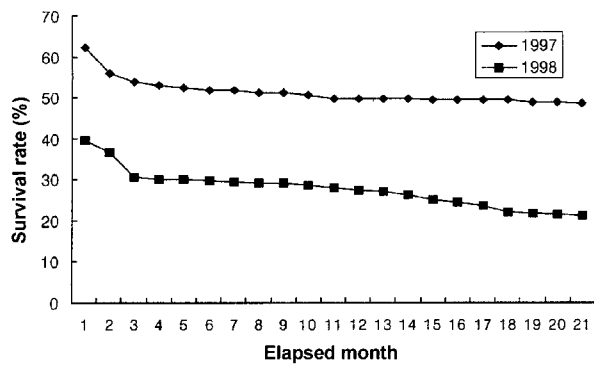


Fig. 1. Changes of the survival rate of *Oncorhynchus masou*.

일부가 smolt가 되었는데 이 개체들이 바다로 내려가지 못함에 따른 스트레스와 비늘 탈락에 의해 수생균이 감염되어 폐사하는 개체가 있었기 때문이다. 1997년보다 1998년의 생존율이 낮은 것은 사육초기에 바이러스에 의한 초기 폐사가 1998년이 더 많았기 때문이다.

따라서 시마연어의 초기생존율을 높이기 위해서는 무지개송어의 치어기에도 많은 피해를 주는 IHN바이러스나 IPN바이러스에 감염되지 않은 어미를 확보하여 종묘 생산을 하거나 바이러스가 수온 9~11°C에서 가장 많이 발생하므로 사육수온을 15~18°C 이상으로 높여(양 등, 1999) 초기성장을 빨리 시켜야 할 것으로 사료된다.

나) 각 집단간의 상대성장 차이

1997년산, 1998년산 치어를 대상으로 어미까지의 월별 어체 측정 조사결과를 대조구로 설정한 산천어와 비교하기 위하여 Zar (1984)의 분석 방법을 이용 가랑이체장(cm)과 체중(g)간의 상대성장을 구하였다(Fig. 2). 1997년산, 1998년산, 산천어의 상대성장식은 각각  $BW=0.0088FL^{3.0893}$ ,  $BW=0.0076FL^{3.1248}$ ,  $BW=$

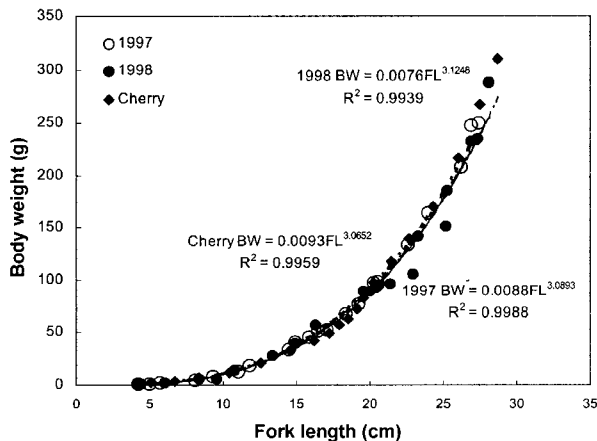


Fig. 2. Relative growth of fork length and body weight for *Oncorhynchus masou* fingerlings from population.

Table 2. Comparison of relative growth for *Oncorhynchus masou* fingerlings from population

(a) Test of slope

Population	1997	1998	cherry salmon
1997	-	0.6344	0.5991
1998	0.6344	-	0.9199
cherry salmon	0.5991	0.9199	-

(b) Test of intercept

Population	1997	1998	cherry salmon
1997	-	0.9266	0.8989
1998	0.9266	-	0.9182
cherry salmon	0.8989	0.9182	-

0.0093FL<sup>3.0652</sup>로 나타났다. 또한, 치어의 상대성장에서 집단간의 차이가 있는지 공분산 분석을 실시한 결과는 Table 2와 같다.

공분산 분석 결과 기울기 검정에서 1997년산, 1998년산, 산천어간에서 유의한 차이가 없었으며, 절편의 검정에서도 유의한 차이가 없었다.

0<sup>+</sup>어와 1<sup>+</sup>어의 가랑이체장, 체중분포 및 성비

가) 0<sup>+</sup>어의 가랑이체장, 체중 분포 및 성비

1998년 6월에 0<sup>+</sup>어의 암수별 가랑이체장과 체중분포를 조사하였는데(Fig. 3), 가랑이체장의 분포를 보면 암컷은 9.1~11.0 cm에

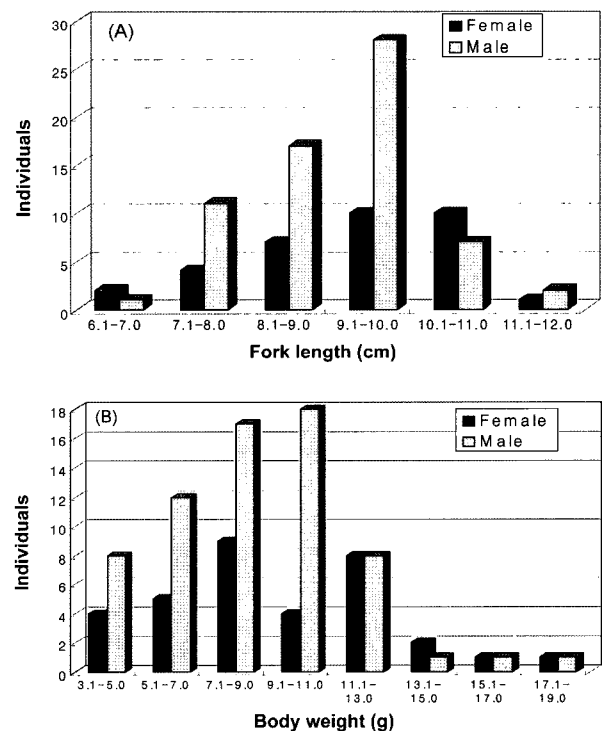


Fig. 3. Composition of fork length (A) and body weight (B) by sex of 0<sup>+</sup> *Oncorhynchus masou*.

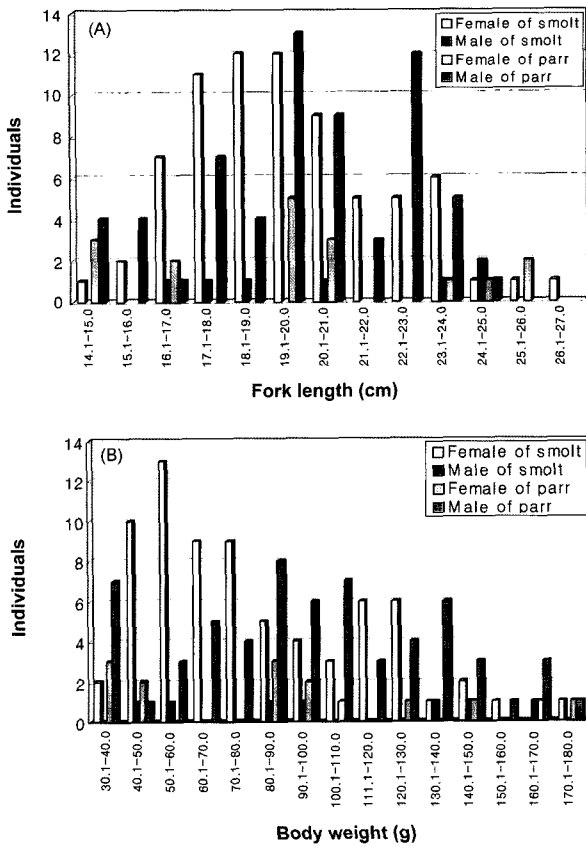


Fig. 4. Composition of fork length (A) and body weight (B) by sex of 1+ *Oncorhynchus masou*.

서 58.8%, 수컷은 8.1~10.0 cm에서 68.2%를 차지했으며 평균 체장은 각각 9.32±1.19 cm, 9.07±1.02 cm이었다. 체중 분포는 암컷이 9.1~13.0 g에서 35.3%, 수컷은 7.1~11.0 g에서 53.1%를 차지했으며 평균 체중은 각각 9.36±3.50 g, 8.57±3.04 g으로 나타났다으며, 성비는 암컷이 34%를 차지하였다.

(나) 1+어의 smolt 출현율, 가랑이체장, 체중 분포 및 성비

1999년 4월에 1+어의 시기에 분화 출현하는 개체들에 대한 smolt의 출현율과 성비를 조사하였다(Fig. 4). Smolt된 암컷의 가랑이체장 분포는 18.1~20.0 cm에서 32.8%, 수컷은 다양한 분포를 보였으며 평균 가랑이체장은 각각 19.85±1.14 cm, 19.95±2.62 cm, 평균 체중은 각각 84.09±18.1 g, 86.33±41.2 g 이었고 성비는 암컷이 91.3%를 차지해 smolt가 된 대부분의 개체는 암컷이 차지한 것으로 나타났다. 반면, parr의 가랑이체장 분포는 암수가 19.1~21.0 cm에서 각각 47.0%와 34.9%를 차지하였고, 평균 가랑이체장은 각각 19.60±3.79 cm, 19.81±2.74 cm 평균 체중은 각각 101.88±60.9 g, 98.38±39.6 g을 나타냈으며, 성비는 암컷이 21.3%를 차지하였다. 杉岩(1991)의 연구에서는 4월 하순에 있어 1+ smolt의 크기는 평균 17 cm인 것에 비해 이번 연구에서는 약 3 cm 정도 큰 결과를 보여 북해도에 비해 우리나라의 사육수온이 높은 데에 기인된 결과라고 생각되었다.

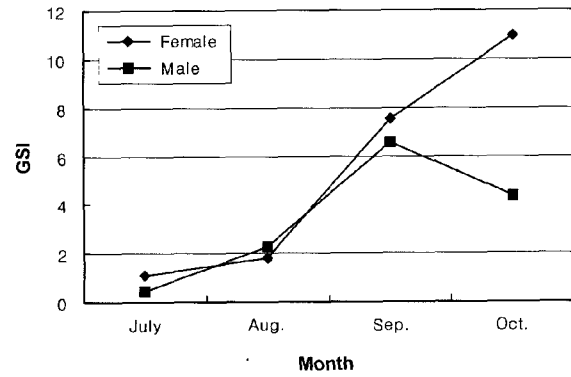


Fig. 5. Monthly changes of gonadosomatic index (GSI) of *Oncorhynchus masou*.

(다) 어미의 생식선 속도 지수

1999년 7월부터 11월까지 시마연어 어미의 생식선 속도 조사 결과는 Fig. 5와 같다. 생식선 속도 지수는 암컷이 7월에 평균 1.10이던 것이 점차 증가하기 시작하여 9월에는 7.53으로 증가하였으며, 10월에는 최대값인 10.99를 나타냈으며, 수컷은 7월에 평균 0.44이던 것이 서서히 증가하기 시작하여 9월에는 6.56으로 증가하였으며, 10월에는 4.34를 나타내 9월보다 오히려 감소하였는데 이러한 원인은 조기 성숙한 수컷이 폐사함에 따라 나타난 결과로 생각되었다. 생식선 속도 지수에 의한 시마연어의 산란기는 10~11월인 것으로 나타났으며, 암컷에 비해 수컷의 성숙이 빨라 매년 반복되는 산란기 때 수컷의 부족으로 인한 대량 종묘생산에 차질을 가져오는 결과와 일치하였다. 따라서 시마연어 대량 종묘생산을 위해서는 수컷 정액 동결법을 개발해야 할 것으로 생각되었다.

요 약

계대사육한 시마연어(*Oncorhynchus masou*)의 인공종묘생산 시험에 관해 조사하였다. 1997년산과 1998년산 시마연어의 발안율은 각각 76.7%, 66.3%이고, 부화율은 24.3%, 20.2%였고, 부상율은 12.8%, 10.4%였다. 치어는 부화 후 22개월 만에 가랑이체장과 체중이 각각 27.4 cm, 체중 249.6 g, 28.1 cm, 체중 288.2 g으로 성장하였으며, 생존율은 21.2, 48.6%였다. 1997년산, 1998년산, 산천어의 상대성장식은 각각  $BW=0.0088FL^{3.0893}$ ,  $BW=0.0076FL^{3.1248}$ ,  $BW=0.0093FL^{3.0652}$ 로 나타났다. 0+어의 암수별 평균 가랑이체장과 체중을 보면, 체장은 각각 9.32±1.19 cm, 9.07±1.02 cm이었고, 체중은 각각 9.36±3.50 g, 8.57±3.04 g으로 나타났고 성비는 암컷이 34%를 차지하였다. 1+어의 smolt된 암수의 평균 가랑이체장은 각각 19.85±1.14 cm, 19.95±2.62 cm이고, 평균체중은 각각 84.09±18.1 g, 86.33±41.2 g으로 나타났다으며 성비는 암컷이 91.3%를 차지한 반면, parr의 암수 평균 가랑이체장은 각각 19.60±3.79 cm, 19.81±2.74 cm, 평균 체중은 각각 101.88±60.9 g, 98.38±39.6 g으로 나타났고, 성비는

암컷이 21.3%를 차지하였다. 생식선 속도 지수는 10월에 최대 값인 10.99를 나타냈으며, 수컷은 9월에 6.56으로 최대값을 나타내 암수의 성숙 시기가 달랐다.

## 감사의 글

이 연구는 국립수산물과학원(시마연어 양식 기술 개발시험, RP-2006-AQ-014)의 지원에 의하여 연구되었습니다.

## 참고문헌

- Groot, C. and L. Margolis, 1991. Pacific Salmon Life Histories. Published in co-operation with the Government of Canada, Department of Fisheries and Oceans, pp. 233-250.
- Zar, Jerrold H, 1984. Biostatistical analysis, pp. 292-298.
- 久保達郎, 1980. 北海道のサクラマス生活史に関する研究. 北海道サケマスふ化研報, 34, 1-95.
- 北海道立水産孵化場, 1984. サクラマスの増養殖. pp. 7-14.
- 西村 明, 畑山 誠, 1992. サクラマス仔稚魚における耳石日周輪形成. 北海道立水産ふ化場研報, 46, 9-16.
- 小林美樹, 巖見俊則, 岡田鳳二, 永田光博, 1988. サクラマスの生態學的研究. 北海道立水産ふ化場研報, 43, 57-64.
- 佐野誠三, 1982. サケマスの仲間. つり人社, pp. 61-69.
- 杉若圭一, 1985. スモルト化時期におけるサクラマス幼魚の食性と攝餌生態. 北海道立水産孵化場研報, 40, 69-75.
- 杉若圭一, 1991. 北海道北部河川におけるサクラマス幼魚のスモルト化. 北海道立水産ふ化場研報, 43, 29-40.
- 박인석, 성기백, 홍관의, 노용길, 1996. 산천어의 2배체 및 3배체의 산란시기전 형태적 특징. 수진 연구보고, 52, 37-43.
- 성기백, 문정웅, 김성철, 주태근, 1992. 산천어 양식기술개발시험. 수진 사업보고, 91, 27-35.
- 성기백, 홍관의, 이진호, 김찬섭, 엄광선, 백국기, 노용길, 1995. 시마연어의 양식기술개발 기초시험. 수진 1994년도 내수면연구소 사업보고서, pp. 93-98.
- 성기백, 이진호, 백국기, 홍관의, 김경식, 엄광선, 1997. 시마연어 양식기술개발시험. 수진 1997년도 내수면연구소 사업보고서, pp. 160-161.
- 양한춘, 박경양, 이창훈, 김기홍, 손철원, 방종득, 주수동, 1999. 양식생물질병. 교육부, pp. 102-106.
- 정문기, 1977. 한국어류도감. 일지사, 서울, 727 pp.
- 홍관의, 1999. 산천어의 종묘생산 및 성장에 관한 연구 석사학위논문, 강릉대학교, 41 pp.

원고접수 : 2006년 9월 1일

수정본 수리 : 2007년 1월 17일