

성성숙 호르몬 처리에 의한 쏘가리의 배란 유도

장선일 · 이완옥 · 이종윤 · 손송정

국립수산진흥원 청평내수면연구소

Induced Ovulation in the Mandarin Fish, *Siniperca scherzeri* by Sex-Maturation Hormones

Seon Il Jang, Wan-Ok Lee, Jong Yun Lee, Song-Jung Son

Chongpyong Inland Fisheries Research Institute, National Fisheries Research &
Development Agency, Kyonggi-do 477-810, Korea

Ovulation of maturing female mandarin fish, *Siniperca scherzeri* was induced using single injection of human chorionic gonadotropin (HCG) or gonadotropin releasing hormone-analogue (GnRH-a), and combination injection of HCG plus GnRH-a, GnRH-a plus prostaglandin F₂ (PGF₂) or GnRH-a plus pimozide. The response was evaluated by fertilization, embryof ormation and hatching rate after insemination. Those rates were generally higher in GnRH-a group than in HCG group. The higher hatching rate of above 89% was achieved using a dosage of 5,000 IU/kg HCG plus 10 µg/kg GnRH-a, 10 µg/kg GnRH-a plus 500 ng/kg PGF₂, and 10 µg/kg GnRH-a plus 1-5 mg/kg pimozide. Ovulation was induced in all female injected with sex-maturation hormones and stimulator, but blocked in female injected with HCG plus GnRH-a plus dopamine combination, and GnRH-a plus PGF₂ plus indometacin combination. These results show that the mandarin fish in spawning period secrete a sex-maturation associated hormones and gonadotropin-releasing -inhibiting factor (GRIF).

Key words : Mandarin fish, HCG, GnRH-a, Pimozide, Prostaglandin, Ovulation

서 론

가리 *Siniperca scherzeri*는 농어목(Perciformes) 꺾지과(Centropomidae)에 속하는 주연성 담수 어류로서 우리나라의 서·남해로 흐르는 큰 하천에 분포하며(김, 1997; 김과 강, 1993; 정, 1977), 하천의 종류에 바위나 자갈이 깔린 깊은 소를 중심으로 서식하는 것으로 알려졌고, 세계적으로는 한국과 중국에만 한정되어 분포한다(전, 1986; Cheng and Zheng, 1987). 그러나 최근에는 하천의 오염과 변형으로 이전에 알려진 주요 서식처가 아닌 대청호, 충주호, 화천호, 소양호 등의 대형 댐을 중심으로 다수 서식하고 있으나(이

등, 1997; 전, 1986), 이들 댐에서도 남획으로 그 자원량이 현저히 줄어들고 있다.

옛부터 쏘가리는 맛과 육질이 뛰어나서 켈돈(鰵豚) 또는 금린어(錦鱗魚)라고 기록되어 있고, 우리나라와 중국에서 켈어(鰵魚)라고 하여 고급 기호 식품으로 크게 각광을 받고 있다(최와 이, 1994). 따라서 일찍부터 양식 대상으로 주목받고 초기 발생을 중심으로 연구가 진행되어 왔으나(内田, 1936; 나와 백, 1977, 1978; 정과 김, 1981; 이 등, 1992) 아직까지 까다로운 산란 상태로 인하여 기초적인 자료조차 부족한 실정이다. 쏘가리는 우리나라 담수에서 가장 강력한 육식 어종으로 먹이 피라미드에서 최상층부에 위치해서

살아있는 어류만을 섭식하는 것으로 알려져 있고, 산란 시기에는 하천의 상류지역으로 이동하여 유속이 빠르고 자갈이 깔려 있는 수심이 얇은 곳에 산란하는 것으로 알려졌다(나와 백, 1977; 이 등, 1997). 이러한 생태 특성에 따라 양식종으로 아직까지 개발되지 못하고 있다. 또한 상류 지역의 오염과 남획으로 인해 종 자체가 멸종 위기에 직면하고 있기 때문에 종 보존 차원에서 뿐 만 아니라, 양식 대상종으로도 충분한 양을 확보하는 것이 큰 과제로 남아 있다.

한편 자연에 서식하고 있는 종을 양식 대상으로 개발하기 위해서는 대량의 치어를 생산할 수 있는 양식 방법이 개발되어야 한다. 예컨대, 다른 양식 대상 어류들에서는 어류와 양서류의 뇌하수체, 성성숙 자극 호르몬-방출 호르몬(gonadotropin-releasing hormone, GnRH), 인간의 태반 성 성선자극 호르몬(human chorionic gonadotropin, HCG), 성선자극 호르몬-방출 호르몬 유도제 등에 의한 어류의 배란유도 방법이 알려져 있다(장, 1996; Fermin, 1991; Billard, *et al.*, 1987; Kreiberg *et al.*, 1987; Donadson and Hunter, 1983; Hettler, 1981). 그러나 쏘가리의 양식 개발 실험에서는 지금까지 이러한 방법이 개발되지 않아 양식 대상으로 성공을 거두지 못하고 있는 실정이다(김 등, 1988; 이 등, 1997).

따라서 본 연구는 쏘가리의 양식 방법을 개발하기 위한 일환으로 배란 유도에 관련되어 있는 여러 가지 성성숙 호르몬을 이용하여 연구한 결과, 다량의 양질의 난을 인공적으로 얻고 부화에 성공하였던 바 그 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험 어류

소양호에서 1996년 5-6월에 자망과 낚시로 채집된 쏘가리 *Siniperca scherzeri* 성어를 어부로부터 구입하여 활어차로 안전하게 수송한 후 노지못(30×40×1.2 m)에 수용하고 살아있는 소형 잉어류를 공급하면서 1997년 5월 중순 까지 사

육하였다. 약 1년간 사육된 쏘가리중에 1997년 5월 26일부터 6월 24일까지 약 30일 동안 5회에 걸쳐 실험을 실시하였는데, 실험에 사용한 친어는 암컷 57마리(332-930g), 수컷 42마리(280-720g)였다. 쏘가리의 암수구분은 외형으로 어려우나 산란기에는 이들의 구분이 비교적 용이한데, 암수구분은 이 등(1997)의 기준으로 실시하였다. 이 중에 수컷은 호르몬 처리를 하지 않아도 산란기(5-7월)에는 정액을 충분히 가지고 있어, 암컷 1마리당 수컷 2마리분의 정액을 이용하여 수정시켰고, 수컷은 2-3회 수정에 이용하였다. 선별된 친어는 400ℓ FRP수조 8개(자체 순환 여과식)에 분산 수용하여 실내 수조에 순치시킨 후, 암컷의 복부가 팽만되고 부드러우며, 생식공의 모양이 확대되고, 색깔이 붉어지는 산란시기가 가까운 암컷을 선별하여 여러 가지 성성숙 호르몬을 처리하여 배란 유도 실험을 실시하였다.

2. 호르몬 및 약물의 제조

Human chorionic gonadotropin (HCG); des-Gly¹⁰,[D-Ala⁶]-luteinizing hormone releasing hormone-ethylamide (LHRH-a 또는 GnRH-a); prostaglandin F_{2α} ([5Z,9_α,13E,15S]-9,11,15-trihydroxyprosta-5, 13-dienoic acid) (PGF₂); indomethacin; (1-[1-(4,4-bis[4-Fluorophenyl] butyl)-4-piperidiny]-1,3-dihydro-2H-benzimidazol-2-one) (pimozide) 등은 Sigma사로부터 구입하였다. HCG는 10,000 IU/ml의 농도로 용해하고, GnRHa는 Dulbecco's phosphate buffered saline (DPBS, pH 7.2)에 1mg/ml의 농도로 용해하였으며, PGF₂는 100 µg/ml의 농도로 용해하여 고농도 용액을 준비하였다. Pimozide는 DPBS에 1% 종합 미네랄을 첨가하여 미네랄 용액을 만든 후 20 mg/ml의 농도로 희석한 후 여러번 강하게 흔들어 준 다음 상층액만을 취해 4.5 µm 여과지에 통과 시킨 후 준비하였다. 모든 용액은 -20℃에 보관하면서 최종 농도로 희석하여 배란 유도 실험을 하였다.

3. 호르몬 처리 및 친어 관리

HCG는 2,500-7,500 IU/kg(어체중)을, GnRH-a는 5-20 µg/kg을, HCG (5,000 IU/kg)와 GnRH-a (10 µg/kg)를, 10 µg/kg GnRH-a에 100-500 ng/kg PGF2를, 10 µg/ml GnRH-a에 pimozide (1-5mg/kg)를, 10 0g/ml GnRH-a와 250 ng/ml PGF2에 5 또는 10 µg/kg indomethacin을, GnRH-a (10µg/ml)에 dopamine (1-5 mg/kg)을 선별한 쏘가리 암컷 복강에 0.5 ml 주사하였다. 각 실험군에 사용된 쏘가리는 3-5마리였다. 호르몬 및 약물이 처리된 어류는 400 l FRP수조 8개에 분산 수용하고 충분히 폭기 하면서 배란 유도 실험을 하였다.

4. 수정, 배체형성 및 부화율 조사

배란 유도의 확인은 어체에 호르몬 및 약물을 투여하고 24시간 방치한 후 3일간 3-6시간 간격으로 복부를 압박하여 확인하였다. 배란된 난은 채란용기(직경 20-30 cm)에 수용하고 즉시 정액을 첨가한 다음 정액과 난이 혼합되도록 부드러운 붓이나 새의 깃털을 사용하여 쓸어 준 후 2-3분간 방치하였다. 그 후 아무런 약물에 오염되지 않은

여과수로 잔여 정액을 깨끗하게 세척한 다음 약 200여개의 난을 페트리접시에 옮겨 실험하였다. 나머지 난은 치어 생산 수조에 수용하여 일상적으로 관리하였다. 수정율과 배체형성율은 모니터가 부착된 실체현미경(Olympus SZH-10, Japan)을 이용하여 조사하였다. 수정율은 2-4세포기의 난할기, 배체형성율은 낭배시기를 기준으로 하여 판정하였다. 그리고 부화율은 난막에서 완전히 부화된 자어를 기준으로 판정하였다.

결과 및 고찰

양질의 쏘가리 난을 얻기 위하여 1997년 5-6월까지 5회에 걸쳐 여러 가지 성호르몬과 관련된 호르몬 및 유도체를 처리한 후 배란 유도 실험을 하였다. HCG와 GnRH-a를 여러 가지 농도로 성숙한 암컷의 복강에 처리한 결과 Table 1과 같다. HCG 처리시 배란 유도는 전 실험군에서 모두 완료되었으나, 저농도에서는 대체로 시간이 지연되었고, 고농도에서는 30시간 이내에 완료되었다. 저농도의 HCG 처리군에서는 수정율과 부화율이 각각 30%와 7%로 매우 저조하였으나,

Table 1. Response of the female mandarin fish to various concentration of HCG or GnRH-a for induction of ovulation

Hormone	No. of fish injected	No. of fish ovulated ^a						Fertilization rate(%) ^b	Embryo-formation rate(%) ^c	Hatching rate(%) ^d
		24h	30h	36h	42h	48h	60h			
Control	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HCG (IU/kg)										
2,500	3	-	-	1	-	1	1	30	12	7
5,000	3	-	-	2	1	-	-	87	78	43
7,500	3	1	2	-	-	-	-	83	30	26
GnRH-2 (µg/kg)										
5	3	-	-	1	1	1	-	63	65	40
10	5	-	1	2	2	-	-	97	87	83
20	4	1	2	1	-	-	-	97	78	65

a : The detection of fish ovulated was carried out by gently pressure of abdomen every 3 or 6 hrs for 60 hrs after intraperitoneal injection with hormones.

b : Percent of fertilization was calculated in the cleavage stage of 1,000 eggs.

c : Percent of embryo formation was calculated in the gastula stage of the fertilized eggs.

d : Percent of hatching was calculated in post-hatching larva of the fertilized eggs.

Control fish were injected with DPBS.

5,000 IU/kg과 7,500 IU/kg에서는 수정율이 각각 87%와 83%로 양호하였다. 배체 형성과 부화율에 있어서는 5,000 IU/kg군에서만 약간 좋았다. HCG만 단독으로 처리한 실험군에 있어서 배란율과 반응속도는 미꾸리(Lin *et al.*, 1987)와 찬넬메기(김 등, 1990)와 연어(Van Der Kraak *et al.*, 1985) 등에서와 비슷하였지만, 수정율과 부화율은 현저히 낮았다. 특히 GnRH-a 처리군에 있어서 배란 유도과 수정율은 농도에 의존적이었다. 특히 배체 형성과 부화율은 10 µg/kg 처리군에서 각각 87%와 83%로 다른 농도 처리 실험군과 HCG 처리 실험군에 비해서 현저히 높았다. GnRH-a를 처리한 실험군에서는 황복(장, 1996)에서 보다 그 반응속도가 매우 빨랐으며, 황복을 비롯한 담수어류와 비슷하게 수정율과 부화율이 높았다(장, 1996; 김 등, 1990; Crim *et al.*, 1983). 한편 30-36시간 사이에 배란되는 개체에서 수정율과 배체형성율이 높았으며, 30시간 이내 성숙되거나 48시간 이후에 성숙되는 개체들에서는 미숙상태나 과숙상태의 난이 많았고 수정율도 낮았다.

산란기에 있는 경골어류의 뇌에서는 여러 가지 성성숙 호르몬을 비롯한 GnRH와 같은 호르몬을 분비한다는 보고가 많다(장, 1996; Potts and

Wootton, 1984; Weil and Crim, 1983). 그러므로 본 연구는 보다 좋은 양질의 쏘가리 난을 얻어서 수정율, 배체 형성과 부화율을 높이기 위하여 HCG와 GnRH-a, GnRH-a와 PGF₂, GnRH-a와 pimozide 등 성호르몬과 관련된 호르몬 또는 유도체를 동시에 처리하여 배란유도 실험을 비교하였다. HCG (2,500 IU/kg)와 GnRH-a (10 µg/kg), GnRH-a (10 µg/kg)와 PGF₂, GnRH-a (10 µg/kg)에 pimozide (1 또는 5 mg/kg)을 처리한 결과는 Table 2에서 나타낸 바와 같다. 실험군 간의 다소의 시간적 차이는 있었지만, 전 실험군의 어류는 48시간 이내에 배란이 완료되었다. HCG와 GnRH-a를 동시에 처리한 어류는 이들 호르몬을 단독으로 투여한 어류에서 보다 수정율과 배체 형성과 부화율이 높았다. GnRH-a와 500 ng/kg PGF₂를 합성하여 처리한 실험군에 있어서는 부화율이 90%로 매우 높았다. 또한 GnRH-a와 1 또는 5 mg/kg pimozide 처리군에서도 부화율이 각각 92%와 89%로 매우 높았다. 이러한 결과는 간접적으로 산란시기의 쏘가리는 성성숙 또는 배란 유도에 관련된 호르몬이 분비됨을 시사해준다. 예컨대, 잉어와 송어류에서 배란이 유도전에 gonadotropin (GtH)의 분비량이 많은 반면(Stacey, 1984;

Table 2. Response of the female mandarin fish to complex hormones for induction of ovulation

Hormone	No. of fish injected	No. of fish ovulated ^a					Fertilization rate(%) ^b	Embryo-formation rate(%) ^c	Hatching rate(%) ^d
		24h	30h	36h	40h	48h			
Control	3	-	-	-	-	-	-	-	-
HCG + GnRH-a ^e	4	1	1	2	-	-	96	87	84
GnRH-a + PGF ₂ ^f									
100	3	-	1	1	1	-	94	85	73
250	3	-	1	1	-	1	90	82	72
500	3	1	1	1	-	-	93	83	90
GnRH-a + Pimozide ^g									
1	3	-	1	2	-	-	92	89	92
5	4	-	1	2	1	-	89	87	89

a, b, c, d, and control were the same in table 1.

e : HCG (5,000 IU/kg) plus GnRH-a (10 µg/kg)

f : GnRH-a (10 µg/kg) plus various concentration of PGF₂ (ng/kg).

g : GnRH-a (10 µg/kg) plus various concentration of pimozide (ng/kg).

Peter, 1980), 산란 직전에는 GnRH의 양이 증가된다. 이들 호르몬의 분비와 동시에 PGF₂의 양이 증가하여 배란을 촉진시키는 보고도 있다 (Potts and Wootton, 1984). 그러나 어류가 산란장소를 찾지 못했거나 인위적인 스트레스가 주어질 때는 이들 호르몬의 분비를 억제하는 물질인 gonadotropin release-inhibitor (GRIF)도 동시에 분비하여 어류 스스로가 산란시기를 조절하기도 한다(Peter, 1980).

산란시기의 어류를 인위적으로 갑작스런 스트레스를 가하면, 어류는 강력한 스트레스성 호르몬을 분비하여 자체의 난을 성숙하기도 전에 배란한다든지 과속되어 난을 배란하게 되는데, 이러한 난은 수정을 및 부화율이 현저히 낮아지게 된다. 특히 단독생활을 하는 쏘가리의 경우는 인위적으로 장소를 옮겼을 때 자연 산란은 물론이거니와 인위적으로 호르몬을 처리했을 때에도 난의 상태가 좋지 않아 수정을 및 부화율이 현저히 낮아지는 것으로 알려져 있다(이 등, 1997; 나와 백, 1977). 그러므로 본 연구에서는 스트레스성 호르몬 분비를 억제하기 위해서 안정된 장소에서 배란을 유도하였고, 어느 정도의 인위적 스트레스에 의한 난성숙 억제 호르몬 분비를 차단할 수 있는 GnRH-a를 이용했을 뿐만 아니라 신경 전달물질에 독성을 가진 pimozide를 처리하여서도 양질의 난을 충분히 얻을 수 있었다. Pimozide는 어류의 배란 유도에 있어서 dopamine과 같은 억제 물질의 분비를 차단시킬 수 있는 것으로 알려져 있다 (Stacey, 1984).

한편 어류의 성성숙에 따른 호르몬의 생리적 기전을 알아보기 위해서 여러 가지 성호르몬과 몇 가지 억제물질을 동시에 어류 복강에 주사한 후 72시간 배란되는 어류를 조사하였다. 그 결과 Table 3에서와 같이 HCG(5,000 IU)와 GnRH-a (10 µg)를 동시에 처리한 실험군에서는 36시간 이내에 배란이 완료되었으나, 이들 호르몬에 1 또는 5 mg/kg dopamine를 주사한 실험군에서는 배란율이 각각 66.7%와 33.3%로 억제되는 경향을 보였다. 또한 GnRH-a (10 µg)와 PGF₂ (500 ng)를 투여한 실험군에 있어서도 36시간 이내에 모두 배란되었으나, 이들 호르몬에 10 µg/kg indometacin을 투여한 실험군에서는 배란율이 50% 억제되는 것을 관찰하였다. 이와 같은 결과는 금붕어(Stacey, 1984)에서 indometacin이 PGF 같은 호르몬의 작용을 억제 시킨다는 결과와 같은 결과로 추후 더욱 많은 실험과 혈액내 이들 물질의 변화량을 추적하는 등의 실험이 추가 되어야 정확한 원인을 알수 있으리라 사료되었다.

요 약

인간의 태반성 성선자극 호르몬(HCG) 또는 성선자극 호르몬-방출 호르몬 유도체(GnRH-a) 단독 주사와 HCG+GnRH-a, GnRH-a+prostaglandin E₂ (PGF₂), GnRH-a+pimozide를 복합적으로 주사하여 성숙한 암컷 쏘가리에서 배란 유도 실험을 하였다. 호르몬과 유도체의 반응 효과는 배란 후 인공 수정하여 수정율과 배체형

Table 3. Inhibition of ovulation rate by dopamine and indometacin in mandarin fish

Hormone and/or inhibitor	No. of fish injected	No. of fish ovulated ^a						Ovulation
		24h	30h	36h	40h	48h	72h	
Control	3	—	—	—	—	—	—	0
HCG (5,000 IU)+GnRH-a (10 µg) ^b	4	1	1	2				100
1 mg dopamine	3	—	—	—	1	1	—	66.7
5 mg dopamine	3	—	—	—	—	1	—	33.3
GnRH-a (10 µg)+PGF ₂ (500 ng) ^c	3	1	1	1				100
5 µg indometacin	3	—	1	1	—	1	—	100
10 µg indometacin	4	—	—	—	1	1	—	50

a, b, c and control were the same as table 2.

성을 및 부화율을 측정하여 결정하였다. 일반적으로 GnRH-a 실험군이 HCG 실험군에 비해서 수정율과 배체형성을 및 부화율이 높았다. HCG (5,000 IU/kg) + GnRH-a (10 µg), GnRH-a (10 µg/kg) + PGF² (500 ng/kg) 및 GnRH-a (10 µg/kg) + pimozone (1-5 mg/kg)에서 89% 이상의 높은 부화율을 보였다. 본 연구에서 사용된 성성숙 호르몬과 자극물질로 처리된 모든 암컷에서 배란이 유도되었지만, HCG + GnRH-a + dopamine과 GnRH-a + PGF₂ + indometacin 처리군에서는 배란이 억제되었다. 이들의 결과는 산란시기에 여러 가지 성성숙 호르몬과 관련된 호르몬과 성성숙 억제물질(GRIF)이 분비된다는 점을 시사한다.

참 고 문 헌

- Billard, R., K. Bieniarz, W. Poper, P. Epler, B. Breton and K. Alagarwami, 1987. Stimulation of gonadotropin in carp by pimozone-LHRH-A treatment: Effects of dose and time of day. *Aquaculture*, 62 : 161-170.
- Cheng Q. and B. Zheng, 1987. Systematic synopsis of Chinese fishes. Science Press. Beijing, 284-286pp. (in Chinese).
- Crim, L. W., A. M. Sutterlin, D. M. Evans and C. Weil, 1983. Accelerated ovulation by pelleted LHRH analogue treatment of spring-spawning rainbow trout (*Salmo gairdneri*) held at low temperature. *Aquaculture*, 35 : 299-307.
- Donaldson, E. M. and G. Hunter, 1983. Induced final maturation, ovulation and spermination in cultured fish. In: W. S. Hoar, D. J. Randall and E. M. Donaldson (eds.). *Fish physiology Vol. IX: Reproduction, Part B, Behaviour and fertility control*. Academic Press. London. pp. 351-403.
- Fermin, A. C., 1991. LHRH-a and domperidone carp, *Aristichthys nobilis* (Richardson). *Aquaculture*, 93 : 87-94.
- Hettler, W. F., 1981. Spawning and rearing Atlantic menhaden. *Prog. Fish Cult.*, 43 : 80-84.
- Kreiberg, H., G. A. Hunter, E. M. Donaldson, W. C. Clarke and I. Baker, 1987. Induced ovulation and spermiation in the pacific hering (*Clupea harengus* Pallas) using salmon pituitary preparation and a synthetic gonadotropin-releasing hormone analogue. *Aquaculture*, 61 : 155-161.
- Lin, H. R., C. Peng, L. Z. Lu, X. J. Zhong, G. Van Der Kraak and I. Baker, 1987. Induced ovulation in the loach (*Paramisgurnus dabryanus*) using pimozone and [D-Ala, Pro⁹-N-ethylamide]-LHRH. *Aquaculture*, 46 : 333-340.
- Peter, V. E., 1980. Serum gonadotropin levels in mature male goldfish in response to luteinizing hormone-releasing hormone (LHRH) and des-Gly¹⁰[D-Ala⁶]-LH-RH ethylamide. *Can. J. Zool.*, 58 : 1100-1104.
- Potts, G. W. and R. J. Wootton, 1984. *Fish reproduction: Strategies and Tactics*. Academic Press, 403 pp.
- Stacey, V. J., 1984. Control of the timing of ovulation by exogenous and endogenous factors. In: G. W. Potts, R. J. Wootton (eds.). *Fish Reproduction: Strategies and Tactics*. Academic Press, London. pp. 207-222.
- Van Der Kraak, G., H. M. Dye, E. M. Donaldson and G. A. Hunter, 1985. Plasma gonadotropin 17β-estradiol and 17α, 20β-dihydroxy-4[regene-3-one levels during luteinizing hormone-releasing hormone analogue and gonadotropin induced ovulation in cogo salmon (*Onchorhynchus kisutch*). *Can. J. Zool.*, 63 : 824-833.
- Weil, C. and L. W. Crim, 1983. Administration of LHRH analogues in various ways: Effect on the advancement of spermiation in prespawning landlocked salmo, *Salmo salar*. *Aquaculture*, 35 : 103-115.
- 김익수 · 강인종, 1993. *원색한국어류도감*. 아카데미서적. 서울, 477pp.
- 김익수, 1997. *한국동식물도감*. 제 37권 동물편(담수어류). 교육부, 629pp.
- 김동수 · 최경철 · 김인배, 1990. 차넬메기의 산란 유도. *한국양식학회지*, 3 : 25-30.
- 김종두 · 정종윤 · 이철호, 1988. 쏘가리 *Siniperca scherzeri* 의 채란과 부화에 관한 연구. *수진연구보고*, 42 : 81-85.

- 나정연·백윤걸, 1977. 쏘가리 양식에 관한 연구 I, 인공부화에 대하여. 수산청 청평양어 장 연구보고, 2 : 81-89.
- 나정연·백윤걸, 1978. 쏘가리 양식에 관한 연구 II, 인공사육에 관하여. 수산청 청평양어 장 연구보고, 3 : 18-28.
- 이완옥·이종윤·손승정·최낙중, 1997. 소양호 쏘가리 *Siniperca scherzri* (Pisces, Centropomidae)의 산란 생태와 초기 생활사. 한국어류학회지, 9 : 99-107.
- 이철호·장계남·이생동·최낙중, 1992. 쏘가리 *Siniperca scherzri*의 양성에 관한 연구. 수진연구보고, 46 : 183-193.
- 장선일, 1996. 인간의 태반성 성선자극호르몬 또는 성선자극호르몬-방출호르몬 유도체와 pimozone에 의한 황복의 배란유도. 한국양식학회지, 9 : 3-10.
- 전상린, 1986. 한국산 농어과 주연성 담수어의 검색과 분포. 상명여대논문집, 18 : 335-355.
- 정문기, 1977. 한국어도보. 일지사, 727pp.
- 정태영·김찬일, 1981. 실내 실험에 의한 쏘가리의 생활환 연구. 부산대자연과학논문집, 32 : 191-205.
- 최기철·이원규, 1994. 우리 민물고기 백가지. 현암사, 532pp.
- 内田惠太郎, 1936. 朝鮮産魚の生活史. 動雜, 46 : 77-78.