

메기(*Silurus asotus*)의 산란 유도 및 실험실 사육에 관한 연구

최경철 · 김동수 · 조재윤 · 김종만*

부산수산대학교 양식학과 · *한국해양연구소 해양생물공학실

Induced Breeding and Indoor Culture of the Catfish, *Silurus asotus* (Teleostomi : Siluridae)

Gyeong Cheol CHOI, Dong Soo KIM, Jae-Yoon JO and Jong-Man KIM*

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

*Marine Biotechnology Lab., KORDI, Ansan 425-600, Korea

ABSTRACT

Induced breeding and indoor rearing of the catfish, *Silurus asotus* were performed. Ovulation was induced by injection of 5 mg dried carp pituitary per kg body weight. Fertilization rates were 81.5~98.0% and hatching success was 67.0~82.0%.

There were no significant differences of daily growth rate (DGR) and food conversion ratio (FCR) between the groups fed extruded eel pellet and extruded carp pellet. No significant differences in DGR and FCR were also found between 3% and 4% daily feeding rates. DGR and FCR of small fry were slightly affected by dissolved oxygen (DO) level in aquaria. When the DO level maintained at 4.5 mg/l, the best result was obtained and DGR and FCR were 5.7% and 0.65, respectively. At the higher level of DO, 5.5 mg/l, DGR and FCR were 5.52% and 0.77, respectively, whereas at the lower level of DO, 3.5 mg/l, the DGR was decreased to 3.45% and FCR was increased up to 1.01.

서 론

메기(*Silurus asotus*)는 우리 나라의 전 하천 및 일본, 중국을 비롯한 동북 아시아 담수 계에 널리 분포하고, 분류학 적으로 메기목(Siluriformes)의 메기과(Siluridae)에 속하는 어종이다(Chyung 1977). 본 종은 예로부터 맛이 좋아 식용으로 널리 이용되어 왔으나 최근 자연 환경의 악화와 수질 오염으로 인하여 자연산의 생산량이 1986년까지 1,000 톤을 상회하던 것이 1989년에 300여톤으로 크게 감소되어 소비를 따르지 못하는 실정이다(농림수산부 1990). 이에 생산 수급을 원활히 하기

위하여 양식에 의한 생산량의 증대가 절실히 요구되어, 최근 양식업자에 의해 사육이 시도되고 있어 이를 뒷받침하기 위한 적절한 학계의 기술 개발이 필요한 실정이다.

새로운 어종을 양식하고자 할 때 자연계에서 친어를 얻어 그 종의 생활사 전반에 걸친 산란, 부화, 성장 및 성숙 등을 조절하여야 한다(Lam 1982). 그러나 자연계에서 채포된 어류는 일반적으로 실험실에서 자연 산란과 성숙을 조절하기 어려워 호르몬에 의한 인공 산란이 폭넓게 사용되고 있고 특히, 메기과 어류의 경우 실험실에서 온도 및 인공 산란이 매우 어려워 각종 호르몬 처리에 의한 산란 유도가 시도되고 있다(Resink et al. 1989; Sneed 1975; Van Den Hurk et al. 1989). 더욱이 최근 인공산란유도는 종묘 생산을 위한 목적뿐만 아니라 인공수정에 의한 잡종 형성이나 배수체의 유도 등 우량 품종 개발을 위한 유전 육종 연구시 실험실에서 산란 조절을 위해 널리 이용되고 있다(Dunham et al. 1982; Goetz 1983; Kim et al. 1990; Wolters et al. 1981).

메기의 양식을 위한 연구는 일본에서 福田 (1972, 1973, 1974, 1975)에 의한 보고 외에 우리나라의 경우 이 등(1989)에 의해 종묘 생산 방법 등이 보고된 바 있으나 아직껏 메기의 유전 육종을 위한 실험실 내 인공 산란 및 적정 사육 조건은 보고된 바 없다.

이에 본 연구는 우량 유전 형질을 가진 메기의 양식 산업화를 위하여 우선 실험실 내에서 인공 산란에 의해 산란을 유도 한 후, 인공 사료 공급에 따른 적정 사육 조건을 검토하였다.

재료 및 방법

1. 재료

실험어는 김해 지역의 낙동강 지류에서 채집된 자연산 메기로부터 호르몬 처리에 의해 인공 산란되어 부산수산대학교 양어장에서 사육된 제 2 세대 개체들중 체중이 200 g 이상 되는 친어들을 사용하였다.

2. 방법

2-1. 산란 유도

산란유도를 위한 호르몬은 잉어 뇌하수체(Sigma Co., USA)를 생리 식염수에 녹여 1,000 rpm으로 10분간 원심 분리한 후 예비 실험에 의해 선정된 농도인 어체중 kg당 5 mg의 농도로 상등액을 복강 주사하여 산란을 유도하였다. 산란이 유도된 개체는 pseudogonadosomatic index 및 난 수를 측정하였다.

$$\text{Pseudogonadosomatic index} = \frac{b}{a-b} \times 100$$

a : weight of fish before injection

b : weight of stripped eggs

2-2. 실험실 사육

호르몬 처리에 의해 산란된 난은 습식법으로 수정하여 부화시켰으며 부화 개체들은 난황 흡수 직후부터 2일간 알테미아를 공급하였고, 이후 인공 사료에 순치를 위해 굵긴 후 시판 사료를 공급하였다.

성장 조사를 위해 평균 체중 6.5 g되는 치어를 각 실험군 당 122 마리씩 500 ℓ 원형 순환 수조 내에

수용하여 시판되는 뱀장어 (조단백 46 %) 및 잉어 (조단백 39 %) 부상 사료로 3 주간 사육하였으며, 성장을 위한 적정 공급 사료량을 조사하기 위해 용존 산소 3.5 ppm 조건 하에서 예비 실험을 거쳐 체중 3% 및 체중 4%로 사료량을 달리하여 사육하였다. 아울러 적정 용존 산소 조건을 알아보기 위하여 3.5, 4.5 및 5.5 ppm 농도의 용존 산소 하에서 체중 3%의 사료량을 공급, 사육하여 각 농도별 성장을 및 사료 계수를 조사하였다.

Feed conversion ratio (FCR) = feed intake/weight gain

$$\text{Daily growth rate (DGR) (\%)} = \frac{W_t - W_o}{\frac{W_o + W_t}{2}} \times 100 \times t$$

W_t = t 일 경과 시의 무게

W_o = 최초 무게

t = 실험 기간

실험시 모든 실험 군의 사육 수온은 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 유지하였으며 매일 찌꺼기 제거와 아울러 사육수 1/3 용량을 환수하였고 일주일마다 여과조를 청소해 주었다.

2-3. 통계 처리

성장 실험 결과는 Statistical Analysis System (SAS User's Manual 1985)에 따라 처리했으며, 유의차의 검정은 T-test와 분산 분석에 의하였다.

결 과

1. 실험실 사육

1-1. 산란 유도

어체중 kg당 5 mg 의 잉어 뇌하수체를 주사하여 산란 유도한 결과는 Table 1에 나타내었다. Pseudogonadosomatic index는 개체에 따라 3.9~34.6까지로 다양하였으며, 어체중 1 kg당 50,000~60,000개 정도 알이 산란되는 것으로 판단되었다.

1-2. 수정율, 부화율, 기형을 및 초기 생존율

잉어 뇌하수체 처리에 의해 산란된 난들의 수정율은 81.5~98.0%로 평균 93.3% 였으며, 부화율은 평균 74.0% (67.0~82.0%), 난황이 흡수되고 최초 먹이를 먹기 시작하는 부화 2 일까지의 초기 생존율은 평균 약 80% 였으며 부화된 개체중 외형이 비정상인 개체는 약 6% 였다(Table 2).

1-3. 성장

무게 6.52 ± 1.61 g 되는 메기 치어에 시판되는 뱀장어 및 잉어 부상 사료를 공급하여 3 주간 사육한 결과, 뱀장어 사료 공급 군의 크기는 17.27 ± 4.77 g 으로 증가되었고 이때 사료 계수와 일일 성장율은 각각 0.66, 4.27% 였다. 잉어 사료 공급군은 무게 16.88 ± 4.85 g, 사료 계수 및 일일 성장률은 각각 0.69, 4.14%로 나타나 두 사료 간에 큰 성장차($P > 0.05$)는 보이지 않았다(Table 3).

Table 1. Ovulation responses of the catfish, *Silurus asotus* female after injection of 5 mg carp pituitary per kg body weight

Specimen No.	Weight (g)	Pseudo - GSI(%) *	No. of eggs spawned
1	350.0	34.6	36,000
2	400.0	33.3	35,000
3	295.0	3.9	4,400
4	190.0	23.4	14,400
5	190.0	7.0	2,000
6	210.0	8.4	3,800
7	160.0	20.3	9,900
256.0± 87.5		18.7± 11.7	15,071.4± 13,491.5

* Pseudogonadosomatic index = (b/a-b)×100

a : weight of fish before injection b : weight of stripped eggs

Table 2. Effects of the injection of 5 mg carp pituitary per kg body weight on the spawning of female catfish, *Silurus asotus*

Specimen No.	Weight (g)	Fertilization rate (%)	Hatching success (%)	Early survival rate (%)	Incidence of malformed larvae (%)
1	270	97.0	75.2	86.5	5.5
2	240	91.6	76.0	81.5	2.1
3	215	81.5	75.2	80.0	6.8
4	210	98.0	71.0	87.3	5.5
5	160	98.0	82.0	87.1	5.4
6	155	97.0	67.0	86.4	6.4
7	150	90.0	71.4	76.4	8.6
200± 43.01		93.3± 5.66	74.0± 4.40	83.6± 3.99	5.8± 1.82

어체중 20.68± 5.64 g 되는 메기에 용존 산소량 3.5± 0.5 ppm 에서 사료량을 달리한(어체중의 3%~4%) 실험에서는 실험 1군의 3% 공급 군의 사료 계수 0.95, 일일 성장률 2.91% 그리고 4% 공급 군의 사료 계수 0.98, 일일 성장률 2.75% 로 나타났다. 실험 2군의 경우 3% 사료 공급 결과는 사료 계수 0.87, 일일 성장률 3.01% 그리고 4% 공급한 군은 사료 계수 0.90, 일일 성장률 2.99%로 나타나 통계적인 유의차가 없어(P>0.05) 3% 공급군이 적절한 것으로 나타났다(Table 4).

용존 산소량을 달리하여 체중 23.50± 5.82 g 되는 메기에 체중 3%의 비율로 공급한 결과 3.5± 0.5 ppm 의 용존 산소 조건에서 사료 계수 1.01± 0.14, 일일 성장률 3.45± 0.47%, 4.5± 0.5 ppm 농도에서 사료 계수 0.65± 0.02, 일일 성장률 5.70± 0.72% 그리고 5.5± 0.5 ppm 의 용존 산소에서 사료 계수 0.77± 0.05, 일일 성장률 5.52± 0.09%로 나타나 4.5± 0.5 ppm 의 용존 산소 조건이 최적으로 나타났다(P<0.05)(Table 5).

앞의 결과를 토대로 3% 잉어 부상 사료를 4.5± 0.5 ppm 의 용존 산소 조건 하에서 부화 후 6개월까지 사육하면서 일일 성장률과 사료 계수와 관계의 조사를 한 결과는 Fig. 1과 같다. 부화후 3개월(암컷-평균 체중 76.4 g, 수컷-평균 체중 46.2 g)까지의 일일 성장률과 사료 계수는 3% 이상 및 1.0 이하로 나타났으나 그 이후부터는 성장 둔화와 함께 사료 계수의 증가를 보였다.

Table 3. Growth results of the catfish, *Silurus asotus* fed two different experimental diets, commercial carp feed (39% crude protein) and eel feed (46% crude protein) for 21 days

Exp. period		Commercial feed*	Commercial feed for carp*	
		for eel	group 1	group 2
1st week	No. of fish	122	122	122
	Initial weight (g)	782.4	818.0	781.5
	Final weight (g)	1165.6	1209.0	1223.1
	Weight gain (g)	382.2	391.0	441.6
	Feed intake (g)	233.3	239.2	246.5
	FCR**	0.61	0.61	0.56
	DGR(%)***	5.62	5.51	6.29
2nd week	No. of fish	122	122	122
	Initial weight (g)	1165.6	1209.0	1223.1
	Final weight (g)	1498.7	1506.2	1539.3
	Weight gain (g)	338.9	297.2	316.8
	Feed intake (g)	245.0	245.0	245.0
	FCR	0.72	0.82	0.77
	DGR (%)	3.63	3.13	3.28
3rd week	No. of fish	120	122	122
	Initial weight (g)	1474.2	1506.2	1539.3
	Final weight (g)	2054.9	2040.3	2012.0
	Weight gain (g)	580.7	534.1	472.7
	Feed intake (g)	355.0	355.0	355.0
	FCR	0.61	0.66	0.75
	DGR (%)	4.71	4.30	3.80
Total	Initial weight (g)	782.4	818.0	781.5
	Final weight (g)	2054.9	2040.3	2012.0
	Weight gain (g)	1272.5	1222.3	1230.5
	Feed intake (g)	833.3	839.2	846.5
	FCR ¹	0.66	0.69	0.69
	DGR (%) ¹	4.27	4.07	4.20

* Extruded pellet ** Food conversion ratio *** Daily growth rate 1 (P>0.05)

Table 4. Growth results of the catfish, *Silurus asotus* fed two different ration levels of commercial carp feed

Commercial feed for carp	No. of fish	Initial weight(g)	Final weight(g)	Weight gain(g)	Feed intake(g)	FCR* 1	DGR ** (%)
Exp. 1 3%	116	2371.5	2910.0	538.5	510.0	0.95	2.91
	4%	120	2067.3	2471.0	436.5	426.7	0.98
Exp. 2 3%	122	2494.1	3080.0	586.9	510.0	0.87	3.01
	4%	122	2012.0	2474.4	469.7	424.6	0.90

* Food conversion ratio ** Daily growth rate 1 (P>0.05)

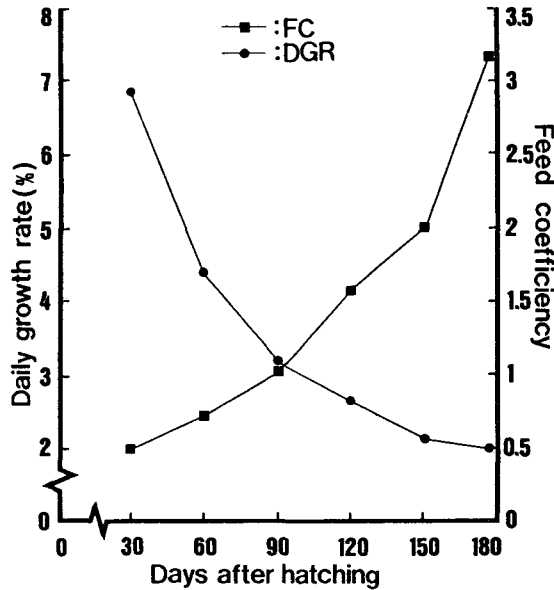


Fig. 1. Relationship between daily growth rate and food conversion ratio of the catfish, *Silurus asotus*, reared for 180 days.

Table 5. Food conversion ratio and daily growth rate of the catfish, *Silurus asotus* reared at three different dissolved oxygen levels

		Dissolved oxygen (ppm)		
		3.5± 0.5	4.5± 0.5	5.5± 0.5
Exp. 1	No. of fish	122	122	122
	Initial weight (g)	1468.8	1582.8	1609.2
	Final weight (g)	1810.8	2250.8	2396.4
	Weight gain (g)	342.0	668.0	787.2
	Feed intake (g)	297.5	440.4	645.5
	FCR*	0.87	0.66	0.82
	DGR (%)**	2.98	4.98	5.61
Exp. 2	No. of fish	122	122	122
	Initial weight (g)	1263.6	1377.6	1332.0
	Final weight (g)	1664.4	2176.8	1957.2
	Weight gain (g)	400.8	799.2	625.2
	Feed intake (g)	456.9	503.5	450.1
	FCR	1.14	0.63	0.72
	DGR (%)	3.91	6.42	5.43
Mean				
	FCR ¹	1.01± 0.14	0.65± 0.02	0.77± 0.05
	DGR (%) ¹	3.45± 0.47	5.70± 0.72	5.52± 0.09

* Food conversion ratio

** Daily growth rate

1 (P>0.05)

논 의

어류에서 산란 유도는 암컷의 경우 난의 성숙과 산란을 위해, 수컷의 경우 방정을 유도함으로써 자연 산란 및 인공 수정을 위해 행한다(Donaldson and Hunter 1983). 따라서 인공 산란 유도는 인위적인 사육 환경에서 자연 산란이 어려운 종의 산란 유도 및 치어의 대량 생산과 아울러, 근연 종간의 잡종화에 필수적이다(Chaudhuri 1973; Fijan 1975; Kausch 1975). 호르몬에 의한 산란 유도시 생식소 속도 지수는 종 및 개체간 매우 다양한 차이를 보인다(Yamamoto 1973). 본 연구에서도 여타 보고와 마찬가지로 잉어 뇌하수체 처리시 pseudogonadosomatic index가 3.9~34.6으로 나타나 매우 다양하였다. 특히 본 종에 있어 사용된 7마리의 친어중 2마리는 어체중의 30% 이상이나 되는 양의 난을 산란하여 매우 높은 pseudogonadosomatic index를 보여 주었다. 또한 본 종은 육식성 어종임에도 불구하고 어체중 kg당 약 50,000~60,000 개의 난을 산란하는 것으로 나타나 같은 육식성 어종인 무지개 송어의 어체중 kg당 2,000~3,000 개의 산란수 및 차널메기의 어체중 kg당 6,000 개의 산란 수에 비해 매우 많은 산란수를 보여(Wolters et al., 1982) 종묘의 대량 생산에 매우 적합한 어종으로 판단된다.

산란 유도 호르몬에 의해 산란된 난들의 수정율은 평균 93.3%였으며 부화율은 평균 74.0% 그리고 초기 생존율은 평균 약 80%였으며 부화된 개체중 외부 형태가 기형인 개체의 기형율은 약 6%로 나타나 Kossman (1975)이 잉어에 대하여 실험한 결과와 유사하였다. 따라서 본 실험에 사용된 잉어 뇌하수체 농도는 실험실은 물론 산업적으로도 이용이 가능하리라 사료된다.

인공 사료중 부상 사료는 물에 대한 안정성 및 흡수성이 뛰어나고 양호한 수질 조건을 유지할 수 있으며 먹이 먹는 시간이 길고 사료 효율도 좋아 널리 이용되고 있다(Hilton et al. 1981; Kastelein 1983). 메기과 어류의 경우 부상사료에 관한 연구는 *Clarias* 속 어류와 차널메기를 대상으로 활발한 연구가 되어 왔다(Degani et al. 1989; Hogendoorn et al. 1983; Machiels and Henken 1985). 본 연구에서 메기가 육식성 어종임을 감안하여 단백질 함량이 46% 이상인 뱀장어용 부상 사료와 그보다 단백질 함량이 낮은 39.0%의 잉어 부상 사료를 공급하여 3주간 사육한 결과 두 사료 간에 큰 성장 차는 보이지 않았다. 따라서 앞으로 메기의 적정 단백질 요구량에 대한 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

어체중 20.68 ± 5.64 g 의 메기에 용존 산소량 3.5 ± 0.5 ppm 에서 사료량을 달리한(어체중의 3%~4%) 실험에서 그의 성장, 사료 계수 및 일일 성장을 등에 있어 통계적인 유의차가 없었다. 따라서 양식 산업에 있어 생산 경비의 60~80%를 차지하는 사료비를 감안할 때보다 가격이 싼 잉어 부상 사료로 3% 공급이 실험실 사육시 적당하리라 사료된다. 그러나 Fig. 1에서 보듯이 잉어 부상 사료 공급시 부화 3개월 이후에는 성장율과 사료 계수가 급격히 나빠져 앞으로 적정 후기 사료의 개발과 함께 새로운 사육 환경에서의 성장 실험도 필요할 것으로 사료된다.

양식에 있어 용존 산소에 대한 연구 보고는 주로 연어과 어류의 치사 농도나 산란과 치어 사육에 필요한 적정 요구량에 많은 연구가 되어 있다(Alabaster et al. 1979; Brooks et al. 1977; Dorfman and Whitworth 1969). 특히 용존 산소와 성장과의 관계에 대해서는 Adelman and Smith(1970)가 보고한 Northern pike의 3~4 ppm 이하에서 성장이 감소된다는 보고와 Kim and Kim (1986)의 이스라엘계 잉어의 성장을 위한 최적 용존 산소량에 관한 보고 외에 많은 연구가 있으나 메기의 성장에 필요한 용존 산소량에 대한 보고는 없다. 본 연구에서 용존 산소량을 달리하여 체중 23.50 \pm 5.82 g 되는 메기에 체중 3%의 비율로 공급한 결과 4.5 ± 0.5 ppm 의 용존 산소 조건이 최적으로 나타났다. 상기 4.5 ppm 의 적정 용존 산소 조건은 여타 어종과 직접 비교는 어려우나

앞으로 생산비에서 차지하게 될 동력비와 생산성과의 연관성을 고려 실험 구간을 더욱 다양하게 나누어 연구할 필요가 있을 것이라 생각된다.

요 약

메기(*Silurus asotus*)의 생산성 향상을 위한 유전 육종학적 연구의 일환으로 호르몬 처리에 의해 인공 산란을 유도한 후 실험실 내에서 적정 사육 조건을 위한 성장 실험을 수행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

어체중 당 5mg/kg의 잉어 뇌하수체를 주사하여 산란 유도한 결과 pseudogonadosomatic index는 개체에 따라 3.9~34.6 까지로 다양하게 나타났고 어체중 kg당 약 50,000~60,000 개 정도의 난을 산란했다. 호르몬에 의해 산란된 난들의 수정율은 평균 93.3%, 부화율은 약 74.0%, 초기 생존율은 평균 80%였으며 기형율은 약 6%였다.

체중 6.52 ± 1.61 g 되는 치어 시기에 시판되는 뱀장어 및 잉어 부상 사료를 공급하여 3주간 실내 사육한 결과 두 사료 간의 성장차는 보이지 않았다. 어체중 20.68 ± 5.64 g 되는 메기에 용존 산소 3.5 ± 0.5 ppm 조건으로 사료량을 어체중 3%와 4%로 달리한 결과 3% 공급군에서 사료 계수가 0.87~0.95, 일일 성장율이 2.91~3.01% 였고 4% 공급군에서 사료 계수가 0.90~0.98, 일일 성장율이 2.75~2.99%로 나타나 차이가 없었다. 그러나 용존 산소량을 3.5 ± 0.5 ppm 에서 5.5 ± 0.5 ppm 으로 달리한 실험에서 4.5 ± 0.5 ppm 의 용존 산소 조건이 일일 성장율이 5.7%로 나타나 최적 용존 산소 조건이었다. 일일 어체중의 3% 잉어 부상 사료를 4.5 ± 0.5 ppm의 용존 산소 조건 하에서 부화 후 6개월까지 사육하면서 일일 성장율과 사료 계수와의 관계를 조사한 결과, 부화 후 3개월(암컷-평균 체중 76.4 g, 수컷-평균 체중 46.2 g)까지의 일일 성장율과 사료 계수는 각각 3% 이상 및 1.0 이하로 나타났으나 그 이후부터는 성장 둔화와 함께 사료 계수의 증가를 보여 이시기 이후부터는 새로운 사료로의 전환이 필요한 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- Adelman, I. R and L. Smith. 1970. Effect of oxygen on growth and food conversion efficiency of northeren pike. Prog. Fish Cult. 32 : 93~96.
- Alabaster, J. S., D. G. Shurben and M. J. Mallett. 1979. The survival of smolts of salmon (*Salmo salar*) at low concentrations of dissolved oxygen. J. Fish Biol. 15 : 1~8.
- Brooks, M. J. 1977. A study of length variation in blue, *Ictalurus furcatus*, and channel, *I. punctatus* catfishes. M. S. Thesis. Auburn University, AL, 53 pp.
- Chaudhuri, H. 1973. Fertility of hybrids of Indian carps and preliminary studies on the F₂ generation of carp hybrids. J. Inland Fish. Soc. India 5 : 195~200.
- Chyung, M. K. 1977. The Fishes of Korea, Iljisa Publ. Co., Seoul. pp. 1~727.
- Degani, G., Y. Ben-Zvi and D. Levinson. 1989. The effect of different protein levels and temperatures on feed utilization, growth and body composition of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). Aquaculture 76 : 293~301.
- Donaldson, E. M. and G. A. Hunter. 1983. Induced final maturation, ovulation and spermiation in cultured fish. p. 351~403. In : Hoar, W. S., D. Randall and E. M. Donaldson (Editors), Fish Physiology, Vol. IX (B). Academic Press, New York.

- Dorfman, D. and W. R. Whitworth. 1969. Effects of fluctuations of lead, temperature and dissolved oxygen on the growth of the brook trout. *J. Fish. Res. Board. Can.* 26 : 2493~2501.
- 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.
- Fijan, N. 1975. Induced spawning, larval rearing and nursery operations-*Silurus glanis*. Workshop on Controlled Reproduction of Cultivated Fishes. EIFAC/T 25 : 130~138
- Goetz, F. W. 1983. Hormonal control of oocyte maturation and ovulation in fishes. p. 117~170. In : Hoar, W. S., D. Randall and E. M. Donaldson (Editors), *Fish Physiology*, Vol. IX(B). Academic Press, New York.
- Hilton, J. W., C. Y. Cho and S. J. Slinger. 1981. Effect of extrusion processing and steam pelleting diets on pellet durability, pellet water absorption, and the physiological response of rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). *Aquaculture* 25 : 185~194.
- Hogendoorn, H. and W. J. Koops, 1983. Growth and production of the African catfish *Clarias lazera* (C.&V.). I. Effects of stocking density, pond size and mixed culture with tilapia (*Sarotherodon notiticus* L.) under extensive field conditions. *Aquaculture* 34 : 253~263.
- Kastelein, P. 1983. Survival and growth of elvers (*Anguilla anguilla* L.) reared on an expanded granulated diet. *Aquaculture* 30 : 155~172.
- Kausch, H. 1975. Breeding habits of the major cultivated fishes of EIFAC region and problem of sexual maturation in captivity. Workshop on Controlled Reproduction of Cultivated Fishes. EIFAC/T 25 : 43~52.
- Kim, D. S., G. C. Choi and I. B. Kim. 1990. Induced spawning of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *J. Aquaculture* 3 : 25~30.
- Kim, I. B., and P. K. Kim. 1986. Optimum dissolved oxygen level for the growth of the Israel strain of common carp, *Cyprinus carpio* in the recirculating water system. *Bull. Kor. Fish. Soc.* 19 : 581~585.
- Kossman, H. 1975. Reproduction experiments on carp (*Cyprinus carpio*). Workshop on Controlled Reproduction of Cultivated Fishes. EIFAC/T 25 : 122~126.
- Lam, T. J. 1982. Applications of endocrinology to fish culture. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39 : 111~137.
- Machiels, M. A. M. and A. M. Henken. 1985. Growth rate, feed utilization and energy metabolism of the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), as affected by dietary protein and energy content. *Aquaculture* 44 : 271~284.
- Resink, J. W., T. W. M. Van den Berg, R. Van den Hurk, E. A. Huisman and P. G. W. J. Van Oordt. 1989. Induction of gonadotropin release and ovulation by pheromones in the African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture* 83 : 167~177.
- SAS. 1985. SAS User's Guide : Statistics. Version 5 Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 341 pp.

- Sneed, K. E. 1975. Channel catfish culture methods. Workshop on Controlled Reproduction of Cultivated Fishes. EIFAC/T 25 : 164~173.
- Van Den Hurk, R., C. J. J. Richter and J. Janssen-Dommerholt. 1989. Effects of 17 α -methyltestosterone and 11 β -hydroxyandrostenedione on gonad differentiation in the African catfish, *Clarias gariepinus*. Aquaculture 83 : 179~191.
- Wolters, W. R., G. S. Libey And C. L. Chrisman. 1981. Induction of triploidy in channel catfish. Trans. Am. Fish. Soc. 110 : 310~312.
- Wolters, W. R., G. S. Libey and C. L. Chrisman 1982. Effect of triploidy on growth and gonad development of channel catfish. T. rans. Am. Fish. Soc. 111 : 102~105.
- Yamamoto, K. 1973. Endocrinological studies related to artificial propagation of fish. p. 11~29. In : Motoda S. (Editor), Propagation of Marine Resources of The Pacific Ocean. Tokai Univ. Tokyo.
- 福田捨. 1972. ナマズの人工採苗 IV. 埼玉縣水試研報, 31 : 1~6.
- . 1973. ナマズの人工採苗研究. 埼玉縣水試研報, 32 : 1~4.
- . 1974. ナマズの人工採苗 V. 埼玉縣水試研報, 33 : 1~4.
- . 1975. ナマズの食用魚養成 I. 埼玉縣水試研報, 34 : 1~4.
- 농림수산부. 1990. 농림수산통계연보, 동양문화, 서울, pp. 1~487.
- 이생동, 최낙중, 방종득. 1989. 메기 *Parasilurus asotus*의 인공양식에 관한 연구. 수진연보 43 : 181~185.