

파랑볼우럭, *Lepomis macrochirus*의 生殖機構에 관한 實驗的 研究*

李 澤 烈 · 金 聖 淵

釜山水產大學 資源生物學科

(1987년 9월 15일 접수; 1987년 11월 21일 수리)

Experimental Studies on the Mechanism of Reproductive Cycle in the Bluegill, *Lepomis macrochirus*

Taek Yuil LEE and Sunng Yeon KIM

Department of Marine Biology, National Fisheries University of Pusan

(Received September 15, 1987; Accepted November 21, 1987)

Annual reproductive cycle of Bluegill, *Lepomis macrochirus* (RAFINESQUE) were studied in the natural population. Based on these informations, reproductive mechanism of the fish including activation, degeneration and remature were examined under the controlled conditions of temperature and photoperiod.

In the natural populations, gonads began to grow with the temperature increase in March and matured in June, and spawning occurred in July. With the onset of the shorter day-length and the maximum temperature condition in August, the gonads began to degenerate. Resting stage was continued during winter season.

In the laboratory-reared population, activation of the gonads was initiated by the complex environmental factors including higher temperature (>15°C) and longer photoperiod (>14L). For the maturation, photoperiod of more than 14 hours was critical. Under this condition higher temperature was the only compensative factor. Regeneration of the gonads was induced by higher temperature (>25°C) and the shorter photoperiod accelerated the regenerative processes. Even from the resting stage the gonads can be induced to matured stage by the longer photoperiod (>15L). Based on these observations, the reproductive rhythm of this fish is supposed to be artificially controlled.

서 론

파랑볼 우럭, *Lepomis macrochirus* 은 검정우럭과 (Family Centrarchidae)에 속하는 담수산 어종으로 원래 미국과 캐나다의 오대호 주위에 분포 서식하는 종으로 우리나라에서는 1969년 수산청이 일본으로부터 시험양식을 위해 치어 510미를 도입한 종이다(鄭, 1977).

파랑볼 우럭에 대한 생식 생물학적 연구는 Nakamura *et al.* (1969, 1972)에 의한 산란 습성과 난발생, 치자어 성장에 관한 보고 외에 거의 찾아볼 수 없으며 우리나라에서도 도입이후 이들에 대한 생물학적 검토가 전혀되어 있지 않다.

현재 이들 파랑볼 우럭은 우리나라 전 담수역으로 그 분포권을 넓혀가고 있어 이들의 생식기구가 정확히 밝혀져야 할 필요성이 있다.

* 이 논문은 1986년도 문교부 자유과제 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.

부산수산대학 해양과학연구소 연구업적 제 188호(Contribution No.188 of Institute of Marine Sciences, National Fisheries University of Pusan)

따라서 파랑볼 우럭의 재생산기구 해명을 위하여 자연산 생식년주기, 산란횟수, 군성속도 및 포란수 등을 조사하였고 이를 토대로 실내 사육실험을 통하여 생식소의 활성화를 유도하여 산란 개시기에 이르게 하는 외적환경요인과 생식소 퇴화를 유도하여 산란을 종료시키는 환경요인 및 재성숙을 유도하는 환경요인 등을 각각 규명하였다.

재료 및 방법

1985년 6월부터 1986년 10월까지 매월 경상남도 양산군 지내 마을의 저수지에서 대납시에 의해 채집된 총 525개체의 파랑볼 우럭을 재료로 자연 생식년 주기를 조사하였다.

재료는 채집 즉시 실험실로 옮겨 진장, 체장 그리고 체중을 측정후 뒤 곧 해부하여 생식소를 절취 측정 후 Bouin 용액에 고정하고, Paraffine 절편법에 의해 6~7 μm의 조직표본을 제작하였고, 염색은 Hansen's haematoxylin-0.5% eosin 이중염색과 Mallory 3중염색을 하였다.

생식소 속도지수(Gonadosomatic index=GSI)는 생식소 중량×100/체중의 식으로 산출하였다.

난경조성 및 포란수의 측정은 적출된 난소내 난포를 개량 Gilson액(Löve & Westphal, 1981)에 넣어 60°C 전후의 온도를 유지하며 6일간 12시간마다 흔들여 주면서 분리하였고 분리되지 않은 난들은 해부침으로 다시 분리하고 Gilson액에 2~3일간 보존하여 완전히 분리시켰다. 포란수 계산은 Bagenal and Braum(1978)의 습중량법을 사용하였다.

군성속도 조사는 성숙기인 5월부터 산란이 종료되는 7월까지의 총 253개체의 생식소 조직표본을 관찰 Volodin et al.(1974)의 방법을 참고하여 생식참여부로 판정하였다.

생식소 활성 및 퇴화를 지배하는 외적 환경요인 규명을 위한 실험은 자연산에서 밝혀진 생식년주기를 토대로 생식소가 활성화되기 시작하여 산란기가

개시되는 봄과 생식소가 퇴화되기 시작하여 산란기를 종료하는 여름 그리고 산란을 종료하여 휴지기 상태에 이르는 가을에 각각 전장 8~11 cm 크기의 파랑볼 우럭을 재료로 Table 1과 같이 여러가지 광주기와 수온을 조합한 실험수조를 설정하여 사육실험을 하였다.

사육수조는 80 l 유리수조를 사용하였으며 각 수조당 실험개체는 35미씩 수용하였다. 광원은 25 W 형광등을 사용하였으며 먹이로는 하루 5~6회씩 승어용 Pellet 사료를 충분히 공급하였다.

결 과

1. 생식소 속도지수(GSI)의 주년변화

암수에 대한 연간 GSI의 조사결과는 Fig.1과 같았다. 연간 GSI 변화는 암수 모두 유사하여 조사가 시작된 85년 6월에 암 5.63, 수 1.59로 높은 값을 나타냈고 7, 8월을 지나면서, 암수 각각 1.89, 0.24로 급격하게 감소하였다. 이듬해 3월이후 다시 증가하기 시작하여 6월에 암수 각각 평균 GSI 값은 5.53과 1.86으로 연중 최대값을 나타내고 있다. 이들 GSI 변화와 환경의 변화를 연관시켜 살펴보면(Fig.1) 동계 이후 수온이 상승하기 시작하고 낮 길이가 길어지는 3월 이후 서서히 상승하기 시작하여 6월에 최대의 GSI 값을 나타내고 있다. 이때의 낮 길이는 14시간 이상의 연중 가장 긴 기간이고, 수온은 20°C~25°C 내외였다. 이후 GSI 값이 감소되는 기간에는 낮 길이가 점점 짧아지는 기간이었으나 수온은 25°C 이상으로 연중 가장 높은 기간으로 나타났다.

2. 생식년주기(Reproductive cycle)

생식소 속도지수의 연간 변화와 생식소 발달과정의 조직학적 관찰 결과 파랑볼 우럭의 생식년주기를 성장기, 성숙기, 완숙 및 산란기 그리고 회복 및 휴지기의 연속된 발달 단계로 구분할 수 있었다.

Table 1. Combination of photoperiods and water temperature in rearing experiments

Exp. No.	Exp. period	Environmental factor (day-length/water temperature)
1	Feb. 3-Apr. 5	14L/25°C, 14L/10°C, 12L/25°C, 12L/14°C, 10L/25°C, 10L/14°C
2	Apr. 28-June 30	NL/NT, 15L/25°C, 14L/25°C, 14L/15°C, 13L/25°C, 13L/15°C 12L/25°C, 12L/15°C
3	July 5-Aug. 15	NL/NT, 15L/28°C, 15L/20°C, 13L/28°C, 13L/20°C, 12L/28°C 12L/20°C, 10L/20°C
4	Sept. 13-Nov. 20	NL/NT, 15L/25°C, 15L/15°C, 13L/25°C, 10L/25°C, 10L/15°C

NL: Natural day-length; NT: Natural water temperature

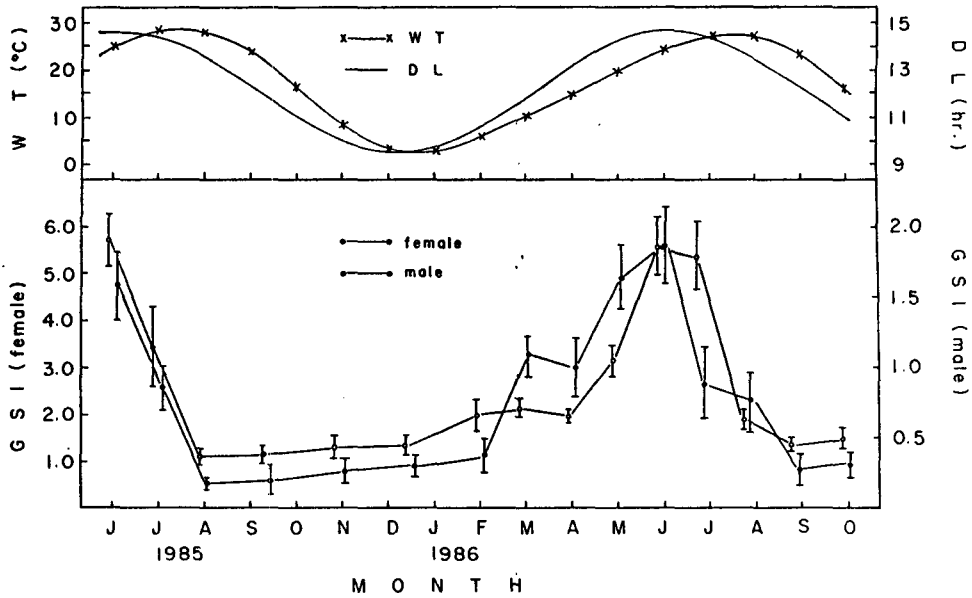


Fig. 1. Annual changes of the gonadosomatic index and mean water temperature (WT) and day length (DL) from June 1985 to October 1986. Symbols and bars, mean \pm standard errors.

1) 성장기(Growing stage)

2월 말에서 3월에 채집된 개체들 중 암컷의 난소 소낭내에는 난경이 40~100 μm 인 초기 난세포들이 활발하게 성장하고 있는데 이때 난세포질은 호염기성의 염색성을 나타내며 핵막 주변을 따라 다수의 인들이 분포하는 주변인가 된다(Pl. I, Fig. 1). 난경이 140 μm 전후가 되면 난세포질의 염색성은 점차 호산성으로 변하게 되고 세포질내에는 10 μm 전후 크기인 한개의 난황핵이 관찰되며(Pl. I, Fig. 2) 이때부터 성장중인 난세포의 난막주변으로 단층의 여포세포가 발달해 온다. 4월에 접어들면서 난경이 210 μm 전후에 이르면 난황핵은 소실되고 세포질의 피질층으로부터 공포상의 난황포가 형성되어(Pl. I, Fig. 3) 점차 내층으로 확산되어 가면서 난세포질을 가득 채우게 된다(Pl. I, Fig. 4).

수컷의 경우도 역시 2월말부터 간층조직이 풍부한 정소소엽 상피를 따라 정원세포의 활발한 분열증식이 일어나고 있다(Pl. II, Fig. 11). 3월 이후 성장기의 정소에는 간층조직들이 점차 소실되어 가며 소엽내의 정원세포가 정모세포로 성장되며, 이어 성숙분열을 마친 일부 정세포들도 나타난다(Pl. II, Fig. 12). 이들 정세포는 정모세포에 비해 핵질이 농축되어 나타난다.

2) 성숙기(mature stage)

암수 모두 5월에는 거의 모든 개체가 성숙에 도달한다.

암컷의 경우, 난경이 420 μm 전후에 달하며, 난세포의 피질층으로부터 난황구들이 축적되어 오므로 난세포질은 난황구의 피질층과 난황포의 내층으로 뚜렷이 구별되어진다(Pl. I, Fig. 5). 5월 중순 이후는 난황구들이 난세포질 전체에 축적되며, 핵막은 거치화되면서(Pl. I, Fig. 6), 응축된 핵질이 동물극으로 이동하는데, 이때의 난경은 550~700 μm 전후가 된다(Pl. I, Fig. 7). 그리고 난막 외층에는 여포세포들의 발달로 eosin에 강하게 염색되는 방사선대가 뚜렷해진다.

수컷에서는 정소의 비후와 아울러 소엽내에는 소수의 정원세포군, 정모세포군, 정세포군 그리고 변태된 정자들이 다수 나타나며(Pl. II, Fig. 13), 5, 6월에는 소엽내강과 수정소관내에 변태된 정자들의 수가 더욱 증가된다.

3) 완숙 및 산란기(Ripe and spawning stage)

6월에 접어들면서 난소는 최대로 비후되어 GSI가 년중 최대값인 5.53에 달하게 된다. 이때 난경은 700~800 μm 전후로 동물극으로 이동한 핵질은 세포질과의 구분이 어렵게 된다. 난황구들은 서로 융합하여 균질성 난황을 이루게 되며 이들 사이에서 다수

의 유구들도 관찰된다(Pl. I, Fig. 8). 산란은 6월과 7월에 걸쳐 이루어지는데 이 시기의 난소 소낭내에는 일부 배란되지 못한 성숙난의 퇴화 흡수가 나타나고 잔존여포세포들이 배란흔적을 남긴다(Pl. II, Fig. 9).

완숙된 정소는 최대로 비후되어 소엽내에는 소수의 정원세포와 정모세포들이 존재하나 정소내강에는 거의 변태된 완숙정자로 가득 채워져 있으며, 수질층의 수정소관내에는 밀집된 정자피가 층만된다(Pl. II, Fig. 14). 방정기가 되면 정소 소엽내강과 수정소관에 밀집된 정자들이 방정으로 인하여 그 수가 감소되면서 정자피는 붕괴되어 허술해진다(Pl. II, Fig. 15).

4) 퇴화 및 휴지기(Degeneration and resting stage)

8월에 채집된 개체들은 대부분 방란, 방정으로 인해 생식소가 위축되는데 암컷에서는 산란후 잔존여포와 미방출된 성숙 난모세포의 퇴화 흡수가 진행되는 한편 난소 소낭상피가 차츰 비후되어 가고, 성장에 참여치 못한 소형 초기난모세포들은 재배치되어 이듬해 2월까지 비교적 긴 휴지기를 거친다(Pl. II, Fig. 10).

수컷에서도 소수 잔존정자가 퇴화 흡수되어 가며 소엽상피의 비후와 함께 새로운 간충조직들이 발달하여 으며, 이듬해 재성장기까지 변화없는 휴지기를 거친다(P. II, Fig. 16).

3. 산란횟수

산란기 동안에 한 개체가 방란하는 산란횟수를 알기 위하여 성숙난이 나타나는 5월부터 산란이 종료

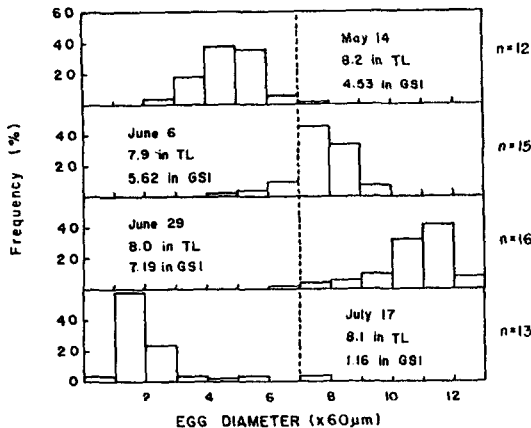


Fig. 2. Frequency distribution the egg size in the ovaries of *Lepomis macrochirus* measured from May to July. The dotted line means minimum diameter of mature oocyte.

되는 7월까지의 개체할 대상으로 난소내 포란된 난경조성을 조사한 결과는 Fig. 2와 같았다.

5월의 초기 성숙기 개체에서는 300µm 전후의 난모세포가 주된 하나의 균을 형성한다. 이후 이 mode는 6월 초에 420~480µm으로 이행되고, 이어 6월 하순에는 더욱 발달한 660~720µm의 난경에 도달, 최대 난경이 780µm 전후인 완숙기에 이르기까지 발달단계가 분리되지 않고 동시에 성숙되어간다. 그리고 7월의 산란기에는 난소내 1개의 성숙균이 거의 방란되어 120µm 이하의 어린 난모세포들만 난소내에 존재한다. 따라서 산란기를 통해 1개의 mode만이 형성되고, 성장하는 것으로 보아 방란은 한 산란기 동안 1회 행하고 있는 것으로 나타났다.

4. 균성속도 및 포란수

개체의 성장에 따라 생식에 참여하는 율을 알기 위한 균성속도 조사결과는 Table 2와 같았다.

Table 2. The total length of first maturity of *Lepomis macrochirus*

Total length(cm)	Female		Male	
	Number	Mature (%)	Number	Mature (%)
5.1- 6.0	3	33		
6.1- 7.0	6	67	14	57
7.1- 8.0	27	78	44	64
8.1- 9.0	41	95	29	72
9.1-10.0	28	100	11	91
10.1-11.0	16	100	5	100
11.1-12.0	8	100	8	100
12.1-13.0	2	100	9	100
13.1-14.0			2	100
Total	131		122	

암수 모두 전장 6.1~7.0cm의 크기에서 균성속도 50%를 초과하여 67%와 57%를 각각 나타내고 있다. 암컷의 경우 전장 9.1cm, 수컷은 10.1cm 이상의 크기에 이르면 균성속도 100%로 된 개체가 생식에 참여하였다(Table 2).

개체군의 번식력을 알아보기 위해 성숙개체를 대상으로 포란수를 조사하였다. 절대포란수와 전장(TL) 및 체중(BW)에 대한 상대 포란수의 관계는 Table 3, 4와 같이 측정된 최대 포란수는 12,335개(11.9cm)였으며, 최솟기는 1,114개(7.5cm)로 나타났다. 그리고 이들 절대포란수는 전장과 체중이 증가함에 따라 증가하였으나 상대포란수에 있어서는 체중 20.1g 이상에서 감소하는 경향을 보였다.

파랑볼우럭, *Lepomis macrochirus*의 生殖機構에 관한 實驗的 研究

Table 3. Composition of absolute fecundity and relative fecundity in females by total length (Max.-Min./Mean)

Total length(cm)	Absolute fecundity	Relative fecundity(per cm)
6.1—8.0	3264—1114 2088.9	408—149 273.8
8.1—10.0	8736—1334 4070.5	929—162 458.7
10.1—12.0	12335—5722 8216.8	1037—541 710.6

Table 4. Composition of absolute fecundity and relative fecundity in females by body weight (Max.-Min./Mean)

Body Weight(g)	Absolute fecundity	Relative fecundity(per g)
5.1—10.0	5225—1114 2278.2	379—145 262.9
10.1—15.0	4812—2902 3885.8	398—248 309.8
15.1—20.0	8736—4625 6775.7	556—266 409.1
20.1—25.0	12335—5722 8216.8	341—155 276.0

5. 生殖활동에 미치는 환경요인

1) 生殖소 활성화에 미치는 환경요인

자연에서 生殖소가 활성화되기 직전인 2월 초에 수

은 및 광주기를 조합한 6개의 실험구를 설정하여 9주간 사육하면서, 이들 환경요인이 生殖소 활성화에 미치는 영향을 조사한 결과 Fig. 3과 같았다.

암컷의 경우 실험 개시일인 2월 3일에 GSI 값은 2.0 이하로 미숙 개체였으나 장일(14L), 고수온(25°C)의 경우 사육후 5주만에 生殖소가 현저히 발달하여 완숙상태에 이르렀다.

그러나 같은 장일(14L)구 일지라도 저수온(10°C)일 경우 9주간 계속 사육하여도 生殖소는 활성화되지 못하였으며, 또한 고수온(25°C)구 일지라도 12L 이하의 短日區에서는 역시 生殖소의 활성화는 일어나지 않고 있다. 수컷에서도 암컷의 경우와 같은 경향을 나타내고 있다.

따라서 파랑볼 우럭의 生殖소 활성화에 관여하는 내분비계의 활동을 지배하는 환경요인은 고수온과 장일 광주기가 동시에 작용함을 알 수 있다.

2) 生殖소 성숙에 미치는 요인

자연에서 生殖소가 일단 활성화되어 초기 성숙을 시작한 4월 하순에 수온과 광주기를 각기 조합한 7개 실험구와, 대조구로서 자연조건의 실험구등을 설정하여 9주간 사육한 후의 GSI 변화는 Fig. 4와 같았다.

자연조건의 경우 실험 개시일인 4월 28일의 수온은 15°C 전후였고, 日長은 12L 이었다. 이후 완숙에

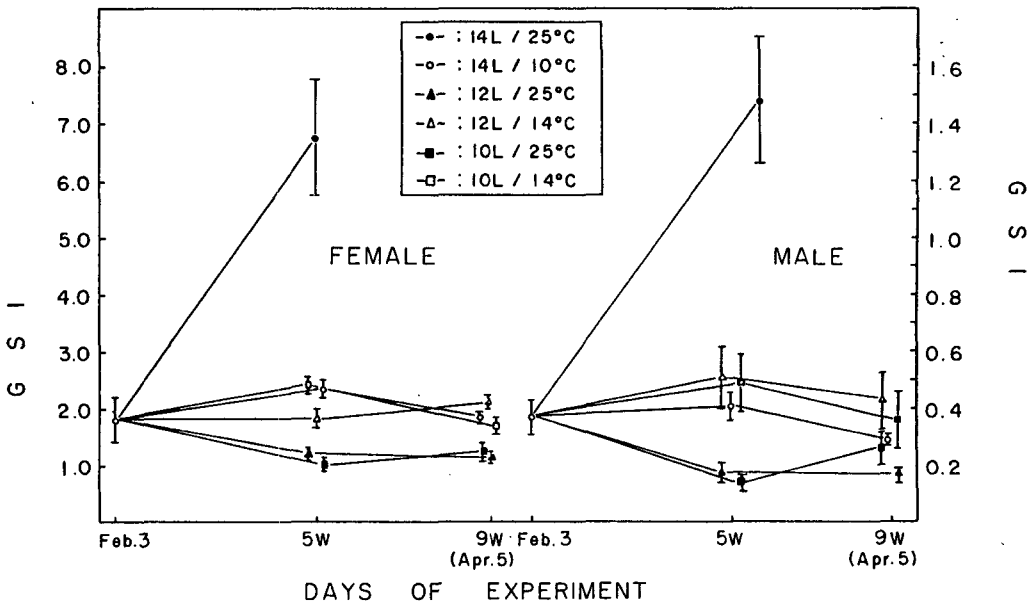


Fig. 3. The effect of various photoperiod-temperature regimes on GSI in *Lepomis macrochirus* for initiating of the breeding season. Symbols and bars; mean±standard errors.

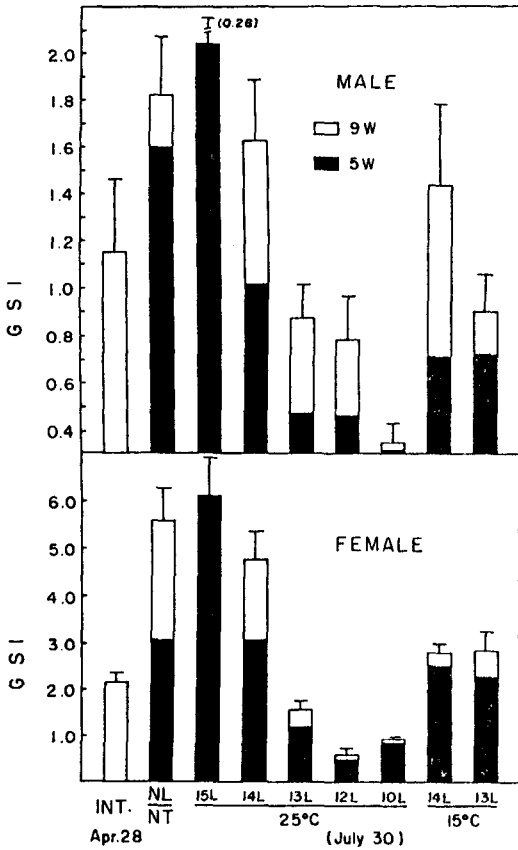


Fig. 4. The effect of various photoperiod-temperature regimes on GSI of *Lepomis macrochirus* in mature period. Sticks and bars; mean \pm standard errors.

이른 6월 하순의 수온은 25°C 전후였고 日長은 14L에 이르고 있다(Fig. 1).

각 조건에서의 사육실험결과 25°C 수온과 광주기 15L로 조합된 실험구에서는 암수 다 같이 급격한 생식소 발달로 5주만에 완숙에 이르렀고, 25°C, 14L 구에서는 9주만에 완숙에 이르고 있었다. 그러나 25°C 수온구 일지라도 광주기가 13L 이하에서는 암수 다 같이 생식소는 오히려 퇴화하여 실험개시기의 GSI 보다 모두 감소하고 있다.

15°C 수온구에서는 암컷의 경우 광주기 14L이나 13L 구 다같이 초기에 약간의 GSI 증가를 보이고 있으나 완숙에는 이르지 못하였다. 그러나 수컷의 경우는 5주째까지는 실험 개시기보다 GSI가 감소하였으나, 이후 계속 사육에서 14L 구는 거의 완숙단계에 까지 GSI는 증가하고 있다.

이로서 생식소 성숙에 필요한 조건으로서 암컷의 경우 수온 25°C에 광주기 14L 이상이 요구됨을 알

수 있고, 광주기가 14L 일지라도 수온이 15°C로 저속된 경우 생식소는 완숙되지 못함을 알 수 있다. 수컷의 경우는 수온 25°C 하에서는 암컷과 同一한 광주기를 요구하나 15°C의 경우일지라도 암컷과 달리 장기사육시 광주기 14L 하에서 거의 완숙상태까지 생식소의 완전한 성숙이 일어나고 있음을 알 수 있다.

3) 생식소 퇴화에 미치는 요인

생식활동을 중지시키고 생식소를 퇴화시켜 산란기 종료할 유도하는 환경요인을 밝히고자, 완숙 및 산란기인 7월 초순에 자연수온(Fig. 1)의 변화를 감안한 20°C와 28°C의 수온구에, 광주기 10L부터 15L까지를 조합하여 6주간 사육한 7개의 실험구와 대조구인 자연산의 GSI 값 변화는 Fig. 5와 같았다.

암컷의 경우 실험개시일인 7월 5일에 평균 GSI 값이 6.3으로 완숙 개체였는데 6주 후에는 전 실험구가 모두 GSI 값이 감소하였다.

그러나 그 감소하는 구배가 고온구(28°C)에서는 자연의 대조구와 마찬가지로 급격한 GSI 감소를 나타내며 생식소는 거의 퇴화되고 있다.

그러나 수온 20°C로 유지된 실험구에서는 GSI의 완만한 감소를 나타내며, 그 감소경향도 장일구(15L)에서 단일구(12L) 순으로 나타나고 있다.

수컷의 경우는 타 실험구는 암컷의 경우와 같은 경향을 나타내고 있으나 20°C, 15L의 실험구만은 완숙상태를 계속 유지하면서 생식소는 더욱 발달하여 평균 GSI 값은 상승하였다.

따라서 산란기를 맞은 개체들은 연중 25°C 이상의 고온기 전에 산란기를 거치고, 급격한 생식소 퇴화를 하는데, 암컷의 경우는 자연 산란 수온인 20°C를 유지해 주어도 일단 산란을 마치면 생식소는 퇴화해 가나 그 퇴화속도가 광주기에 따라 차이가 있음을 알 수 있고 고온구일 경우는 광주기에 관계없이 모두 급격한 생식소 퇴화가 일어남을 알 수 있다.

그러나 수컷의 경우는 호적수온(20°C)이 지속되고 광주기가 장일구(15L)일 경우 산란기를 지나서도 계속 생식소는 활발한 정자 형성기능이 유지됨을 알 수 있다.

4) 생식소 재생속에 미치는 요인

앞선 실험 1)~3)까지의 결과에서 생식소의 완성 과 성숙 그리고 퇴화에 수온 및 광주기가 강하게 지배하고 있음이 밝혀졌기에, 자연에서 산란을 종료하고 퇴화 휴지기에 접어든 11월 중순에 이들 환경요

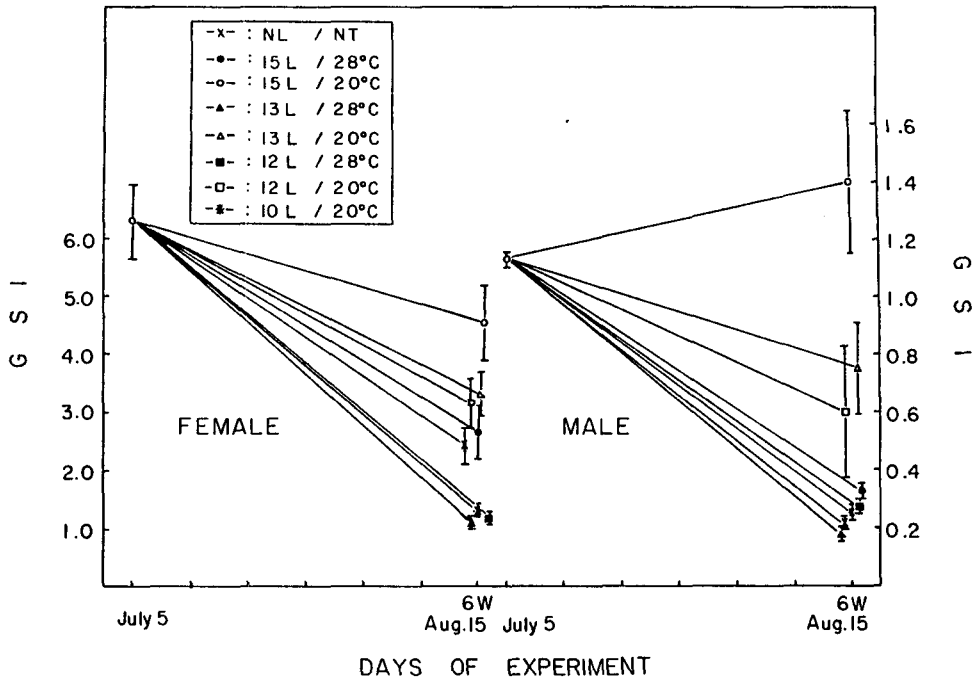


Fig. 5. The effect of various photoperiod-temperature regimes on GSI in *Lepomis macrochirus* for termination of the breeding season. Symbols and bars; mean±standard errors.

인의 인공적 조절로 생식소 재성숙의 가능성 여부를 조사하기 위하여 생식소 활성 개시기 수온인 15°C 와 산란기 수온인 25°C 에 각기 다른 광주기를 조합한 5개 사육실험구의 GSI 변화를 조사한 결과는 Fig.

6과 같았다.

암컷의 경우 25°C, 15L 구에서 사육 4주만에 GSI 는 급상승하였으며, 이때 생식소는 재성숙하여 완숙 단계에 이르고 있었다. 15°C 구에서도 광주기가 長

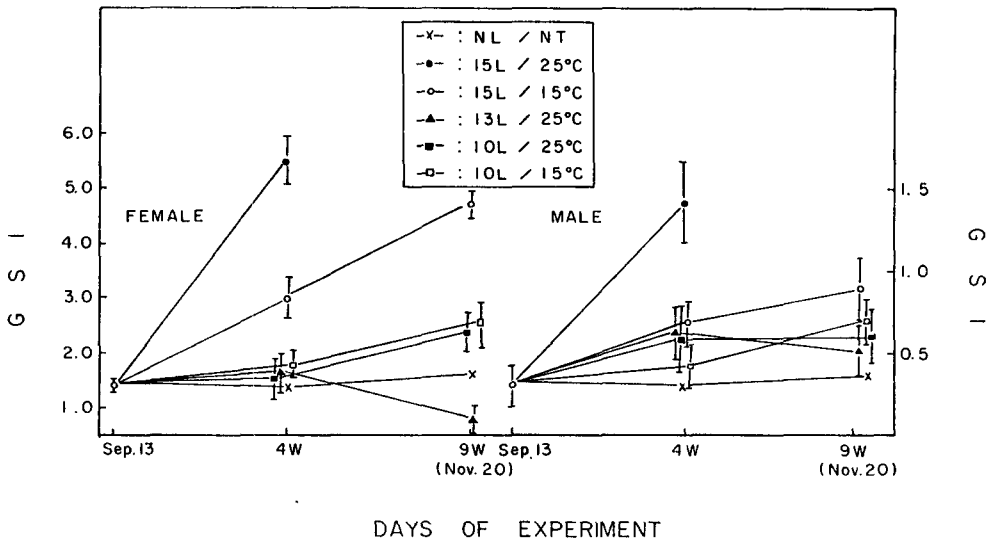


Fig. 6. The effect of various photoperiod-temperature regimes on GSI in *Lepomis macrochirus* in resting period. Symbols and bars; mean±standard errors.

日(15 L)인 경우 생식소는 다시 활성화되어 완전한 GSI 상승을 나타내 사육 9주째에는 거의 완속단계에 이르렀다.

그러나 수온에 관계없이 13 L 이하의 광주기 구에서는 4주가 지나도 GSI는 실험계시와 비교하여 거의 변화가 없고 9주째에 다소 불규칙한 변화를 보이거나 모두 미숙상태를 유지하였다. 수컷의 경우도 암컷의 경우와 유사한 경향을 나타내나, 15°C 長日(15 L)구의 경우 암컷에 비해 보다 완전한 성숙을 나타내고 있으며, 그 외는 모두 재성숙에 이르지 못했다.

고 찰

춘·하계 산란 어종은 일반적으로 봄의 수온상승이 생식소 활성화를 유도하여 산란기에 이르게 하고, 이때 長日 광주기가 촉진적 보상작용을 하고 있음이 수중 담수 어종에서 보고되고 있다(羽生, 1982; Asahina and Hanyu, 1983).

파랑볼우럭도 3월부터 생식소가 활성화되기 시작하는데 이때의 자연수온은 평균 10°C 이하에서 GSI가 급상승을 하고 생식세포의 분열증식이 활발한 4월에는 15°C 전후까지 상승하고 있다. 광주기 역시 12 L 전후에서 13 L 이상으로 長日化되고 있는 시기임을 감안할 때 수온상승 및 장일 광주기가 생식소 활성화 및 성숙에 관여하고 있으리라고 생각할 수 있다.

생식소의 활성화 및 성숙이 수온에 강하게 의존되는 종일 경우 그 산란기는 필연적으로 지역적 차이를 가져 온 것이다.

한국산 파랑볼우럭은 1969년 일본으로부터 도입된 이래 우리나라에 거의 정착되었다고 볼 수 있는데, 이들 산란기는 부산産이 6월부터 7월에 걸쳐 그 성기를 이루고 있고, 일본 廣島에서 조사된 본종의 산란기는 6월에서 9월에 걸쳐 일어나며 그 성기는 역시 6~7월로 보고(Nakamura, et al., 1969)되고 있어 비슷한 위도상에서는 거의 같은 시기에 산란기를 가짐을 알 수 있다.

초기 난모세포가 난황물질을 축적하기 시작하면서 성장을 하게 되면 난막 외층을 싸고 여포 세포층이 발달하는데, 이들은 난모세포의 성장에 관여할 뿐 아니라 배란 후 난소 내에 잔존하며 미방출된 퇴화 난모세포의 식작용에도 관여하는 것으로 알려져 있다(Hayashi, 1972).

본 종에서도 배란 후 퇴화기에 여포가 형성된 미방출 난모세포들은 모두 세포질 붕괴와 함께 퇴화 흡수되어 가나, 아직 여포층이 형성되지 않은 어린

주변인기 난모세포들은 퇴화되지 않고 휴지기물지나 이듬해 조기 성숙에 참여하고 있다. 따라서 이러한 난모세포들은 실질적으로 2년차에 배란되는 것으로, 해산어인 그물코쥐치, *Rudarius ercodes*(李·羽生, 1984)에서도 같은 현상이 관찰되고 있다.

일본산 파랑볼우럭에서 조사된 바에 의하면(Nakamura, et al., 1971) 전장 13~14.0 cm 범위의 개체는 년 1회 산란을 하며, 전장 19.0 cm 이상의 개체는 2~3회의 산란을 하는 것으로 밝히고 있다. 본 조사에서는 한 산란기 동안 1회 산란종으로 밝혀졌는데, 이들은 모두 전장 8.2 cm 이하였으며, 본 조사 기간에 채집된 개체 역시 전장이 14.0 cm 이상을 초과하는 개체는 채집되지 않았다.

실제 군성속도 조사결과 암컷 9.1 cm 이상에서는 모든 개체가 생식에 참여하고 있어 본 종은 대부분 한 산란기 동안 1회 산란하는 종으로 보여진다.

어류에 있어서 생식활동의 변화를 제어하는 요인으로서 내적요인과 함께 외적 환경요인으로 수온과 광주기가 깊이 관여하고 있음은 비교적 많은 담수어(Vlaming, 1975; Breton and Billard, 1977; Nishi, 1979; Lundquist, 1980; 羽生, 1982; Asahina and Hanyu, 1983)와, 최근 일부 해산어(李·羽生, 1984; 白·李, 1985)에서도 보고된 바 있다.

춘·하계 산란 중에서 보고된 바에 의하면 봄철에 상승하는 수온만이 광주기에 관계없이 생식소 활성화의 지배요인이 되는 種(白·李, 1985)과 長日 광주기가 주 지배요인이며 수온은 보상적으로 작용하는 種(李 等, 1984) 등이 있다.

담수산인 본 파랑볼우럭은 반드시 고수온과 장일 광주기(14 L)가 복합적으로 작용해야만 춘계 생식소 활성화가 일어나는 중임을 알 수 있다. 같은 속인 *Lepomis cyanellus* 역시 생식소 활성화를 유도하는 데는 장일, 고수온의 두 요소가 복합적으로 작용함을 보고하고 있다(Kaya and Hasler, 1972).

인간 생식소의 활성화가 일어나고 성숙을 시작할 때에는 수온 보다는 장일성 광주기가 강하게 작용되며 수온은 보상적 역할을 하는 것으로 사료되는데, 이때 임계 광주기는 14 L 이상이어야 성숙이 유지됨을 알 수 있다. 그러나 암컷과 달리 수컷의 경우 9 주 이상 장기 사육시에는 15°C, 14 L에서도 거의 완속에 이르고 있는 것으로 보아 수온보상작용에는 암수 간에 약간의 차이가 있는 것 같다.

산란기 생식소는 고수는 처리구에서 급격히 퇴화되며 이 때 단일 광주기일수록 그 퇴화는 빠르게 일어나고 있어 완속 개체일지라도 일정한 수온 이상이

유지되면 생식소는 퇴화되는 것으로 생각된다.

자연산에서도 산란 성기가 6~7월이고 8월에 들면서 생식소는 급격히 퇴화하여 산란기를 종료하고 있다. 이때 6월의 평균 수온은 23°C에서 7월에 26°C, 8월에 27°C 등으로 7~8월에 연중 최고 수온을 나타내고 있어 이들 고수온이 생식활동을 종료시킨 주요인으로 생각할 수 있겠다.

실험에서 사육수온 28°C의 경우는 일장에 관계없이 생식소는 급격한 퇴화를 하고 있으며, 호적수온으로 볼 수 있는 20°C에서도 비록 그 퇴화속도는 완만하나 결국 퇴화되어 가고 있는 것은 본 파랑분우럭이 1회 산란 중임을 감안할 때 일단 산란을 마치면 바로 재생숙을 하지 못하고 퇴화기를 거쳐야 됨을 알 수 있다. 그러나 수컷의 경우는 호적수온(20°C)과 장일(15 L) 광주기 하에서 적어도 6주이상 정자 형성능력이 지속되고 있어 암수 간 배우자 형성능의 차이를 나타내고 있다. 고수온이 생식소의 퇴화를 유도하는 점은 같은 속인 *Lepomis cyanellus*에서도 동일하였다(Kaga, 1973).

일단 퇴화기를 거친 개체가 이듬해 새로운 산란기에 이르기 전 인위적으로 재생숙을 유도한 예가 해산어에서 보고되고 있다(李 等, 1984; 白·李, 1985).

본 파랑분우럭은 퇴화 휴지기인 11월에 생식소 재생숙 여부를 조사한 실험에서 장일(15 L) 광주기에 강한 광주성반응을 나타내어 25°C, 15 L 처리구에서는 4주 만에 완숙에 이르렀고, 15°C, 15 L 처리구에서도 9주 만에 거의 완숙에 이르고 있었다. 그러나 13 L 이하의 일장에서는 처리수온에 관계없이 재생숙에 참여하지 못하고 있어 추계 재생숙에는 적어도 14 L 이상의 장일 광주기가 주요인으로 필요하며 15°C 이상의 수온이 보상으로 필요한 것으로 사료된다.

그러나 이상의 생식활동을 지배하는 환경인자인 광주기와 수온은 춘계 산란형, 춘·하계 산란형 그리고 추계 산란형 등 그 번식계절이 다름에 따라 작용 패턴이 차이가 있어(清水, 1983; 李 等, 1984) 계절적 산란형에 따른 많은 중에서 실험적 연구가 누적되어야 어류의 생식기작 해명에 보다 진전이 있을 것으로 사료된다.

요 약

파랑분우럭, *Lepomis macrochirus*의 生殖周期成立機構를 밝히고자 自然産을 對象으로, 生殖年周期를 비롯하여 산란횟수, 群成熟度 및 포란수를 조사하였

고 이를 토대로 生殖巢의 活性과 退化 그리고 再成熟에 미치는 水溫 및 光週期の 영향을 實驗的으로 밝혔다.

1. 자연산 生殖年周期는 水溫이 上昇하며, 日長이 길어지는 3월부터 성장하기 시작하며, 6월에는 完熟期가 되고 7월에 産卵盛期를 이룬다. 이후 年中最高水溫期이며 日長이 짧아지는 8월부터 生殖巢는 退化되어 休止期로서 월동한다.

2. 春季生殖巢의 活性化에는 高水溫(15°C 以上)과 長日光週期(14 L 以上)의 복합적 作用이 필요하다.

3. 生殖巢의 成熟에는 14 L 이상의 長日光週期가 유지되어야 하며 이때 水溫上昇은 보상으로 작용한다.

4. 生殖巢退化는 高水溫(25°C 以上)에 의해 초래되며 日長의 短日化가 촉진적 역할을 한다.

5. 産卵期를 마치고 休止期에 접어든 개체도 長日光週期(15 L)에서 再成熟되고 있어, 이들 生殖周期는 人工的으로 制御가 가능함을 시사해 준다.

문 헌

- Asahina, K. and I. Hanyu. 1983. Role of temperature and photoperiod in annual reproductive cycle of the Rose bitteling, *Rhodeus ocellatus ocellatus*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 49(1), 61—67.
- 白惠子·李澤烈. 1985. 검망둑, *Chasmichthys dolichognathus*의 生殖機構에 관한 實驗的 研究. 韓水誌 18(3), 243—252.
- Bagenal, T.B. and E. Braum. 1978. Eggs and ealy life history, In T.B. Bagenal (editor), Methods in Fresh Waters, 165—201. IBP (Int. Biol. Programme) Hand book. 3.
- Breton, B. and R. Billard. 1977. Effects of photoperiod and temperature on plasma gonadotropin and spermatogenesis in the Rainbow trout *Salmo gairdnerii* Richardson. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys. 17, 331—340.
- De Vlaming, V.L. 1975. Effects of photoperiod and temperature on gonadal activity in the cyprinid teleost *Notemigonus crysoleucas*. Biol. Bull. 148, 402—415.
- 羽生 功. 1982. 外部環境要因による成熟卵の制御. 9. ヌイ科魚類, 魚介類の成熟卵の制御. 115—118. 日本水産學會編. 恆星社 厚生閣.

- Hayashi, I. 1972. On the ovarian maturation on the Japanese sea bass, *Latolabrax japonicus*. Jap. J. Ichthyol. 19(4), 243—254.
- 鄭文基. 1977. 韓國魚類圖譜. p.727. 一志社.
- Kaya, C.M. and A. D. Hasler. 1972. Photoperiod and temperature effects on the gonads Green sunfish, *Lepomis cynaellus* (Rafinesque), during the quiescent, winter phase of its annual sexual cycle. Copeia, 101, 270—275.
- Kaya, C.M. 1973. Effects of temperature and photoperiod on seasonal regression of gonad of Green sunfish, *Lepomis cynaellus*. Copeia, 109, 69—73.
- 清水昭男. 1983. 春産卵型及び秋産卵型タナコ類の生殖周期に関する研究. 東京大學大學院農學系博士學位論文. p.220.
- 李澤烈·羽生 功. 1984. 그물코쥐치, *Rudarius ercodes*의 生殖周期. 韓水誌 17(5), 423—435.
- 李澤烈·羽生功·古川 潛. 1984. 그물코쥐치, *Rudarius ercodes*의 生殖活動에 미치는 光週期 및 溫度의 影響. 韓水誌 17(6), 523—523.
- Lundquist, H. 1980. Influence of photoperiod on growth in Baltic salmon parr(*Salmo salar* L.) with special reference to the effect of precocious sexual maturation. Can. J. Zool. 58, 940—944.
- Nakamura, N., S. Kasahara and T. Yada. 1969. Studies on the usefulness of the Bluegill sunfish, *Lepomis macrochirus* Rafinesque, as an experimental standard animal. I. On the breeding habits. J. Fac. Fish. Anim. Husb. Hiroshima Univ. 8, 1—11.
- Nakamura, N., S. Kasahara and Y. Yada. 1971. II. On the developmental stages and growth from the egg through one year. Ibid. 10, 139—151.
- Nishi, K. 1979. A daily rhythm in the photosensitive development of the ovary in the Bitterling, *Rhodeus ocellatus ocellatus*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 30, 109—115.
- Volodin, V.M., F.I. Mezhnin and V.V. Kuz'mina. 1974. An experimental study of egg resorption in the Bream *Abramis biama*. J. Ichthyol (Translated form the Russian). 14(2), 219—230.

PLATE I

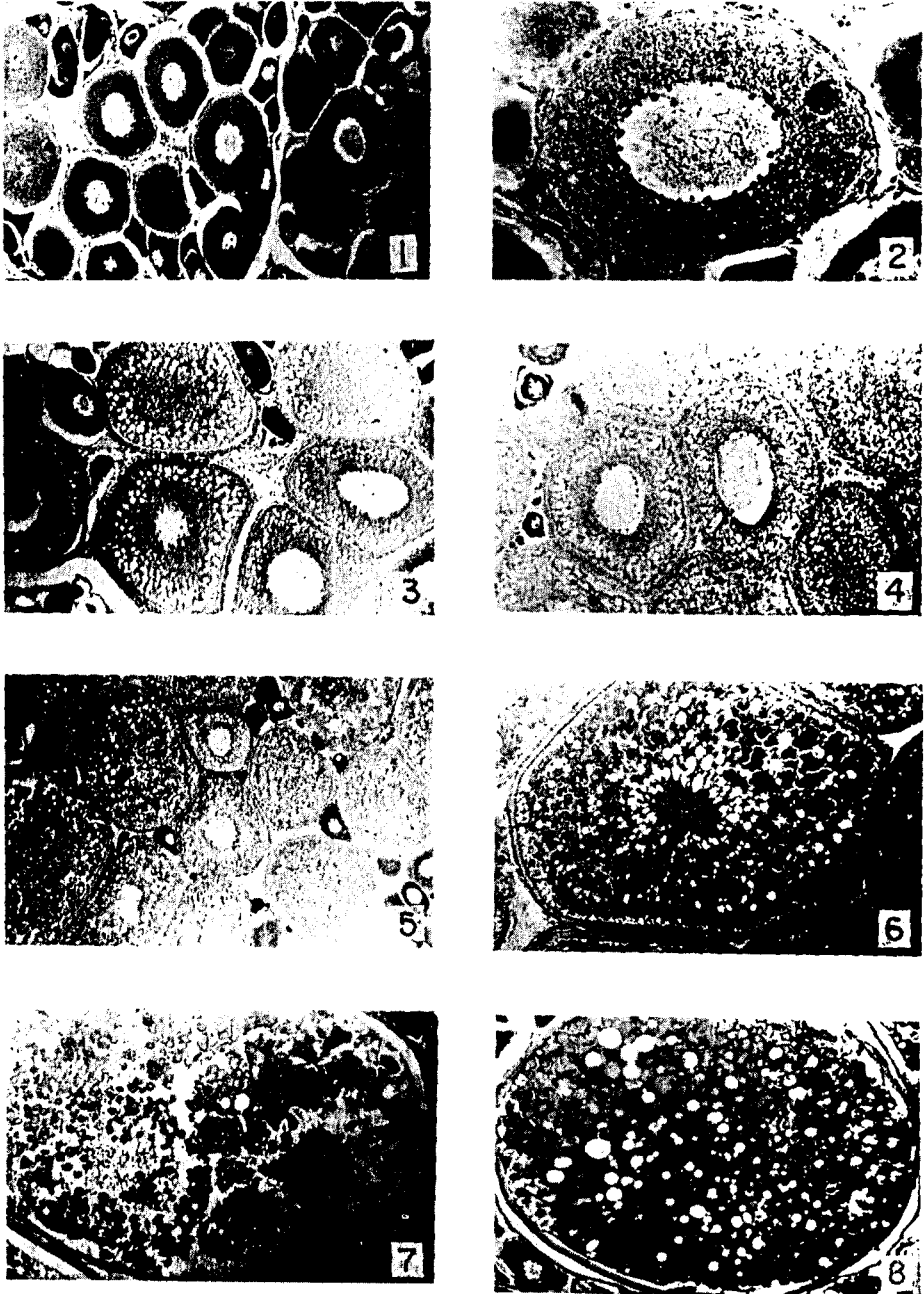


Fig. 1. Ovary of early growing stage. Note presence of several nucleoli along the nuclear membrane. Fig. 2. Growing oocyte. Showing yolk nucleus in the cytoplasm and single layer follicle cells develop around the oocyte. Fig. 3. Growing oocytes. Note a layer of yolk vesicles in the cytoplasm. Fig. 4. Growing oocytes. Note oocyte filled with yolk vesicles. Fig. 5. Early mature oocytes. Note yolk granules accumulation in the cytoplasm. Fig. 6. Mature oocyte. Note yolk granules accumulation in the cytoplasm and appeared zona radiata. Fig. 7. Mature oocyte. Note oocyte filled with yolk granules and lipid globules. The nucleus are migrated toward animal pole. Fig. 8. Ripe oocyte. Note yolk granules fused with each other and early homogeneous.

PLATE II

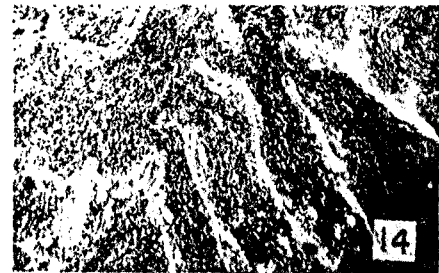
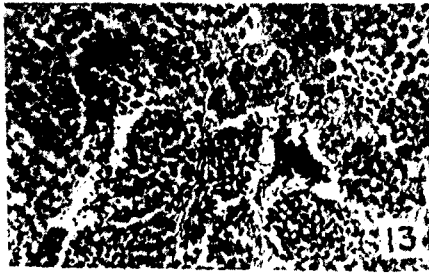
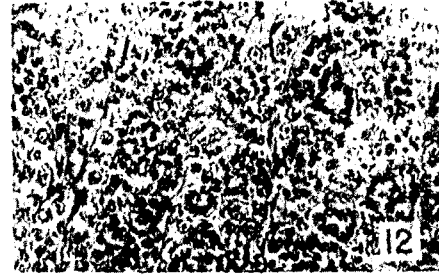
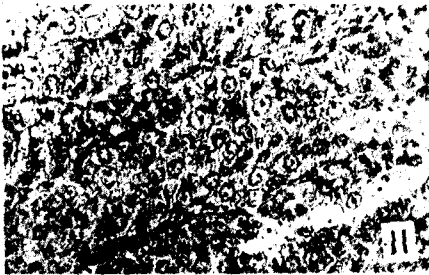
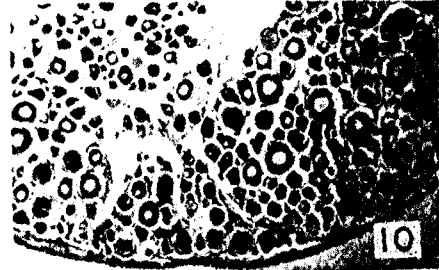
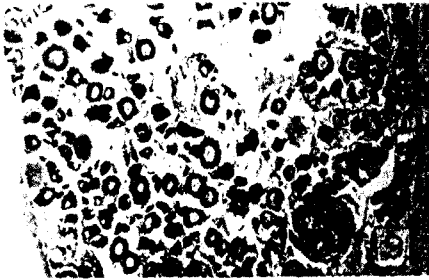


Fig. 9. Spent ovary. Note a few undischarged and empty follicle cells. Fig. 10. Ovary of resting stage. Fig. 11. Testis of early growing stage. Numerous spermatogonia and mesenchymal tissue appear along the germinal epithelium of testicular lobule. Fig. 12. Growing testis. Note each lobule composed of spermatogonia and spermatocyte. Fig. 13. Early mature testis. Note each lobule composed of spermatogonia, spermatocyte and spermatid. Spermatozoa appear in the lumen of lobule. Fig. 14. Ripe testis. Note the lumen of lobuli filled with spermatozoa. Fig. 15. Spent testis. Note a few of undischarged spermatozoa in the lumen of lobuli. Fig. 16. Testis of recovery stage.