

# 黄鳝卵巢发育的研究\*

周定刚 谭永洪 付天佑

(四川农业大学, 雅安 625014)

## 提 要

作者对 252 尾黄鳝卵巢标本进行观察记录, 运用常规染色法、组织化学法和扫描电镜研究了黄鳝的卵子发生、卵巢发育和卵巢周年变化规律。讨论了黄鳝的卵黄发生、卵巢发育分期和产卵类型等问题。本研究为黄鳝人工繁殖提供有关科学依据。

关键词 黄鳝, 卵子发生, 卵巢发育, 卵巢周年变化

黄鳝 [*Monopterus albus* (zuiew)] 为温热带淡水鱼类, 广布于我国、东南亚、澳洲、中南美及非洲各处。其肉质鲜美、营养丰富、具有多种药用价值, 在国内外市场很受欢迎, 是我国出口售价较高的传统鲜活水产品之一。

长期以来, 由于人们过量捕捉黄鳝, 加之稻田普遍大量施用农药, 其自然资源已日益下降, 远不能满足市场需要和出口创汇的要求。为此, 有必要积极开展黄鳝人工繁殖研究。

性腺发育是鱼类繁殖的基础。早年, 刘建康、顾国彦曾率先研究黄鳝性逆转时性腺发生的变化<sup>[1]</sup>, 随后, 又有人从不同角度继续探讨黄鳝的自然性逆转现象。多年来, 许多学者先后对黄鳝做过不少工作, 但有关黄鳝性逆转前卵巢发育方面的系统研究, 未见报道。

## 材 料 方 法

用作研究卵巢发育阶段的黄鳝, 于 1985 年 5 至 7 月购自雅安农贸市场。用于研究卵巢周年变化的雌鱼, 于 1989 年从本校养鳝池内性腺已发育成熟的成鳝中获得。根据不同试验目的, 集中或逐月随机抽样解剖观察、详细记录, 共获卵巢标本 252 号。以 Bouin's 液固定, 石腊切片 (6—8  $\mu\text{m}$ ), Mayer 苏木精-伊红染色, 作常规镜检。用过碘酸雪夫氏反应 (PAS) 鉴定卵黄泡, 钻酸染色法鉴定油滴。应用扫描电镜观察卵黄形态变化过程。部分切片作显微摄影。细胞大小以显微测微尺计量。

\* 承本校冯泽光教授、陈冠群同志协助显微摄影; 谢玲、曹五七同志帮助制备扫描电镜样品; 叶妙荣副教授及本校动物生理教研室全体同志参加部分解剖黄鳝工作。在此, 一并致谢。

1990 年 2 月 12 日收到。

## 观 察 结 果

### (一) 黄鳍卵巢形态部位概述

黄鳍卵巢为单个管状器官,由系膜悬于体腔右侧。发育早期的卵巢呈细管状,位于右侧中肾腹侧,常与肠管并行。其前部与肝尾、脾脏相连,左后侧与膀胱毗邻,尾部直接与泄殖孔相接。接近成熟的卵巢体积明显增大,充满腹腔后部。卵巢被膜由内外两层结缔组织构成。被膜伸入卵巢形成皱褶,成为生殖褶。相邻生殖褶之间为卵巢腔,其内存在不同发育时期的卵细胞。

### (二) 黄鳍的卵子发生

根据卵细胞的形态、大小和各种包含物,特别是卵黄的形式、数量和分布等不同特征,可将黄鳍卵子发生、生长和成熟分为以下5个时期。

**1. 染色质核仁期** 系卵原细胞向第一时相卵母细胞过渡阶段的卵细胞。主要特点是核内具有一个较大的嗜碱性核仁(图版 I:1)。细胞单个存在或数个细胞聚集成团,细胞近似椭圆形或不规则圆形,其长径约为 $22.9-27.45\text{ }\mu\text{m}$ 。细胞核圆形,位于中央或稍偏向一侧,核径 $9.16-13.47\text{ }\mu\text{m}$ ,核内有一较大的染色质核仁。染色质呈丝网状或小块状,稀疏地分布于核内。

**2. 周边核仁期** 为进入原生质生长的小生长期初级卵母细胞。主要特点是胞质呈强嗜碱性,部分嗜酸性核仁沿核边周分布(图版 I:2)。分早、晚两期。

**早期** 细胞呈椭圆形、多边形或不规则圆形,其长径为 $30-160\text{ }\mu\text{m}$ ,短径为 $20-95\text{ }\mu\text{m}$ ,胞质呈强嗜碱性,被染成深紫蓝色。细胞核圆形,常偏向胞质一侧,核径 $7-29\text{ }\mu\text{m}$ ,核膜清晰可见,核内含有1—8个较大的核仁及几个至十几个沿核膜分布的小核仁。染色质呈疏网状。这是由卵原细胞分裂增殖而来的早期二时相初级卵母细胞。

**晚期** 细胞呈梨形或卵圆形,其长径 $168-270\text{ }\mu\text{m}$ ,短径 $120-190\text{ }\mu\text{m}$ 。胞质嗜碱性较早期减弱,其内可见一深蓝色团块状结构——卵黄核,和一部分被锇酸染成黑色、PAS法染成深紫红色的颗粒(图版 II:9)。卵母细胞外被复一层结缔组织被膜。卵核位于中央,核径 $59.4-80\text{ }\mu\text{m}$ ,核膜轻度皱缩,出现波纹状缺刻。核仁较小,8—16个左右,沿核膜内缘分布。染色质呈密网状。系晚期二时相卵母细胞。

**3. 初级卵黄期** 为开始形成卵黄物质的大生长期,即第三时相初级卵母细胞。主要特点是卵母细胞内出现含糖蛋白的卵黄泡(图版 I:3)和含脂蛋白的初级卵黄球(图版 II:10)。可分早、晚两期。

**早期** 细胞呈卵圆形,长径 $280-490\text{ }\mu\text{m}$ ,短径 $200-310\text{ }\mu\text{m}$ ,胞质呈弱碱性反应。卵核位于中央,核径 $60-138.6\text{ }\mu\text{m}$ ,核膜进一步皱缩呈灯刷状。卵母细胞仍被一层结缔组织所包围,其间散布着稀疏的滤泡细胞。胞质周边先出现1—2层卵黄泡(锇酸染色呈空泡状;PAS法染色呈紫红色),同时可见少量初级卵黄球(被锇酸染成黑色;对PAS法染色呈阳性反应),其数量、大小随卵母细胞的生长而增加。

**晚期** 卵母细胞体积增大(长径 $490-960\text{ }\mu\text{m}$ ,短径 $200-310\text{ }\mu\text{m}$ ),卵黄泡密集分

布于卵核周围。部分卵黄泡内可见初级卵黄球（图版 II:11）和体积更大的浓缩球（图版 II:12）。此期内卵膜明显可见，厚  $1.25\text{--}2.5\ \mu\text{m}$ ，被染成橙红色。卵膜外包围着两层细胞层，即一层连续的滤泡细胞层（颗粒层，内层）和另一层结缔组织外膜（鞘膜层，外层）。这是第三时相长足的卵母细胞。

**4. 次级和三级卵黄期** 是迅速沉积和充塞卵黄物质的大生长期初级卵母细胞，也称第四时期卵母细胞。主要特点是卵母细胞充满嗜酸性卵黄球和卵黄块。根据滤泡大小、卵黄球的变化和充盈程度，四时相卵母细胞分为早、中、晚三期。

**早期** 滤泡近似圆形或椭圆形，其体积明显增大，长径约为  $1180\text{--}1570\ \mu\text{m}$ ，短径约为  $860\text{--}970\ \mu\text{m}$ 。卵核位于胞质中央。从该期起，卵膜开始增厚，约为  $5\text{--}7.5\ \mu\text{m}$ ，胞质内积累较多嗜酸性次级卵黄球（图版 I:4）。

**中期** 卵母细胞体积进一步增大，长径约为  $1660\text{--}2690\ \mu\text{m}$ ，短径约为  $860\text{--}2420\ \mu\text{m}$ 。胞质充满次级卵黄球，少部分卵黄球已融合为卵黄块。

**晚期** 即第三级卵黄期。为卵黄物质大量积累，已是接近成熟的初级卵母细胞。主要特点是卵母细胞内存在大量卵黄块，细胞核逐渐移向动物极（图版 I:5）。此期内，卵黄球完全融合为板块状卵黄块，呈弱嗜酸性反应，被染成深紫红色。核膜断续可见，核内仍有少数核仁。卵膜进一步增厚（约  $7.5\text{--}10\ \mu\text{m}$  左右），光镜下可见膜内有明显的放射纹（图版 I:6）。

**5. 成熟卵** 为卵黄发生完成后，处于第二次成熟分裂中期的第五时相成熟卵细胞。主要特点是滤泡膜破裂，卵子游离于卵巢腔内，卵核消失，卵黄块融合成片，卵黄泡被挤至胞质边缘，形成皮质小泡，从而使卵子变得较为透明（图版 I:7）。

据观察，黄鳝卵巢发育的不同阶段均可见到退化卵母细胞。其主要特点是细胞呈不规则形，卵膜与滤泡膜分离，出现空腔。滤泡细胞由扁平状变为柱状或立方状；卵核由椭圆形变为圆形；滤泡层由单层变为多层；卵黄物质呈胶液化状态。

### （三）黄鳝的卵巢发育

依照卵子发育过程中，其卵母细胞发生、生长和成熟的不同时期，结合卵巢相应形态特征，将黄鳝卵巢分为 4 个不同发育阶段。

**1. 卵黄发生前的卵巢** 即在卵黄形成前，卵原细胞处于分裂增殖，及初级卵母细胞原生质迅速生长时期的 I、II 期卵巢。性腺成熟系数 ( $GSI$ ) =  $0.87 \pm 0.20\%$ 。外观，黄鳝腹壁不显现卵巢轮廓。卵巢灰白色，呈细线状，长  $62.54 \pm 10.79\ \text{mm}$ ，宽  $1.53 \pm 0.59\ \text{mm}$ ，肉眼见不到卵粒。卵巢生殖褶发达，卵巢腔不明显。卵巢切片内主要含有染色质核仁期和周边核仁期卵母细胞。

**2. 卵黄发生期的卵巢** 可分早、中、晚 3 期，相当于 III、IV 期卵巢。

**早期** 为卵母细胞出现卵黄泡和初级卵黄球、卵黄物质开始积累的时期。 $GSI = 1.95 \pm 1.32\%$ 。外观，腹壁卵巢轮廓边界模糊，黄鳝腹部不膨大。卵巢为灰白、浅黄或肉红色，呈圆管状，长  $66.66 \pm 10.20\ \text{mm}$ ，宽  $2.43 \pm 0.67\ \text{mm}$ ，肉眼可见较多的 1 mm 左右灰白色和（或）淡黄色卵粒。卵巢生殖褶发达，血管丰富，卵巢腔明显。卵巢切片内主要含有初级卵黄期卵母细胞，并存在部分第 I、第 II 时相卵母细胞。相当于第 III 期卵巢。

表 1 黄鳍鲷卵巢发育周年变化  
Tab. 1 The annual cycle of the ovarian development in *Monopterus albus*

月份 Month	体重(克) Body Weight (g)	卵巢重(克) Ovarian weight (g)	性腺成熟系数 GSI (%)	不同发育阶段卵巢所占比例(%) Percentages of ovaries at various stages (%)				退化卵母细胞 Regressed oocyte	I* 早期 Early stage	II** 中期 Middle stage	III*** 晚期 late stage				
				均值 Mean											
				范围 Range											
1	13—50.5	12.5	0.1—0.4	0.20	0.71—2.20	1.39	59.4	40.6		100					
2	15—21	16.1	0.14—0.29	0.21	0.76—1.76	1.32	73.7	26.3		100					
3	14—24	16.5	0.15—0.25	0.19	0.75—1.79	1.26	73.9	26.1		100					
4	14—34	18.4	0.12—0.59	0.34	1.00—2.79	1.76	74.6	25.4		100					
5	15—40	18.0	1.19—6.00	2.76	5.67—36.67	15.91	23.7	15.8	59.2	1.3					
6	14—44	24.7	0.86—3.92	2.28	3.91—14.88	9.14	48.8	27.3	11.1	12.8					
7	15—22	18.8	0.40—2.39	1.10	2.22—11.95	5.87	56.7	27.0	14.4	1.9	40				
8	27—50	39.2	1.10—2.16	0.76	0.94—4.32	1.84	67.8	31.9	0.3	100					
9	15—26	18.6	0.15—0.58	0.31	0.83—2.90	1.58	67.5	31.5	1	100					
10	14—59	20.8	0.07—1.17	0.37	0.29—2.62	1.55	66.7	33.3		100					
11	14—15	23.7	0.20—1.15	0.43	1.41—2.31	1.84	69.1	30.6	0.3	100					
12	15—61	20.8	0.18—0.67	0.36	1.10—3.46	1.89	72.7	26.9	0.4	100					

\* 卵黄发生前卵巢 (Ovary before vitellogenesis); \*\* 卵黄发生期卵巢 (Vitellogenic ovary stages); \*\*\* 产卵后卵巢 (Ovary after spawning)

**中期** 为卵母细胞开始充满次级卵黄球、卵黄物质迅速积累的时期。GSI =  $3.95 \pm 2.58\%$ 。外观, 卵巢轮廓较明显, 腹部膨大不显著。卵巢前部较小, 中后部逐渐扩大, 呈桔黄色, 长  $70.08 \pm 10.16$  mm, 宽  $3.48 \pm 1.05$  mm, 肉眼可见 1 mm 左右灰白色小卵和卵径大小不等的黄色卵粒。卵巢基质疏松, 血管减少。卵巢切片内以次级卵黄期卵母细胞为主, 同时含有部分第 II、第 III 时相卵母细胞和极少数染色质核仁期卵细胞。这相当于 V 期初卵巢。

**晚期** 为卵黄球融合为卵黄块, 卵黄物质大量积累, 卵母细胞接近成熟的 IV 期中、末期卵巢。GSI =  $11.03 \pm 5.56\%$ 。此时, 人工催产可以成功。肉眼外观, 黄鳍腹部明显膨大呈纺垂形, 卵巢轮廓清晰, 呈浅桔红色。卵巢体积显著增大, 充满腹腔后部。卵巢长  $91.19 \pm 14.30$  mm, 宽  $5.68 \pm 1.53$  mm, 其内卵粒饱满, 发育整齐, 呈金黄色。一般卵径 2 mm 左右。卵巢切片内主要由第三级卵黄期卵母细胞组成, 同时可见少量第 II、III 期和 IV 期初的卵母细胞。

**3. 成熟卵巢** 为卵黄发生完成后进行第一次成熟分裂时期的 V 期卵巢。卵核消失。次级卵母细胞停留在成熟分裂中期阶段。池养条件下, 卵黄发生期晚期的卵巢经过人工催产可达此期。此时, 黄鳍卵巢轮廓边界模糊, 腹部柔软而有弹性。卵巢体积轻度缩小, 卵巢腔内充满游离的金黄色半透明成熟卵粒, 应及时采卵授精。

**4. 产卵后卵巢** 雌鳍产卵后, 其腹壁松软塌陷, 失去弹性。卵巢皱缩变窄, 卵巢壁充血呈暗紫红色。肉眼可见 1 mm 左右残留的淡黄色或灰白色卵粒。卵巢切片内主要含有空滤泡、退化卵细胞及第 II、第 III 期卵母细胞。这是产后的 VI 期卵巢(图版 II:8)。

#### (四) 黄鳍卵巢的周年变化

黄鳍卵巢的周年变化, 如表 1 所示: 即头年 8 月至次年 4 月, 黄鳍卵巢均处于卵黄发生早期阶段, 其主要卵母细胞直径变化不大, GSI 最低 (1.26—1.89%)。5 月下旬至 7 月下旬(繁殖季节), 由于卵母细胞积累大量卵黄, 其体积成倍增加, GSI 达到高峰 (5.87—15.91%)。其间, 5 月下旬至 6 月上旬为繁殖最佳季节, 绝大多数卵巢已接近成熟 (卵黄发生期晚期卵巢占 100%), 平均 GSI 达 15.91% 左右; 6 月下旬多数黄鳍已经产卵 (60% 左右为排卵后卵巢), GSI 随部分卵母细胞的退化而下降 (9.14%); 7 月下旬, 第 IV 期卵母细胞仍占一定比例, GSI 依然维持于较高水平 (5.87%)。8 月下旬和 8 月以后, 由于受季节、生态和食物等因素影响, 卵巢发育终止于卵黄发生早期, 并以此期越冬。至翌年春末夏初前, GSI 均处于低谷, 仅在 2% 以下。

## 讨 论

### (一) 关于黄鳍的卵黄发生问题

卵黄发生是卵子发育过程中极为重要的代谢活动, 历来受到有关学者的重视。据报道, 硬骨鱼类的卵黄物质具有 3 种类型<sup>[3]</sup>, 即油滴(oil droplets)、卵黄泡(yolk vesicles)和卵黄球(yolk globules)。其卵黄形成方式, 包括自身合成 (autosynthetic) 和胞外合成 (heterosynthetic) 两种类型<sup>[3]</sup>。

关于黄鳍的卵黄物质，作者采用 PAS 法和锇酸染色法检验证实，只有卵黄泡和卵黄球两种形式，而不存在油滴。据观察，黄鳍的卵黄泡出现前，在具有卵黄核的第 II 期卵母细胞内，已经含有  $3\mu\text{m}$  左右被锇酸染成黑色、PAS 法染成深紫红色的微小颗粒（图版 II:9）。随着卵母细胞的发育，几乎在卵黄泡出现的同时，这些含脂蛋白成分的颗粒，最初以初级卵黄球形式出现在卵黄泡之间的细胞质中（图版 II:10），随后在卵黄泡内逐步融合为与其具有类似染色反应的浓缩球（图版 II:11）（图版 II:12），继而再形成直径更大、并存在明显界膜的次级卵黄球（图版 II:13）。以上观察结果提示：第 II 期卵母细胞内存在的微小颗粒，与卵黄核的出现有着密切联系；但是，这种颗粒在扫描电镜下不呈现图象，可能它们仅系卵黄的前身物质或细胞代谢产生的组分；黄鳍的卵黄球，也许最初就是由这类大小不同的颗粒，在卵黄泡的参与下逐级演变、积累而成。

## （二）关于黄鳍卵巢发育的分期问题

鱼类性腺发育的分期，目前还无统一标准。我国学者对家鱼及其它一些淡水鱼类卵巢的发育，多采用 Мейен (1939) 的分期方法<sup>[1]</sup>。此方法适用于全同步型卵巢，但对黄鳍不太适宜。据观察，黄鳍卵巢属于不完全同步类型，即每一发育阶段至少存在两种以上不同发育时期的卵细胞。如果仅在卵巢切面上比较它们之间的数目，几乎各阶段都是以体积较小、相对处于发育早期的卵母细胞在数量上占据优势。对于该种类型的卵巢，仅根据切片中数量占优势的卵母细胞所处发育时期来确定卵巢发育时期，显然是不可靠的。不仅如此，由于黄鳍卵母细胞发育参差不齐，同一卵巢不同部位，其组成、比例常不尽相同，它们在切片上所占数量亦会出现较大差异。因此，不宜以此局部观察结果作为卵巢发育分期的确切依据。

根据黄鳍卵子不完全同步发育的特点，我们分别以纵向比较、观察了各期卵母细胞先后发生的变化。发现黄鳍卵子的卵黄发生具有较明显的阶段性；卵母细胞在整个卵块所占数量、面积呈现规律性变化，即处于发育早期的卵母细胞总的数量、面积逐渐减少，而发育较晚的卵母细胞则逐渐增加。另外，据切片对照证实，黄鳍卵子未沉积卵黄前，肉眼见不到卵粒；开始沉积卵黄后，肉眼（或借助放大镜）已可见大部分卵粒外形。因此，本文以卵黄发生作为划分卵子发育的重要依据，并以占据卵块体积一半以上的卵子所处发育时期，结合卵巢相应性状将黄鳍卵巢分为 4 个不同发育阶段。作者认为，不同类型的卵巢<sup>[1,4]</sup>，不宜沿用同一模式分期。对于不完全同步（亦即类群同步，The group synchronous ovary）和非同步型卵巢，以卵母细胞的不同发育阶段划分卵巢发育时期，比用未经统计学处理的数据作为分期标准，可能更为确切、可靠。

## （三）关于黄鳍的产卵类型问题

产卵季节，有的黄鳍卵子系分批产出。但是，据此能否认为黄鳍属一年多产卵类型？事实说明不能。从黄鳍卵巢周年变化规律看出，一年内其性腺成熟系数只在夏季出现一次高峰，其余季节一直较低。同时，除繁殖季节外，各月卵巢均处于卵黄发生期早期阶段，未发现第 IV 期卵母细胞。虽然产卵后，其它月份有次发性早期卵母细胞出现（例如，6 月底 II 期卵母细胞占 48.8%，III 期占 27.3%；至 10 月底，前者上升为 66.7%，后

者上升为 33.3%），但是，它们在非产卵季节并未能发育成熟（IV 期卵母细胞数量为零），必须待下一性周期的繁殖季节出现时才能成熟、长足（例如，4 月底 I、II 期卵母细胞占 74.6%，III 期占 25.4%，至 5 月底，分别下降为 23.7% 和 15.8%；而 IV 期卵母细胞 4 月底为零，5 月底则上升为 59.2%）。这一方面说明，鱼类卵巢的发育严格受季节变化周期影响和神经内分泌系统调控。另方面亦说明，黄鳍尽管具有分批产卵方式，但一年内只存在一个产卵季节，在自然条件下应属于一年一次产卵类型。

### 参 考 文 献

- [1] de Vlaming, V. I., 1982. Patterns of oocyte development among teleosts. In "Control Processes in Fish Physiology" (R. Duggin, ed.), Holt-Saunders, London.
- [2] Liu, C. K., 1951. Histological changes in the gonad of *Monopterus* during sex transformation. *Sinensis*, 2(1~2): 85—109.
- [3] Wallace, R. A., Nickol, J. M., Ho, T. and Jared, D. E., 1972. Studies on amphibian yolk. X. The relative roles of autosynthetic and heterosynthetic processes during yolk protein assembly isolated oocytes. *Dev. Biol.*, 29: 255—272.
- [4] Wallace, R. A. and Selman, K., 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *Am. Zool.*, 21: 325—343.
- [5] Yamamoto, K., 1956. Studies on the formation of the fish eggs. VIII. The fate of the yolk vesicle in the oocyte of smelt, *Hypomesus japonicus*, during vitellogenesis. *Embryologia*, 3: 131—138.
- [6] Мейен, В. А., 1939. К вопросу о годовом цикле костистых рыб. *Изв. АН СССР. Биол.*, 3: 389—420.

## STUDY ON THE OVARIAN DEVELOPMENT IN *MONOPTERUS ALBUS*

Zhou Dinggang, Tan Yonghong and Fu Tianyou

(Sichuan Agricultural University, Yaan 625014)

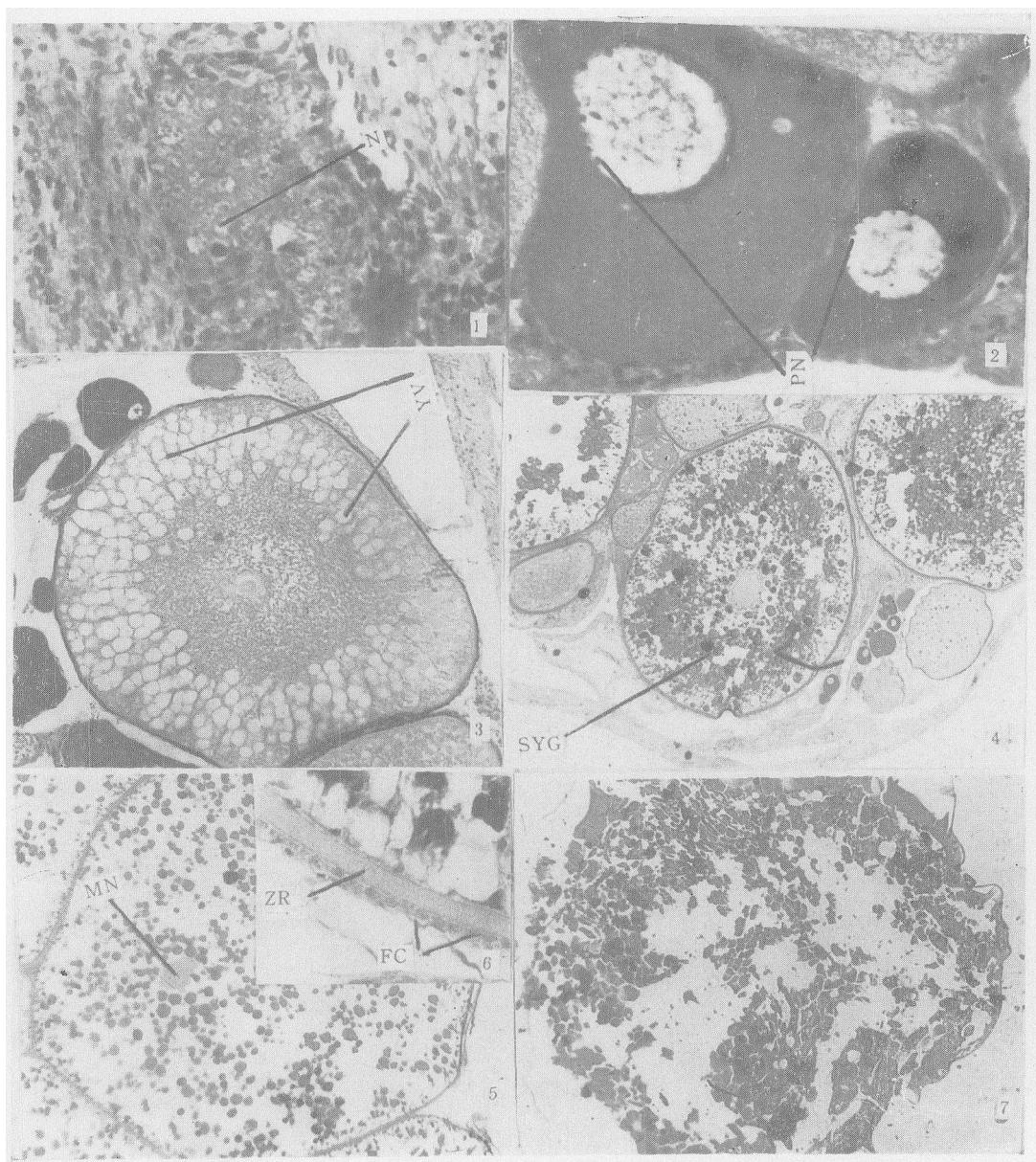
### Abstract

An anatomical observation was made on the morphological characteristics of the ovary of *Monopterus albus*. Oogenesis, ovarian development and annual cycle of ovary were investigated using paraffin-section method, histochemical method and scanning electron microscopy. Oogenesis in *M. albus* can be divided into five stages, i.e. the chromation-nucleolus stage, perinucleolus stage (including early and late phases), primary yolk stage (including early and late phases), secondary and tertiary yolk stage (including early, middle and late phases), stage and mature stage. Ovarian development is divided into four stages: previtellogenesis ovary, vitellogenesis ovary (including early, middle and late phases), mature ovary and spent ovary. The ovarian development is partially synchronized. Fish with this type of development usually spawn once a year.

The vitellogenesis, the stages of ovarian development and the spawning type in *M. albus* are discussed.

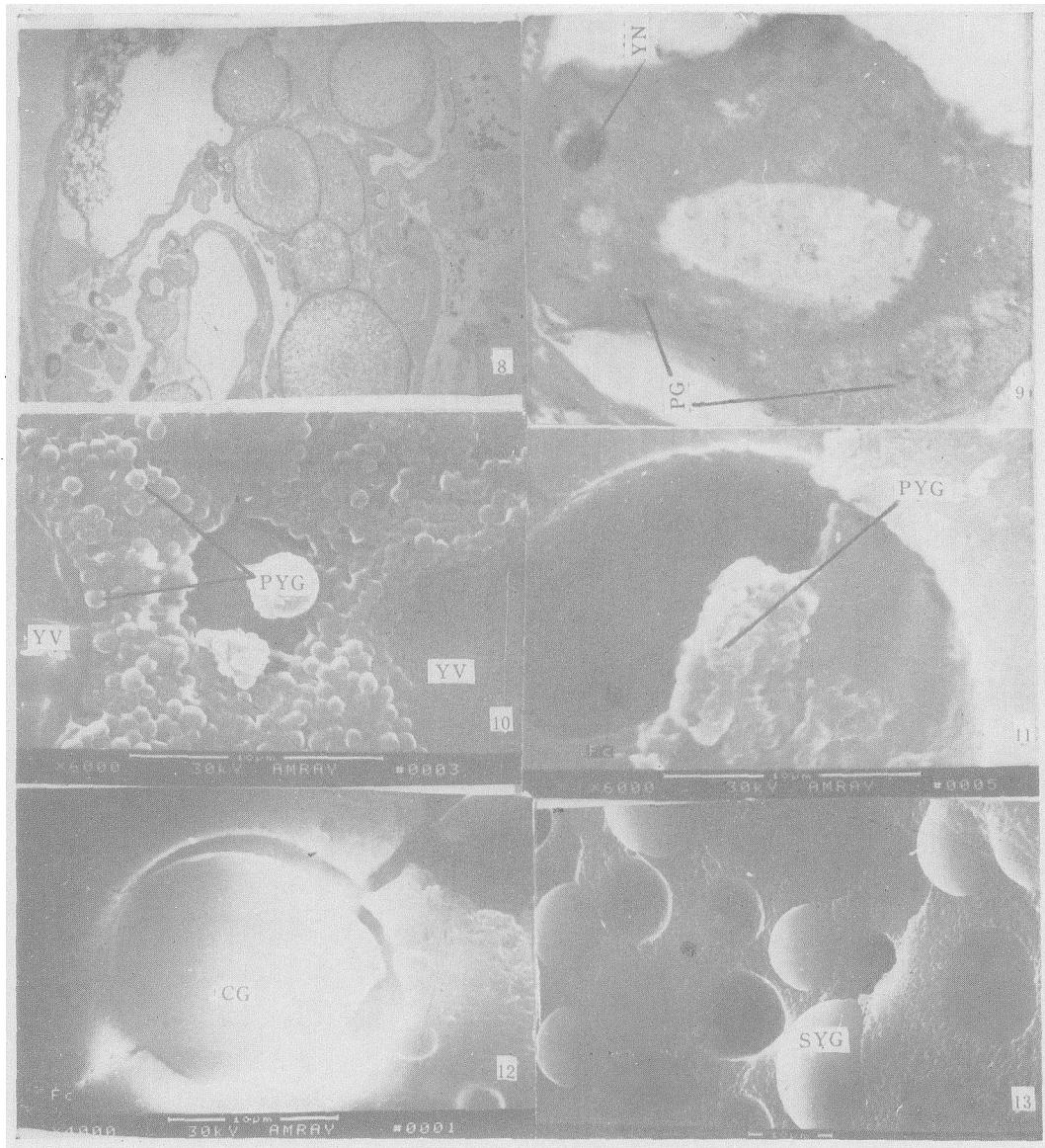
### Key words

*Monopterus Albus*, oogenesis, Ovarian development, Annual cycle of ovary



1. 染色质核仁期 (N: 核仁),  $\times 884$ ; 2. 周边核仁期 (PN: 周边核仁),  $\times 884$ ;  
3. 初级卵黄期 (YV: 卵黄泡),  $\times 200$ ; 4. 次级卵黄期 (SYG: 次级卵黄球),  $\times 132$ ;  
5. 第三级卵黄期 (MN: 偏移的核),  $\times 132$ ; 6. 图5局部放大, 示滤泡细胞 (FC) 和  
放射带 (ZR),  $\times 800$ ; 7. 成熟期,  $\times 53$

1. Chromatin-nucleolus stage (N: nucleolus),  $\times 884$ ; 2. Perinucleolus stage (PN: perinucleolus),  $\times 884$ ; 3. Primary yolk stage (YV: yolk vesicle),  $\times 200$ ; 4. Secondary yolk stage (SYG: secondary yolk globule),  $\times 132$ ; 5. Tertiary yolk stage (MN: migratory nucleus),  $\times 132$ ; 6. Partial enlargement of Fig 5, showing follicle cell (FC) and zona radiata (ZR),  $\times 800$ ; 7. Maturation stage,  $\times 53$



8. 产卵后卵巢,  $\times 40$ ; 9. 周边核仁期, 示卵黄核(YN)和 PAS-阳性反应颗粒(PG),  $\times 884$ ; 10. 初级卵黄期卵母细胞(早期)的一部分, 示卵黄泡(YV)和卵黄球(PYG),  $\times 6000$ ; 11. 初级卵黄期卵母细胞(晚期)的一部分, 示卵黄泡内的初级卵黄球(PYG),  $\times 6000$ ; 12. 初级卵黄期卵母细胞(晚期)的一部分, 示卵黄泡内的浓缩球(CG),  $\times 4000$ ; 13. 次级卵黄期卵母细胞的一部分, 示次级卵黄球(SYG),  $\times 2000$

8. Spent ovary,  $\times 40$ ; 9. Perinucleolus stage (YN: yolk nucleus; PG: PAS-positive granules),  $\times 884$ ; 10. A portion of an oocyte at the primary yolk stage (early phase) showing the yolk vesicle (YV) and primary yolk globule (PYG),  $\times 6000$ ; 11. A portion of an oocyte at the primary yolk stage (late phase) showing primary yolk globule (PYG) inside the yolk vesicle,  $\times 6000$ ; 12. A portion of an oocyte at the primary yolk stage (late phase) showing the concentrated globules (CG) inside the yolk vesicle,  $\times 4000$ ; 13. A portion of an oocyte of the secondary yolk stage showing secondary yolk globules (SYG),  $\times 2000$