

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2011.00537

## 池塘养殖刀鲚卵巢发育的形态及组织学研究

徐钢春<sup>1,2</sup>, 万金娟<sup>2</sup>, 顾若波<sup>1</sup>, 张呈祥<sup>3</sup>, 徐跑<sup>1</sup>

1. 中国水产科学研究院 淡水渔业研究中心, 农业部水生动物遗传育种和养殖生物学重点开放实验室, 江苏 无锡 214081;
2. 南京农业大学 渔业学院, 江苏 无锡 214081;
3. 江阴市水产指导站, 江苏 江阴 214431

**摘要:** 采用石蜡连续组织切片和扫描电镜技术, 对池塘养殖刀鲚(*Coilia nasus*)卵巢的各个发育阶段进行了形态和组织学研究, 并对卵母细胞各个时相的形态特征进行了较为详细的描述, 分析了刀鲚卵巢发育的周年变化规律和产卵类型。结果显示, 刀鲚卵巢发育可为 6 个时期: I 期卵巢较细, 呈线状, 长约 25 mm, 以卵原细胞向初级卵母细胞过渡的细胞为主。II 期卵巢细柱状, 长为 40~50 mm, 外观呈浅肉红色至肉黄色, 2 时相卵母细胞占 92% 以上; III 期卵巢呈肉色直至浅青色, 长 55~65 mm, 中部逐渐膨大, 细胞处于初级卵母细胞的大生长期, 由 2~4 时相卵母细胞组成, 其中 3 时相卵母细胞占 60%~75%, 出现油滴; IV 期卵巢青色直至灰色, 体积急剧增大, 呈囊状, 约占体腔的 2/3, 肠大部分被掩盖, 肉眼可见增大的卵粒, 晚期可见游离的卵粒, 细胞处于初级卵母细胞发育的晚期, 油滴充满细胞, 第 4 时相卵母细胞占 86% 以上, 最大卵径 482  $\mu\text{m}$ ; V 期卵巢柔软膨大, 占据腹部绝大部分, 外观呈玉绿色, 卵粒充满卵巢, 清晰易辨, 细胞中卵黄和原生质表现出明显的极化现象, 核膜消失, 卵径为 750~900  $\mu\text{m}$ ; VI 期卵巢为酱紫色, 体积明显减小且松软, 卵巢腔萎缩, 以空的滤泡细胞和 2 时相细胞为主。刀鲚繁殖高峰期在 4~6 月, 10 月中、下旬起卵巢重新进入 II 期, 直到翌年 2 月都停留在 II 期, 3 月下旬部分刀鲚卵巢开始重新发育。研究表明, 刀鲚属一次产卵类型的鱼类, 但个体间卵巢发育差异显著, 产卵持续时间较长。

**关键词:** 刀鲚; 卵巢发育; 形态学; 组织学

中图分类号: S917

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2011)03-0537-10

刀鲚(*Coilia nasus*)隶属鲱形目(Clupeiformes)、鲱科(Engraulidae)、鲱属(*Coilia*), 又名长颌鲚, 俗称刀鱼, 为中国长江中重要的洄游性鱼类<sup>[1-2]</sup>。其以脂肪丰满、肉质鲜嫩而著称, 享有“长江三鲜”之一的美誉, 是长江中下游一种具有重要商业价值的渔业资源<sup>[3]</sup>, 每年清明前后不断攀升的市场需求导致其捕获季节一再提前<sup>[4]</sup>、捕捞强度不断提高, 在酷渔滥捕与生态环境恶化的双重压力下, 刀鲚资源急剧衰退, 目前已不能形成渔汛; 因此, 开展刀鲚的人工养殖并进行繁殖技术攻关已迫在

眉睫。

掌握性腺发育规律是进行鱼类人工繁殖的基础。自 1973 年, 长江水产研究所和南京大学生物系研究组<sup>[5]</sup>、朱栋良<sup>[6]</sup>等就开始了刀鲚的生殖洄游、性腺发育、产卵场分布、天然繁殖的胚胎发育描述等的生态调查; 近年来, 何为等<sup>[7]</sup>进行了长江刀鲚性腺的细胞学观察, Li 等<sup>[3]</sup>也观察了刀鲚生殖洄游的性腺发育情况, 然而刀鲚“出水即死”的习性, 加上生态环境的变迁导致产卵场的不确定性, 导致难以捕获性成熟雌性刀鲚, 因此

收稿日期: 2010-07-19; 修订日期: 2010-09-18。

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助项目(2009JBFA01); 中国水产科学研究院淡水生态与健康养殖重点开放实验室开放课题(2010FEA03008); 江苏省水产三项工程项目(P2009-2)。

作者简介: 徐钢春(1979-), 男, 助理研究员, 研究方向为鱼类繁殖生理生态学及养殖技术研究。E-mail: xugc@ffrc.cn

通信作者: 顾若波, 研究员, 硕士生导师。E-mail: gurb@ffrc.cn

通过捕获野生性成熟的刀鲚亲鱼进行人工繁殖的思路难以实施。2003 年, 张呈祥等<sup>[8]</sup>采用“灌江纳苗”的方法成功进行了刀鲚的池塘养殖, 模拟自然条件下的饵料营养状况并通过水流刺激促使其性腺成熟而最终实现刀鲚的人工繁殖<sup>[9]</sup>; 而有关池塘中人工养殖条件下刀鲚的卵巢目测形态变化规律及从卵原细胞至卵母细胞发育和成熟过程的组织学研究, 迄今在国内外尚未见报道。本研究对池塘养殖刀鲚的卵巢发育规律和产卵类型作了较为系统的研究, 其结论将有助于刀鲚亲鱼培育和提高受精率、孵化率, 为刀鲚的人工繁殖提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料及来源

用于性腺发育观察的刀鲚为 2003 年 5–6 月长江江阴申港段灌江纳刀鲚苗, 进行驯化养殖, 经池塘养殖性腺成熟后于 2005 年 4 月繁殖的子一代( $F_1$ )。2007 年 6 月至 2008 年 6 月间(除 7、8、9 月份), 逐月拉网采集性成熟刀鲚, 2008 年 10 月至 2009 年 6 月间补充各月样本量达到 10~15 尾, 体长 22.8~31.4 cm, 体质量 53.3~118.6 g; 1 龄未成熟刀鲚取 2009 年 5 月至 2010 年 3 月间人工繁殖培育的幼鱼。

### 1.2 观测方法

样本在新鲜状态下进行体长、体质量等常规生物学数据测量, 解剖并分离出的性腺用 Canon IXUS80IS 相机拍照。性腺样品称重后用 Bouin 氏液固定 24 h 以上, 经正丁醇梯度脱水, 石蜡包埋, 连续切片(切片厚度 6  $\mu\text{m}$ ), HE 染色, 中性树胶封片, 显微镜镜检, 并对卵巢组织切片的典型结构用 Olympus BH-2 连接 Microscope Digital Camera 560 成像系统拍照、测量。

卵细胞的发育分析采用楼允东<sup>[10]</sup>的 5 时相划分标准, 同时参考王吉桥等<sup>[11]</sup>、Ganias 等<sup>[12]</sup>关于各时相卵母细胞特征的描述; 卵巢分期按刘筠<sup>[13]</sup>提出的分期标准, 把卵巢发育分为 I~VI 期。卵巢发育各期的界定, 是以在卵巢切面中所占面积超过 50%或居最高比例的生殖细胞的时相为准。性

腺成熟系数(GSI)计算公式为:  $GSI = GW/MW \times 10^2$ , 其中, GW 和 MW 分别为性腺质量和鱼体质量。

在繁殖季节, 选取性腺发育好的亲鱼, 轻挤腹部获取成熟的卵子(即 5 时相卵母细胞), 用 pH7.3, 0.1 mol/L 磷酸缓冲液清洗 3 次, 放入 4% 戊二醛溶液中先行固定, 约 24 h 后再入 1% 锇酸溶液中行后固定, 约 2 h。用 0.1 mol/L 磷酸缓冲液清洗, 梯度乙醇脱水, 叔丁醇置换, 冷冻干燥, 金离子溅射喷镀, 日立 S-3000N 型扫描电子显微镜观察并拍照。

### 1.3 数据及图像处理

所得数据用 SPSS11.5 和 Excel 2003 软件分析, 图片用 Photoshop7.0 处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 刀鲚卵巢发育的形态及组织学特征

2.1.1 不同发育时期生殖细胞的形态与发育特征  
对刀鲚幼鱼及成鱼性腺的切片进行了卵细胞发育观测, 各时相细胞的形态特征如下所述。

第 1 时相为卵原细胞或由卵原细胞向初级卵母细胞过渡的细胞。细胞尚未发育, 细胞核较大, 位于细胞中央, 呈圆球形, 具有强嗜碱性, HE 染色呈蓝色。卵原细胞集群分布, 位于生殖上皮边缘, 呈圆形或椭圆形, 胞径 8~10  $\mu\text{m}$ , 胞质少而均匀, 胞核径 5~6  $\mu\text{m}$ , 核仁 1 个, 被染成深紫色(图版 I-1)。

第 2 时相的细胞处于初级卵母细胞的小生长期。依卵母细胞发育的形态特征, 将刀鲚第 2 时相卵母细胞分为早、晚 2 个阶段。早期的特征是: 细胞形态多样, 呈圆形、椭圆形或者不规则的多角形, 体积明显增大, 核仍占很大比例, 核内的染色质为细线状, 结成稀疏的网, 胞径为 80~95  $\mu\text{m}$ , 核径为 30~50  $\mu\text{m}$ , 中央大核仁消失, 出现 10~16 个大小不一的小核仁分布于核膜内缘(图版 I-2)。晚期特征是: 细胞体积有所增大, 胞径为 90~130  $\mu\text{m}$ , 而细胞核变小, 核径为 25~35  $\mu\text{m}$ , 细胞质呈强碱性, 在细胞质中出现卵黄核, 在细胞质的外层出现分层现象, 胞外有 1 层滤泡膜(图版 I-3)。

第 3 时相的细胞为进入大生长期的初级卵母细

胞。细胞截面继续增大,细胞长径 250~375  $\mu\text{m}$ ,核径为 35~50  $\mu\text{m}$ ,核膜凹凸不平,呈波纹状,出现大小不一的油滴 25~45 个,卵黄开始沉积,出现染呈淡蓝色的卵黄小颗粒;卵膜开始变厚(图版 I-4)。

第 4 时相的细胞仍是生长期的初级卵母细胞。根据刀鲚卵母细胞油滴的变化分为早、晚 2 阶段。早期阶段的特点是:由于卵黄颗粒和油滴的积累,此时卵母细胞的胞体因积累了大量的小油滴导致体积逐渐增大,细胞呈近球形,卵径为 125~385  $\mu\text{m}$ ,核径为 65~185  $\mu\text{m}$ 。随着油滴颗粒增多、变大,占据了卵母细胞的大部分,卵膜增厚,呈淡红色,放射纹明显;滤泡膜仍为双层结构(图版 I-5)。晚期阶段的特点是:初级卵母细胞处于发育晚期,最大卵径 482  $\mu\text{m}$ 。细胞内的油滴出现融合,形成更大体积的油滴,数量明显减少,大油滴充满细胞,已很难看见细胞核(图版 I-6)。

第 5 时相卵细胞为次级卵母细胞。细胞体积明显增大,直径在 509~709  $\mu\text{m}$  之间,平均 587  $\mu\text{m}$ ;细胞内充满油滴和卵黄颗粒,卵黄呈深红色,主要分布在细胞的中央,并融合成板块状;卵黄和原生质表现出明显的极化现象,核膜消失(图版 I-7);在细胞膜和卵黄层之间仍有少量染色较淡的细胞质和液泡存在。此时,脂肪环增大,白色透明,集中到植物极,形成一个油滴。部分卵母细胞已从滤泡排出进入卵巢腔,进行第 2 次成熟分裂,成为即将产出体外的卵子。

**2.1.2 卵巢发育的形态学和组织学期** I 期性腺紧贴在鳔的两侧,为 1 对透明的条状细丝,长约 25 mm,被脂肪块包裹,肉眼无法辨别雌雄(图版 II-1),出现在 90~110 日龄的当年生刀鲚幼鱼中,一生中只出现一次。切片显示,卵巢内部细胞处于卵原细胞向初级卵母细胞过渡阶段,以第 1 时相卵细胞为主,细胞频繁有丝分裂以增加卵母细胞的数量;卵原细胞外周无滤泡细胞,卵原细胞位于生殖上皮边缘,圆形或椭圆形,核居中央(图版 III-1)。

II 期卵巢开始发育,增粗为细柱状,左叶、右叶基本等长,长为 40~50 mm;卵巢膜上血管不明显,外观呈浅肉红色至肉黄色,略透明,肉眼见

不到卵粒(图版 II-2、3)。切片显示,细胞处于初级卵母细胞的小生长期,此期卵巢中以第 2 时相卵母细胞为主,占 92%以上。II 期经历时间最长,产后回复至 II 期的卵巢中含有很多第 2 时相的小卵粒(图版 III-2、3)。

III 期卵巢外观呈肉色直至浅青色,肉眼可见性腺内卵粒,长 55~65 mm,位于鳔的侧下方,肠的两侧,前端较小,中部膨大,后端逐渐变细并与输卵管相连,卵巢膜上有血管分布(图版 II-4、5)。切片显示,细胞处于初级卵母细胞的大生长期,由 2~4 时相卵母细胞组成,3 时相卵母细胞在 III 期卵巢中属首次出现,且所占比例最高,为 60%~75%。III 期卵母细胞直径为 552~730  $\mu\text{m}$ ,平均 625  $\mu\text{m}$ ;核径为 182~239  $\mu\text{m}$ ,平均 207  $\mu\text{m}$ ;细胞膜明显增厚,III 期早期卵母细胞膜平均厚度为 13  $\mu\text{m}$ ,到后期平均增至 21  $\mu\text{m}$  左右,与滤泡膜、细胞质分界明显(图版 III-4、5)。

IV 期卵巢为青色直至灰色,体积急剧增大,呈囊状,约占体腔的 2/3,肠大部分被掩盖,肉眼可见增大的卵粒,晚期可见游离的卵粒,卵巢膜薄而透明,血管密布,开始大量充血(图版 II-6、7)。切片显示,IV 期卵巢处于初级卵母细胞发育的晚期,以卵黄颗粒和油滴充满细胞为主,第 4 时相卵细胞占 86%以上,最大卵径 482  $\mu\text{m}$ (图版 III-6、7)。

V 期卵巢柔软膨大(图版 II-8),非常饱满,占据腹部大部分,肠绝大部分被掩盖,有时已不可见。卵巢外观呈玉绿色,卵粒充满卵巢,清晰易辨,可见部分大而透明的、已排入体腔的卵粒,卵粒间彼此分离。对卵巢稍加压力,卵粒即能流出体外。切片显示,IV 期卵母细胞经过成熟分裂过渡到次级卵母细胞,进而发育到第二次成熟分裂的中期,第 5 时相卵细胞占 90%以上。细胞体积明显增大,直径在 509~709  $\mu\text{m}$  之间,平均 587  $\mu\text{m}$ ;细胞内充满粗大的卵黄颗粒,卵黄呈深红色,主要分布在细胞的中央,并融合成板块状;卵黄和原生质表现出明显的极化现象,核膜消失。此时,脂肪环较大,白色透明,布满整个细胞。最后脂肪环增大,集中到植物极,形成 1 个油滴(图版

III-8)。成熟的卵排出体外, 卵径在 750~900  $\mu\text{m}$ , 吸水后, 卵膜径在 1.1~1.4 mm 之间。

VI 期卵巢为酱紫色, 体积明显减小且松软, 卵巢腔萎缩, 外膜上有大量毛细血管分布, 并因卵子的产出而进一步充血。切片显示, 滤泡细胞细胞核分解, 卵膜发生皱折或破裂, 产后卵巢中剩下空的滤泡细胞, 其余大部分为第 2 时相细胞(图版 III-9)。

刀鲚卵巢的 I~VI 各发育期的生物学数据测定情况如表 1 所示。

2.2 成熟未受精卵的扫描电镜观察

刀鲚成熟卵呈卵圆形卵膜表层形成许多嵴和沟, 其数量及走向难以确定(图 IV-1)。从扫描电镜可见, 成熟卵子在动物极附近卵膜上有一个漏斗形凹陷孔洞, 为受精孔(图版 IV-2、3), 由前庭和精孔组成。前庭直径 12.80  $\mu\text{m}$ , 精孔外径 3  $\mu\text{m}$ ,

精孔内壁呈螺旋嵴状, 向孔深处延伸。卵膜表层还遍布着很多微孔, 直径约 0.3  $\mu\text{m}$ , 卵母细胞放射带表面呈蜂窝状(图版 IV-4)。卵球表面除受精孔和微孔外, 无其他孔洞, 也未见精孔细胞。

2.3 卵巢发育的周年变化

在整个生殖周期内, 雌性刀鲚全年的成熟系数一般波动在 0.54%~16.10%(图 1)。在池养条件下, 从 3 月下旬开始, 部分鱼体进入产卵活动期, 月平均成熟系数 2.29%; 4 月份达 5.49%; 5 月份到最高峰, 约为 11.4%; 6 月初开始有所下降; 7 月至 8 月取样量少, 未达到统计条件; 9 月底、10 月初卵巢仍处于产后休整期, 其成熟系数下降到 0.98%; 至 11 月卵巢又开始恢复为 II 期, 并在此状态下越冬至翌年 2 月份, 成熟系数变化不大。从 3 月开始, 随着水温的上升, 卵巢开始重新发育, 成熟系数也逐渐上升, 进入新一轮的发育。

表 1 池养刀鲚卵巢各发育期的生物学数据  
Tab. 1 Biological data of cultured *Coilia nasus* used for ovary histology study

发育期 development stage	样本量 <i>n</i>	全长/mm total body length		纯质量/g net body weight		性腺成熟系数 /% GSI
		范围 range	$\bar{x} \pm \text{SD}$	范围 range	$\bar{x} \pm \text{SD}$	
I	15	13.3~14.8	14.2±1.1	5.1~7.0	6.3±0.8	--
II	14	22.8~26.9	24.5±2.1	52.8~90.5	70.6±10.5	0.98±0.45
III	15	26.0~30.5	28.5±1.9	65.5~96.0	80.2±11.1	1.95±0.91
IV	13	25.9~30.5	28.6±2.0	68.1~103.2	86.1±12.4	5.49±2.41
V	12	26.2~31.4	29.0±2.2	70.2~106.5	88.6±11.5	11.40±4.7
VI	10	25.4~29.5	27.6±1.8	66.5~94.2	76.3±9.3	1.60±0.88

注: I 期性腺被脂肪块包裹难以分离, 无法称量。  
Note: Ovary in the phase I can't be weighed because of adipose tissue surrounding.

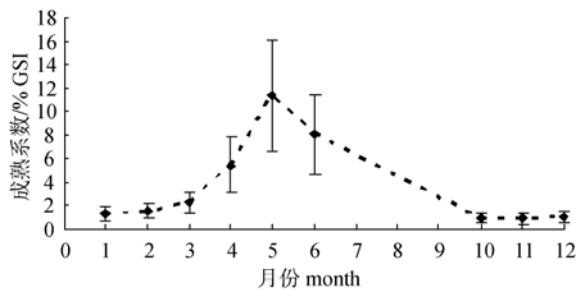


图 1 刀鲚性腺成熟系数的周年变化规律  
Fig.1 Annual gonadosomatic index variation of mature female *Coilia nasus*

3 讨论

3.1 刀鲚卵母细胞发育及营养物的特点

池塘养殖刀鲚的卵巢发育特征与文献[14]记载的野生刀鲚卵巢发育特征基本一致。刀鲚第 1 时相卵原细胞和第 2 时相初级卵母细胞的细胞学特征也与其他硬骨鱼类相似, 但第 3 时相和第 4 时相卵母细胞却有着种的特征。刀鲚初级卵母细胞进入大生长期(第 3 时相)后细胞质中以油滴为主, 卵黄的含量相对较少; 到了卵母细胞营养物

合成和积累的高峰期(第4时相)时也同样如此,卵母细胞中充满大量大小不等的油滴,卵黄颗粒小且散在油滴之间。这与香鱼(*Plecoglossus altivelis* Temminck et Schlegel)<sup>[15]</sup>、长江鲥(*Macrura reevesii*)<sup>[16]</sup>、鳗鲡(*Anguilla japonica* Temminds et Schlegel)<sup>[17]</sup>等的4时相卵母细胞内充满卵黄颗粒的特征不同,由此推测刀鲚胚胎发育和早期仔鱼生长发育所需营养物质的来源是油滴的营养物和卵黄。从含量来看,油滴很可能是胚胎和早期仔鱼生长发育所需营养物的主要来源。

刀鲚卵母细胞中油滴的出现是在III期卵巢的第3时相早期,即初级卵母细胞的大生长期,这与某些海水鱼类如黑鲷(*Sparus macrocephalus*)<sup>[18]</sup>、鳙(*Ilisha elongata*)<sup>[19]</sup>、小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)<sup>[20]</sup>等一致,而有别于灰鲈(*Stromateoides cinereus* Bloch)<sup>[21]</sup>和银鲈(*Stromateoides argenteus*)<sup>[22]</sup>,在第2时相的中后期即出现油滴。由于刀鲚的体腔较小,当卵巢成熟系数达到8%以上时,就会对消化系统造成挤压,但池塘养殖刀鲚亲鱼仍然摄食,这与文献[23]记载的在繁殖季节一般不摄食不一致。刀鲚为达到性腺发育过程中卵黄积累的要求,需要比其他鱼类更早开始积累营养物质,以避免在繁殖期内因停食造成的卵巢发育时营养物质的不足。池塘养殖刀鲚亲鱼仍然大量摄食是否是导致成熟系数高于野生刀鲚<sup>[23]</sup>的原因,有待于进一步研究。

核仁是卵核的主要成分,本研究结果表明刀鲚在整个卵泡生长、成熟过程中,核仁的数目有很大变化,其数目从少到多,又由多变少,直到消失。与此同时其大小也发生变化,总的趋势是由大变小。至于核仁的变化机理有待进一步深入研究。

本研究还发现,成熟的卵粒出现受精孔,这与成熟雄性精子无顶体是相匹配的<sup>[24]</sup>。王冰等<sup>[25]</sup>报道刀鲚精子为非顶体型,卵母细胞均有受精孔结构,当亲鱼达到生理成熟和排卵时,精孔细胞会自行消失,受精孔敞开,等待精子入卵受精。

### 3.2 刀鲚的产卵类型

在刀鲚各个发育时期的卵巢中,卵母细胞发

育有较明显的同步性。IV期卵巢以大小一致的充满油滴的第4时相卵母细胞为主(占面积的百分比80%以上);V期卵巢第5时相卵母细胞占90%以上;在产后的VI期卵巢中,除有空的滤泡细胞外,其余就是早期的第2时相卵细胞,有时即使留下极少未产出的第4时相卵细胞,但也马上会被吸收,由此可以判断刀鲚产卵类型为同步型,与鳗鲡<sup>[17]</sup>相似;但池塘养殖刀鲚个体间的卵巢发育差异极其明显,同一时间,性腺发育显得参差不齐,即使在同一批亲鱼里也出现II-V期的性腺,所以刀鲚的产卵时间较长。这与资料记载的长江野生洄游刀鲚<sup>[14]</sup>、鲥<sup>[16]</sup>的分批入江、分批成熟一致;而有别于在一个延长时间的产卵季节中多次分批产卵的鲤(*Cyprinus carpio* Linnaeus)、鲫(*Carassius auratus*)<sup>[14]</sup>等鱼类。

### 参考文献:

- [1] 袁传宓,林金榜,秦安龄,等.关于我国鲚属鱼类分类的历史和现状[J].南京大学学报:自然科学版,1976(2):1-12.
- [2] 黄仁术.刀鱼的生物学特性及资源现状与保护对策[J].水利渔业,2005,25(2):33-34.
- [3] Li Y X, Xie S G, Li Z J, et al. Gonad development of an anadromous fish *Coilia ectenes* (Engraulidae) in lower reach of Yangtze River, China[J]. Fish Sci, 2007, 73: 1224-1230.
- [4] Shi D, Gong D. Strategies of resource conservation for *Coilia ectenes* in the Yangtze Estuary[J]. Mar Sci, 2003, 25: 96-97.
- [5] 长江水产研究所资源捕捞研究室,南京大学生物系鱼类研究组.刀鲚的生殖洄游[J].淡水渔业,1977(6):19-24.
- [6] 朱栋良.长江刀鱼的天然繁殖与胚胎发育观察[J].水产科技情报,1992,19(2):49-51.
- [7] 何为,李家乐,江芝娟.长江刀鲚性腺的细胞学观察[J].上海水产大学学报,2006,15(3):292-296.
- [8] 张呈祥,郑金良.长江刀鲚灌江纳苗与养殖[J].科学养鱼,2006,7:26.
- [9] 王威克.长江刀鲚人工繁殖技术获阶段性突破[N].中国渔业报,2009(2009-06-08).
- [10] 楼允东.组织胚胎学[M].第2版.北京:中国农业出版社,1996:131-137.
- [11] 王吉桥,赵兴文.鱼类增养殖学[M].大连:大连理工大学出版社,2000:76-92.

- [12] Ganas K, Somarakis S, Machias A, et al. Pattern of oocyte development and batch fecundity in the Mediterranean sardine[J]. Fish Res, 2004, 67:13–23.
- [13] 刘筠. 中国养殖鱼类繁殖生理学[M]. 北京: 农业出版社, 1993.
- [14] 长江流域刀鲚资源协作组. 长江流域刀鲚资源调查报告[R]//大学生物系鱼类科研组, 湖北省长江水产研究所, 江苏省水产科学研究所. 刀鲚性腺解剖和分期的初步研究. 武汉: 长江流域刀鲚资源协作组, 1977: 165–179.
- [15] 龚启祥, 曹克驹, 曾嵘. 香鱼卵巢发育的组织学研究[J]. 水产学报, 1982, 6(3): 221–234.
- [16] 吴国犀. 长江鲥鱼卵巢的发育特点及怀卵量[J]. 淡水渔业, 1978 (2): 28–35.
- [17] 林鼎, 林浩然. 鳊鲂繁殖生物学研究. 鳊鲂性腺发育组织学和细胞学研究[J]. 水生生物学集刊, 1984, 8(2): 157–164.
- [18] 施兆鸿. 盐度对黑鲟卵巢发育的影响[J]. 水产学报, 1996, 20(4): 357–360.
- [19] 倪海儿, 杜立勤. 东海鳊卵巢发育的组织学观察[J]. 水产学报, 2001, 25(4): 317–325.
- [20] 吴佩秋. 小黄鱼卵母细胞发育的形态特征和季节变化[J]. 动物学报, 1980, 26(4): 337–345.
- [21] 施兆鸿, 罗海忠, 高露娇. 灰鲢卵巢发育的组织学研究[J]. 海洋水产研究, 2006, 27(1): 1–5.
- [22] 龚启祥, 倪海儿, 李伦平. 东海银鲢卵巢周年变化的组织学观察[J]. 水产学报, 1989, 13(4): 316–321.
- [23] 长江流域刀鲚资源协作组. 长江流域刀鲚资源调查报告[R]//省长江水产资源调查小组. 长江(安徽江段)刀鲚产卵场调查报告[R]. 武汉: 长江流域刀鲚资源协作组, 1977: 31–47.
- [24] 刘筠, 张轩杰. 鱼类精子结构和相应的卵子类型[J]. 湖南师范大学: 自然科学学报, 1992, 15(2): 168–174.
- [25] 王冰, 万全, 李飞, 等. 刀鲚精子超微结构研究[J]. 水生生态学杂志, 2010, 3(3): 57–63.

## Morphological and histological studies on ovary development of *Coilia nasus* under artificial farming conditions

XU Gangchun<sup>1, 2</sup>, WAN Jinjuan<sup>2</sup>, GU Ruobo<sup>1</sup>, ZHANG Chengxiang<sup>3</sup>, XU Pao<sup>1</sup>

1.Key Open Laboratory for Genetic Breeding of Aquatic Animals and Aquaculture Biology, Ministry of Agriculture, Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, China;

2.College of Fisheries, Nanjing Agriculture University, Wuxi 214081, China;

3.Spread Station of Aquaculture Technology of Jiangyin, Jiangyin 214431, China

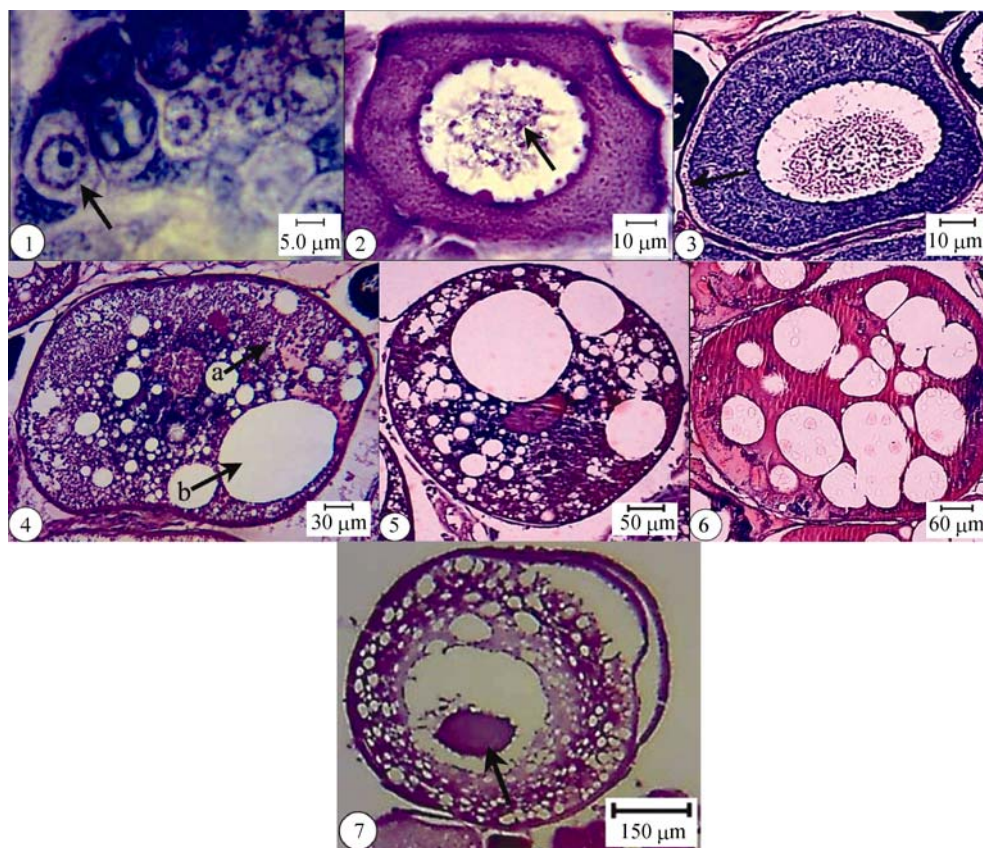
**Abstract:** We studied the ovary development stages of *Coilia nasus*, described the characteristics of different stages of oocyte, and analyzed the ovary annual variation and spawning pattern. These stages were recorded using histological and scanning electron microscopy. Results showed that ovary development could be divided into six stages. The first stage: long and thread-shaped ovary had an average length of 25 mm and its oocytes were mainly transiting to primary oocytes. The second stage: ovary was cylindrical in shape with an average size of 40–50 mm. A color change in appearance from yellowish to red was noted, and the oocytes at phase II accounted for more than 92 percent of the total. The third stage: the appearance of ovary changed from lighter red to blue. The ovary was 55–65 mm in length and extended gradually in the middle part. The oocytes consisted of oocytes at phase II, , and the oocytes at phase accounted for 60–75 percent with oil globules. The fourth stage: the ovary in cystoid shape with the maximal diameter of 482 mm and its color turned from blue to grey. The volume increased sharply and more than two thirds of the coelom was invaded. By the time, enlarged eggs and dissociative ones in the terminal stage were visible. The oocytes mainly filled with oil globules were observed in the terminal stage of oocytes development, and the oocytes at phase IV accounted for more than 86 percent of the total. The fifth stage: the bulgy and soft ovary in green color occupied most space of abdomen and was filled with eggs. The diameter of the egg had increased to 750–900 mm. Polarization phenomena was observed in both yolk and protoplasm. By the



time, karyotheca almost vanished and the oocyte diameter was 750–900  $\mu\text{m}$ . The sixth stage: the ovary was purple, soft and obviously decreased in volume. The drooped cavity was mainly full of follicle cells and oocytes at phase II. The reproduction peak of *Coilia nasus* is from April to June. The ovary develops into phase II by the middle of October, and stagnates in this phase until February of the following year and starts to develop in the late March. The present study indicates that the females only spawn once in one spawning season, and individual ovary development is significant different, so spawning generally continues for a long time.

**Key words:** *Coilia nasus*; ovary development; morphology; histology

**Corresponding author:** GU Ruobo. E-mail: gurb@ffrc.cn

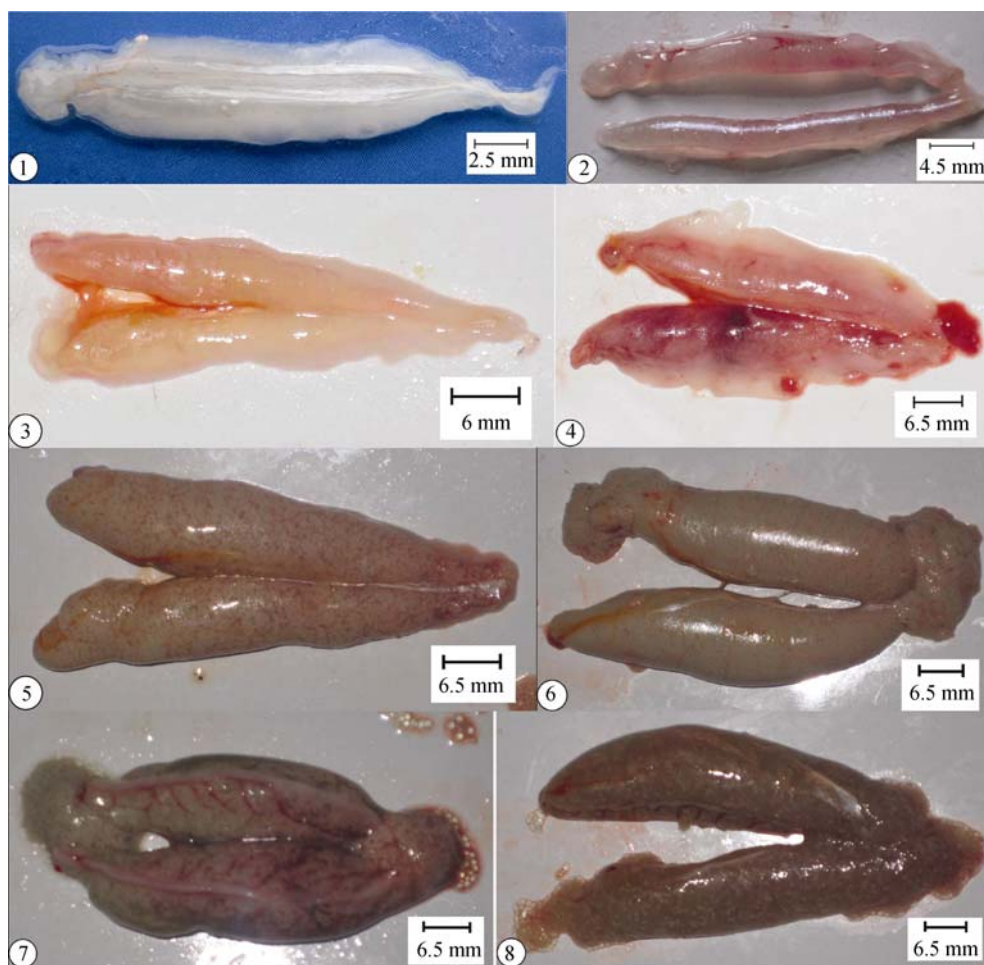


图版 I 刀鲚不同时相卵细胞的形态特征

1. 第 1 时相细胞, 箭头示卵原细胞; 2. 第 2 时相早期的初级卵母细胞, 箭头示丝状染色质; 3. 第 2 时相晚期的初级卵母细胞, 箭头示分层现象; 4. 第 3 时相的初级卵母细胞, 箭头 a 示卵黄颗粒, 箭头 b 示油滴; 5. 第 4 时相的早期初级卵母细胞; 6. 第 4 时相的晚期初级卵母细胞; 7. 第 5 时相的次级卵母细胞, 箭头示核开始偏位。

Plate I Characteristics of germ cells at different stages in *Coilia nasus*

1. The oocyte in the phase I, showing oogonia; 2. The primary oocyte in the early phase II, showing filamentous chromatin; 3. The primary oocyte in the late phase II, showing lamination phenomenon; 4. The primary oocyte in the phase III, showing grains yolk (arrow a), oil droplet (arrow b); 5. The primary oocyte in the early phase IV; 6. The primary oocyte in the late phase IV; 7. The secondary oocyte in the phase V, showing the shifting nucleus.



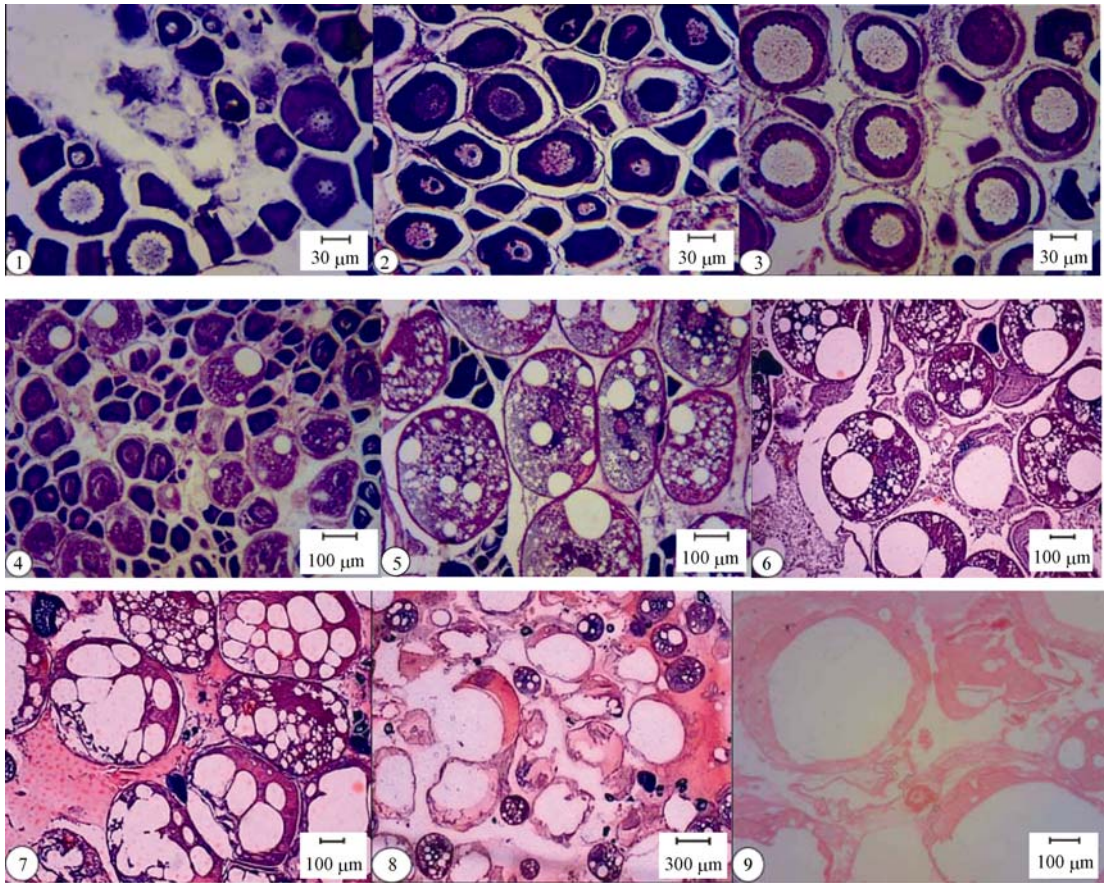
图版 II 刀鲚性腺不同发育阶段的解剖学形态特征

1. I 期卵巢形态及颜色; 2. II 期早期卵巢形态及颜色; 3. II 期晚期卵巢形态及颜色; 4. III 期早期卵巢形态及颜色; 5. III 期晚期卵巢形态及颜色; 6. IV 期早期卵巢形态及颜色; 7. IV 期晚期卵巢形态及颜色; 8. V 期卵巢形态及颜色.

Plate II Anatomical characters of gonadal development in *Coilia nasus*

1. The ovary in the phase I; 2. The early-ovary in the phase II; 3. The post-ovary in the phase II; 4. The early-ovary in the phase III; 5. The post-ovary in the phase III; 6. The early-ovary in the phase IV; 7. The post-ovary in the phase IV; 8. The ovary in the phase V.



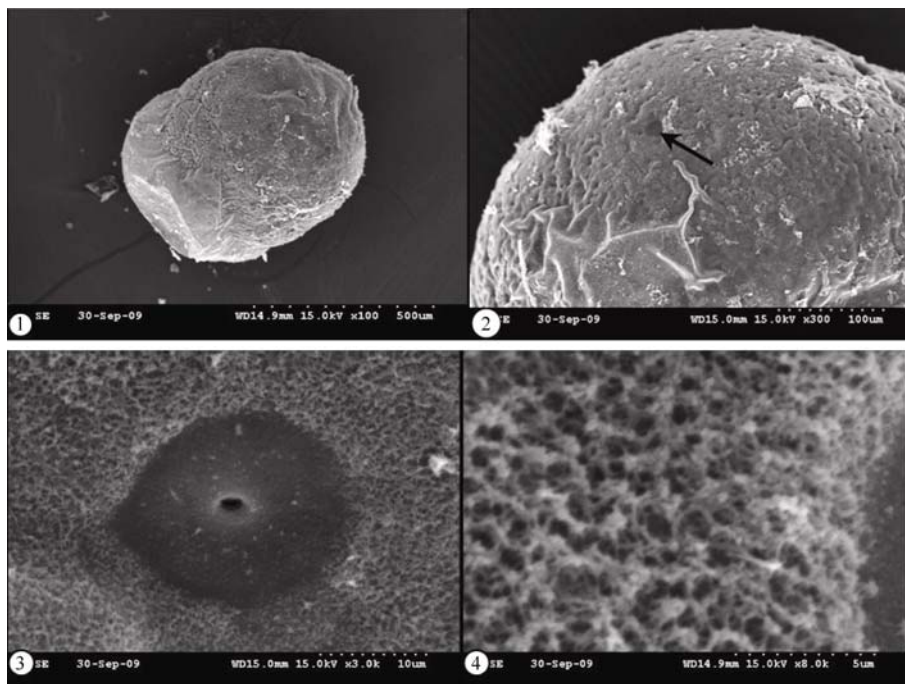


图版Ⅲ 刀鲚卵巢不同发育阶段的组织切片

1. 期卵巢切片; 2. II 期早期卵巢切片; 3. II 期晚期卵巢切片; 4. 期早期卵巢切片; 5. 期晚期卵巢切片; 6. 期早期卵巢切片;  
7. 期晚期卵巢切片; 8. 期卵巢切片; 9. 期卵巢切片.

Plate III Slice of oocytes at different ovary stages in *Coilia nasus*

1.Section of stage I ovary; 2. Section of stage II early-ovary; 3. Section of stage II post-ovary; 4. Section of stage III early-ovary; 5. Section of stage III post-ovary; 6. Section of stage IV early-ovary; 7. Section of stage IV post-ovary; 8. Section of stage V ovary; 9. Section of stage VI ovary.



图版IV 刀鲚成熟未受精卵的扫描电镜图

1.成熟卵整体扫描电镜图; 2. 卵细胞局部, 箭头示受精孔位置; 3.受精孔; 4.受精孔局部前庭.

Plate IV Scanning electron micrographs of the unfertilized mature eggs in *Coilia nasus*

1. The scanning electron micrographs of the whole mature eggs; 2. Local part of oocyte, arrow showing micropyle; 3. Micropyle;

4. The local vestibule of the micropyle.