

金钱鱼性腺发育及其组织结构观察

崔 丹, 刘志伟, 刘南希, 张莹莹, 张俊彬*

(上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306)

摘要: 采用常规石蜡切片, H.E 染色研究了金钱鱼性腺发育及组织结构特征。结果显示, 2⁺ 龄的金钱鱼性腺发育成熟。金钱鱼精巢为管型, 可分为: 精原细胞增殖期、精母细胞生长期、精母细胞成熟期、精子细胞变态期、精子成熟期等 5 个时期。从Ⅱ期精巢起, 金钱鱼精巢的成熟系数(GSI)为 0.2%~1.5%, 精巢成熟系数在发育到精子细胞成熟期(V期)达到峰值, 肝重指数(HSI)在精子细胞变态期(Ⅳ期)达到峰值。金钱鱼卵巢的卵母细胞发育过程可分为 5 个时相, 相对应的卵巢发育亦分为 5 个时期。从Ⅱ期卵巢起, 金钱鱼卵巢的成熟系数为 1.2%~14.9%, 在发育到V期时达到峰值, HSI 在Ⅳ期达到峰值。Ⅱ时相卵母细胞出现卵黄核和滤泡膜。Ⅲ时相卵母细胞中开始出现油滴, 卵黄颗粒。Ⅳ时相卵母细胞中卵黄颗粒与油滴的数量迅速增多。V时相卵母细胞中卵黄颗粒融合成片, 在卵母细胞中卵黄颗粒与油球之间在数量上没有明显的差异。根据切片观察, V期卵巢中, 除了V时相卵母细胞外, 还有一定数量的Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ时相卵母细胞, 卵母细胞发育呈现非同步型。并且发现在多数产完卵后的卵巢中, 除空的滤泡外亦存在一定数量的Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ期卵母细胞, 因此推测, 金钱鱼的产卵类型为分批非同步产卵类型。

关键词: 金钱鱼; 性腺发育; 卵巢; 精巢

中图分类号: Q 132; S 917.4

文献标志码: A

金钱鱼 (*Scatophagus argus*) 隶属鲈形目 (Perciformes)、金钱鱼科 (Scatophagidae)、金钱鱼属, 是目前国内金钱鱼科中唯一的已知物种^[1]。金钱鱼为广盐性亚热带鱼类, 广泛分布于印度-太平洋水域。我国东海至南海北部沿海水域近岸岩礁、红树林区、海藻丛生地带和河口附近均有分布, 是东海和南海较常见的优质经济鱼类^[2]。长期以来, 国内外市场将金钱鱼作为主要名贵水族观赏鱼类驯养, 由于金钱鱼颜色鲜艳斑斓、体态优美、肉质细嫩、味道鲜美、营养价值高, 且物种名具有富贵吉祥之意, 深受广大消费者喜爱。

金钱鱼不仅经济价值高, 而且性情温和, 环境适应性和抗病抗逆性极强, 极易驯养。经调查, 金钱鱼可以在海水、咸淡水和纯淡水不同类型的养殖环境中正常生长和发育。金钱鱼是以植食性为主、兼有肉食性的杂食性鱼类, 饵料食谱广, 这种

既有食性杂, 又有独特的温盐适应性的优良鱼种在我国海水鱼类养殖的物种中不多见, 适合我国南方港湾河口水域及各类咸、淡水池塘环境养殖。

随着近海经济活动加剧, 各种海洋工程建设和陆源污染物的排放等对近海和港湾河口渔业环境产生重大影响, 金钱鱼繁殖海区和种苗生长发育赖以生存的基本生态条件遭受破坏, 资源的再生能力下降, 金钱鱼种苗数量逐年减少, 远远不能满足生产发展的需要, 人工繁殖是解决养殖生产种苗不足矛盾最有效的措施之一, 而掌握性腺发育规律是进行鱼类人工繁殖的基础。但是, 目前金钱鱼的繁殖生物学研究资料很少, 关于金钱鱼性腺发育组织学方面的研究尚属空白。实验运用组织切片显微观测的方法对人工养殖金钱鱼的性腺发育进行了研究, 以期对金钱鱼生物学研究及其资源增殖和保护等积累基础资料。

收稿日期: 2012-11-20 修回日期: 2013-01-19

资助项目: 国家科技部“十二五”“科技支撑计划”(2011BAD13B00); 国家自然科学基金项目(41176109)

通信作者: 张俊彬, E-mail: jb-zhang@shou.edu.cn

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验所用的金钱鱼取自广东省阳江市的金钱鱼养殖场,从 2011 年 3 月至 2012 年 3 月逐月采集样品,2012 年 4 月至 2012 年 8 月补充采集样品,共采集金钱鱼 186 尾,其中雌性鱼 96 尾,雄性鱼 90 尾。

1.2 实验设计

首先对样品进行全长、体质量、性腺重,肝重的生物学指标测定。根据下式计算性腺成熟系数(GSI)和肝重指数(HSI):

$$\text{GSI}(\%) = \text{性腺质量} / \text{鱼体质量} \times 100$$

$$\text{HSI}(\%) = \text{肝脏质量} / \text{鱼体质量} \times 100$$

随后将分离出的性腺切小块,在 Bouin 氏液中固定 18 h,保存于 70% 的酒精中。实验时,从 80% 的酒精开始,梯度酒精脱水,精巢与非成熟期卵巢用二甲苯透明,石蜡包埋,切片厚度为 6 μm ;成熟期的卵巢用松油醇透明,切片厚度为 8 μm 。H. E 染色,中性树脂封片。用 Leica DM2500 正置显微镜观察,图像用配套的软件处理。

1.3 性腺分期

卵巢的分期及卵母细胞的时相划分参照传统的鱼类卵母细胞发育分期标准^[3-4],并结合实验的观察结果进行。卵巢发育各期的界定是根据卵巢切面中所占面积超过 50% 的卵母细胞的时相为准。

2 结果

2.1 卵母细胞发育的组织学观察

第 I 时相卵母细胞 位于上皮细胞附近。处于卵原细胞阶段,主要见于未成熟的卵巢。细胞形态不规则,呈三角、多角、圆、椭圆等形状。细胞体积较小,细胞质少且均匀,H. E 染色呈深蓝色,显强嗜碱性。核内染色质网状,H. E 染色呈红色,显嗜酸性。核仁多为 1 个,分布在核的中央或边缘(图版 I-1)。

第 II 时相卵母细胞 处于初级卵母细胞小生长期的细胞,细胞核和细胞质都有所增长。细胞体积增大。细胞呈多圆形或不规则形。第 II 时相早期的卵母细胞,细胞呈不规则形,胞质嗜碱性强,核圆形或椭圆形,核仁体积较大,多为 1 个。核质呈半弧状。在胞质中出现被染成深蓝色的团

块状结构卵黄核(图版 I-2)。中晚期的卵母细胞形状为多角圆形和圆形,体积增大,核仁数增多,大小不等。卵黄核在胞质中围绕细胞核,成环状分布。卵母细胞嗜酸性增强,嗜碱性减弱。卵母细胞外围出现单层滤泡膜(图版 I-3)。

第 III 时相卵母细胞 为进入大生长期的初级卵母细胞。细胞基本呈圆形。第 III 时相早期的卵母细胞滤泡膜仍为一层,呈不规则状。核周边缘胞质出现油滴,油滴大小不一(图版 I-4)。中期卵母细胞,卵细胞体积明显增大,核体积也增大,细胞质出现分层现象。核仁大部分紧贴核膜内缘分布,油滴数量增多,环行带状分布,并向胞质边缘扩展(图版 I-5)。晚期卵母细胞与核体积进一步增大。卵膜外又形成了 1 层滤泡膜,形成双层滤泡膜结构。细胞质 H. E 染色为浅紫色,呈弱嗜碱性(图版 I-6)。

第 IV 时相卵母细胞 为进入大生长期晚期的初级卵母细胞。早期卵母细胞,卵黄颗粒形成,油滴增多。细胞核发生不规则变形,卵核表面有许多放射状突起,出现放射膜(图版 I-7)。中期卵母细胞,卵母细胞体积迅速增大。细胞核体积减小,位于中央,一般无粗大核仁,核质 H. E 染色呈浅红色。核仁分布在核膜周围。细胞质充满了卵黄颗粒与油滴,并且卵黄颗粒与油滴均存在融合现象(图版 I-8)。放射膜变厚。晚期卵母细胞体积稍有缩小,油滴进一步融合,形成体积较大的油滴。核质缩小(图版 I-9)。

第 V 时相卵母细胞 为由初级卵母细胞经过成熟分裂向次级卵母细胞过度的阶段,是成熟卵母细胞。细胞核移至动物极核膜溶解,核仁消失。卵黄颗粒逐渐融合成板,油滴融合形成油球,卵膜增厚(图版 I-10)。

2.2 卵巢形态及发育分期

雌鱼卵巢拟三角形,前部较尖,后部略弧状,肝脏覆盖卵巢前半部,胆囊位于卵巢双叶中间;依据在卵巢切面中所占面积超过 50% 的卵母细胞的时相为准。将金钱鱼卵巢发育划分为 5 期:

第 I 期卵巢 一般出现在 2 月龄后的幼鱼中,卵巢前端呈细线状,透明,前端为黑色细线,被脂肪所包裹。肉眼无法分辨雌雄。显微镜下切片观察,主要为第 I 时相的卵原细胞。

第 II 期卵巢 一般 6 月龄后的金钱鱼卵巢会发育到这个时期,卵巢乳白色,中部明显膨大,

前段仍然为黑色细线,卵巢中的生殖细胞以Ⅱ时相卵母细胞为主。

第Ⅲ期卵巢 一般12月龄后的金钱鱼的卵巢会发育到这个时期,此时期的卵巢呈浅黄色或黄色,体积增大,为拟三角形(图1-a)。卵巢中的生殖细胞以Ⅲ时相卵母细胞为主。

第Ⅳ期卵巢 一般出现在18月龄后的金钱鱼中,卵巢膨胀,肉眼观察可见粒状卵子,卵巢中的生殖细胞以Ⅳ时相卵母细胞为主。

第Ⅴ期卵巢 一般出现在2⁺龄的金钱鱼中,卵巢内充满黄色的卵子,卵膜透明。卵巢中的生殖细胞以Ⅴ时相卵母细胞为主。

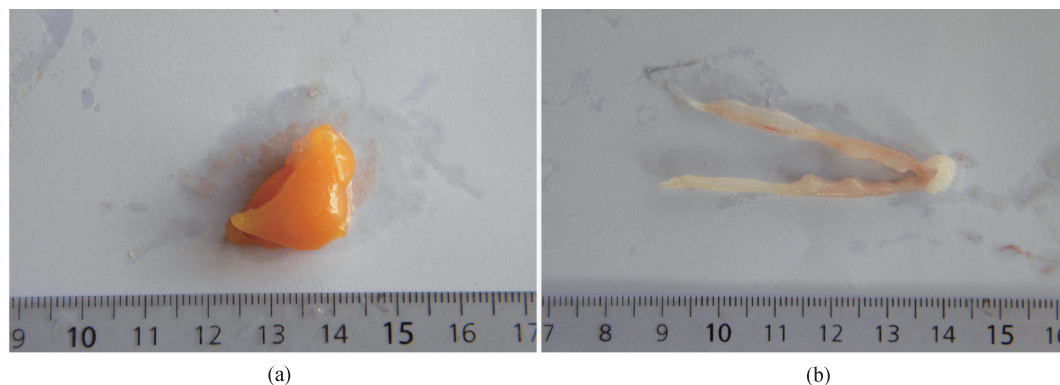


图1 金钱鱼性腺的外观形态

(a) Ⅲ期卵巢; (b) Ⅲ期精巢。

Fig 1 Gonads at stage III in *S. argus*

(a) the ovary at stage III; (b) the testis at stage III.

2.3 精巢形态及发育的组织学观察

雄鱼精巢长囊状,大部分成对同形,也存在成对但不同形,一侧偏大的情况,基本为横向的“Y”型。根据金钱鱼精巢发育过程中生精细胞变化过程及其特点,将金钱鱼精巢发育划分为5个时期:

第Ⅰ期 精原细胞增殖期 精巢为细线状,被脂肪包被,与Ⅰ期卵巢无法区分。一般出现在2月龄后的幼鱼中,精巢内的生殖细胞主要为精原细胞。精原细胞体积最大,圆形或椭圆形,核位于中央,核膜明显,核中央有一个核仁。早期精原细胞分散排列(图版Ⅱ-1)。精原细胞成束排列。实为精小管的雏形。

第Ⅱ期 精母细胞生长期 精巢体积变大,前部为扁平细带状,后部成半透明状囊状(图版Ⅱ-2)。一般出现在7月龄后的金钱鱼中。切片观察精小管已经形成,出现管腔,精小管中可观察到精原细胞,初级精母细胞及次级精母细胞。其中初级精母细胞的量最多。初级精母细胞直径比精原细胞小,核内染色质丰富,染色质浓缩成团块状。染色比精原细胞深,呈嗜碱性。胞质表现为嫌色性,H.E染色淡,较精原细胞胞质不明显。

第Ⅲ期 精母细胞成熟期 精巢呈浅黄色,

体积变大(图1-b)。一般13月龄后的金钱鱼精巢会发育到这个时期。切片观察,精小管内主要由次级精母细胞构成,还有部分初级精母细胞,精子细胞。次级精母细胞细胞质很少,核膜消失,核的嗜碱性比初级精母细胞强(图版Ⅱ-3)。

第Ⅳ期 精子细胞变态期 精巢呈乳白色,较Ⅲ期精巢更加饱满。一般19月龄后的金钱鱼精巢会发育到这个时期。切片观察精小管中出现了精子细胞及精子,精子细胞的核更小,圆形或椭圆形,无明显细胞质,只有强嗜碱性的细胞核。当精小囊内精子细胞发育为成熟精子时,精小囊便破裂(图版Ⅱ-4)。

第Ⅴ期 精子成熟期 精巢体积达到最大,饱满且基本呈白色。一般出现在2⁺龄的金钱鱼中切片观察精巢精小管管腔扩大,精子细胞经变态成为成熟的精子,精小囊的体积增大,充满精子的精小囊破裂,精子排入到管腔,使管腔中充满大量的精子,H.E染色呈深紫色(图版Ⅱ-5)。

2.4 性腺成熟系数,肝重指数的变化

实验发现,2⁺金钱鱼性腺开始发育成熟,初次性成熟的雌鱼全长20.9~23.1 cm,体质量330.2~445.3 g。性成熟的雄鱼全长16.3~20.1 cm,体质量200.5~260.8 g。在第一次性成熟周

期内,金钱鱼雌鱼卵巢 GSI 值呈快速升高的趋势,在卵巢发育到 V 期时达到峰值,平均值为 13.1 ($n = 18$) (表 1)。雄鱼 GSI 值升高趋势相对平缓,GSI 值在精巢发育到 V 期时出现最高峰值,平均值为 1.3 ($n = 17$) (表 2)。

金钱鱼雌鱼 HSI 值随着卵巢的发育呈现升高趋势,在卵巢发育到 III 期时有所下降,卵巢发育到 IV 期时 HSI 值出现最高峰值,平均值为 3.0 ($n = 18$)。随后开始下降(表 1)。雄鱼的 HSI 值在精巢发育过程中呈升高趋势,直到精巢发育到 IV 期时达到峰值,平均值为 3.1 ($n = 17$),随后开始下降(表 2)。

表 1 雌性金钱鱼各阶段卵巢发育特征
Tab.1 Ovarian development in *S. argus*

发育时期 development stage	全长/cm total length	体质量/g body weight	卵巢重量/g ovary weight	肝重/g liver weight	性腺成熟系数/% GSI	肝重指数/% HSI
I	8.9 ± 0.8	19.8 ± 5.3	—	0.3 ± 0.1	—	1.8 ± 0.4
II	16.2 ± 2.0	129.6 ± 28.4	2.5 ± 1.1	3.4 ± 0.8	2.0 ± 0.8	2.6 ± 0.5
III	20.1 ± 1.4	244.5 ± 44.3	10.2 ± 3.4	6.1 ± 2.0	4.1 ± 1.9	2.4 ± 0.4
IV	20.9 ± 1.0	283.3 ± 29.4	23.3 ± 5.0	8.4 ± 1.1	8.1 ± 1.4	3.0 ± 0.6
V	21.8 ± 0.7	387.2 ± 56.2	54.6 ± 3.5	11.3 ± 3.2	13.1 ± 1.8	2.6 ± 0.4

注: I 期性腺太小难以分离,无法称量。
Notes:the ovary of the phase I is too small to be weighed.

表 2 雄性金钱鱼各阶段精巢发育特征
Tab.2 Testicular development in *S. argus*

发育时期 development stage	全长/cm total length	体质量/g body weight	精巢重量/g testis weight	肝重/g liver weight	性腺成熟系数/% GSI	肝重指数/% HSI
I	8.8 ± 0.8	19.5 ± 7.1	—	0.3 ± 0.2	—	1.6 ± 0.2
II	13.4 ± 0.5	83.5 ± 21.2	0.2 ± 0.1	2.2 ± 0.6	0.2 ± 0.0	1.9 ± 0.2
III	16.3 ± 0.6	143.2 ± 18.6	0.5 ± 0.1	3.6 ± 1.3	0.3 ± 0.0	2.5 ± 0.3
IV	17.6 ± 0.9	206.3 ± 30.3	1.3 ± 0.3	6.2 ± 1.1	0.6 ± 0.1	3.1 ± 0.5
V	18.3 ± 1.5	233.0 ± 26.1	2.9 ± 0.8	5.2 ± 0.6	1.3 ± 0.2	2.1 ± 0.2

注: I 期性腺太小难以分离,无法称量。
Notes:the testis of the phase I is too small to be weighed.

达到性成熟后的金钱鱼雌鱼的 GSI 在采样月份 5-7 月时达到峰值,平均值为 12.3 ($n = 18$)。8-10 月有所下降,平均值为 9.4 ($n = 16$)。11-1 月持续下降,平均值为 6.7 ($n = 14$)。2-4 月有所回升,平均值为 9.7 ($n = 15$) (图 2)。

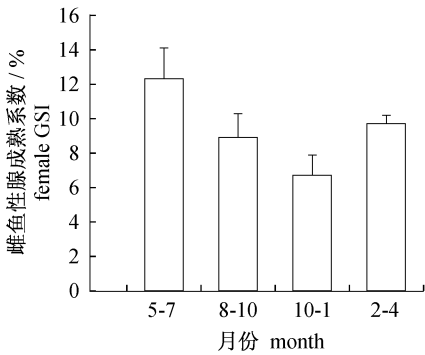


图 2 性成熟的金钱鱼雌性鱼 GSI 的季节变化
Fig.2 Seasonal variation of gonadosomatic index variation in mature female *S. argus*

3 讨论

3.1 金钱鱼卵母细胞发育及卵黄物质特点

金钱鱼的第 I 时相卵原细胞和第 II 时相初级卵母细胞的学特征也与其他硬骨鱼类相似。卵母细胞发育到第 III 时相时在细胞核周开始出现油滴。在随后的发育中,油滴数量增多,体积增大,并向胞质外缘扩展。这与刀鲚(*Coilia nasus*)^[5]、黑鲷(*Sparus macrocephalus*)^[6]、鳙(*Ilisha elongata*)^[7]等海水鱼类相同,而不同于在一些鲱科鱼类中发现的油滴出现在第 II 时相的中后期,如银鲱(*Stromateoides argenteus*)^[8]和灰鲱(*Stromateoides cinereus*)^[9]等。

鱼类卵母细胞的成熟过程中有 3 种不同类型的卵黄,即皮质液泡(含碳水化合物卵黄)、蛋白卵黄颗粒和脂质卵黄滴^[10]。实验结果表明,金钱鱼的卵黄物质主要是油滴和卵黄颗粒,未发现皮

质液泡。油滴出现的比卵黄颗粒早,可认为金钱鱼卵母细胞的卵黄积累方式为先油球(脂肪泡),后卵黄球的顺序。这有别于鳗鲡(*Anguilla japonica*)^[11],半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis*)^[12],鲮(*Mugil cephalus*)^[13]等的卵黄积累方式。实验还发现在金钱鱼Ⅳ时相卵母细胞中,卵黄颗粒融合成板状,卵母细胞中充满卵黄颗粒与油滴,且二者分布较均匀。这与刀鲚Ⅳ时相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^[5];条斑星鲽(*Verasper moseri*)^[14]、虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)^[15]等的Ⅳ时相卵母细胞内充满卵黄颗粒的特征有所不同。造成以上这些差异的原因可能是由于物种之间的差异所致,具体的生物学意义还有待进一步研究。

在Ⅳ期卵巢以后的卵巢切片中观察到发生闭锁的卵母细胞。这种卵母细胞,卵膜增生变厚,核仁发生破裂(图版Ⅰ-11)。这种现象在泰山螭霖鱼(*Varicorhinus macrolepis*)^[16],细鳞鱼(*Brachymystax lenok*)^[17]中也存在。发生闭锁是卵巢生殖力下降,卵母细胞发育异常的表现^[12]。产生闭锁现象的原因有多方面:可能是外界环境改变引起,可能是机体自身正常的调节机制导致的;也可能是卵巢在发育过程中必需的营养物质的缺乏等。

3.2 产卵类型

根据卵母细胞的发育情况,大多数硬骨鱼类的卵巢发育模式可分为同步发育、分组同步发育和非同步发育3种类型^[18-19]。随之产卵类型也可分为3种类型:完全同步型、分批同步型及分批非同步型。

在金钱鱼Ⅳ期卵巢中除了Ⅳ期卵母细胞外还存在一定数量的Ⅱ时相与Ⅲ时相的卵母细胞,Ⅴ期卵巢中,除了Ⅴ时相卵母细胞外,还有一定数量的Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ时相卵母细胞,卵母细胞发育呈现非同步型,并且发现在产完卵后的卵巢中,除空的滤泡(图版Ⅰ-12)外还有一定数量的Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ时相卵母细胞,因此推测金钱鱼的产卵类型为分批非同步产卵类型。与鲢(*Engraulis japonicus*)^[20],条石鲷(*Oplegnathus fasciatus*)^[21]相似。这个结果也与蔡泽平等^[1]的研究结果相一致。另外在生产实践中发现,金钱鱼在繁殖期内5月份通过人工催产产完一批卵后,在9月份时其卵巢可再次

发育成熟,具备再次产卵的能力,这也进一步验证了我们的推测。

3.3 金钱鱼精巢特点

硬骨鱼类的精巢结构和精子发生在国内已有许多报道^[22-24],但是未见有关于金钱鱼方面的研究。实验结果表明在精子发生过程中,金钱鱼生殖细胞主要经历了3个阶段:精原细胞分化成精母细胞,精母细胞转化成精子细胞,精子细胞转化为精子,与其他硬骨鱼类相似。

鱼类精巢的结构可分为两大基本类型:叶状,很多鱼类都属此类型;管状,一般为鲈形目所特有^[25]。管型精巢的精原细胞仅存在于精小管的盲端,在发育过程中,精小囊将向输出管方向迁移,同时发生分化,因而,成熟精子只存在于靠近输出管的部位^[26]。从金钱鱼精巢切片中可观察到,管状结构有规律的定向排列(图版Ⅱ-6),精原细胞存在于管的顶端,与管型精巢的特征相似。但同时还观察到,在Ⅳ期精巢中精小管管腔中亦存在成熟精子,这表明成熟精子并不仅存在于靠近输出管的部位。精小囊在迁移的过程中,当精小囊内精子细胞发育为成熟精子时,精小囊便破裂,释放精子到管腔中。这说明金钱鱼的精巢与典型的管状精巢不尽相同。

3.4 性腺发育与性腺成熟系数、肝重指数之间的关系

性腺成熟系数和肝重指数是衡量鱼类性腺发育的重要数量指标。GSI的变化能够直接反映鱼类性腺的生长、发育情况。金钱鱼的GSI值在Ⅴ期卵巢和Ⅴ期精巢都达到高峰,单独从平均值来看,此时期卵巢的GSI值是精巢GSI值的10倍,而且金钱鱼雌鱼的生长速度要明显快于雄鱼,故同龄雌鱼的体质量远大于雄鱼。因此建议,在其人工催产时,可采用一雌多雄的催产方式,提高受精率。

HSI值与卵黄发生有关,它是衡量鱼类肝脏卵黄蛋白合成水平和摄食情况的重要指标。雌性金钱鱼的HSI值在卵巢发育到Ⅳ期时达到高峰,这说明在繁殖前的阶段肝脏迅速生长,积累能量。Ⅴ期卵巢时HSI值有所下降,这可能是到金钱鱼繁殖期时,也就是卵黄物质积累的高峰期,肝脏提供了性腺发育所需的主要能量,消耗较大。雄性金钱鱼的HSI值变化趋势与雌性金钱鱼相似,雄鱼的HSI值在精巢发育到Ⅳ期时达到高峰,随后

下降。由于雄鱼中不存在卵黄蛋白原的合成和转移,所以金钱鱼雄鱼中出现的与雌鱼相似的 HSI 值变化趋势有待进一步的研究。

参考文献:

[1] 蔡泽平,王毅,胡家玮,等. 金钱鱼繁殖生物学及诱导产卵试验 [J]. 热带海洋学报, 2010, 29 (5): 180 - 185.

[2] 兰国宝,阎冰,廖思明,等. 金钱鱼生物学研究及回顾 [J]. 水产科学, 2005, 24 (7): 39 - 40.

[3] 楼允东. 组织胚胎学 [M]. 2 版. 北京:中国农业出版社, 1996: 131 - 137.

[4] 刘筠. 养殖鱼类繁殖生理学 [M]. 北京:农业出版社, 1993: 23 - 32.

[5] 徐钢春,万金娟,顾若波,等. 池塘养殖刀鲚卵巢发育的形态及组织学研究 [J]. 中国水产科学, 2011, 18 (3): 537 - 546.

[6] 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.

[7] 倪海儿,杜立勤. 东海鲟卵巢发育的组织学观察 [J]. 水产学报, 2001, 26 (4): 317 - 325.

[8] 龚启祥,倪海儿,李伦平,等. 东海银鲟卵巢周年变化的组织学观察 [J]. 水产学报, 1989, 13 (4): 316 - 321.

[9] 施兆鸿,罗海忠,高露娇,等. 灰鲟卵巢发育的组织学研究 [J]. 海洋水产研究, 2006, 27 (4): 1 - 5.

[10] Mayer I, Shackley S E, Ryland J S. Aspect of the reproductive biology of the bass, *Dicentrarchus labax* L. I. an histological and histochemical study of oocyte development [J]. Journal of Fish Biology, 1988, 33 (4): 609 - 622

[11] 林鼎,林浩然. 鳊繁殖生物学研究 III. 鳊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.

[12] 柳学周,徐永江,刘乃真,等. 半滑舌鳎卵巢发育的组织学和形态数量特征研究 [J]. 渔业科学进展, 2009, 30 (6): 25 - 35.

[13] 方永强,林君卓,翁幼竹,等. 池养鳊的卵巢发育和卵子发生过程 [J]. 水产学报, 2004, 28 (4): 353 - 359.

[14] 倪娜,柳学周,徐永江,等. 条斑星鲽卵巢发育规律和性类固醇激素周年变化研究 [J]. 渔业科学进展, 2011, 32 (3): 16 - 25.

[15] 蔡海瑶,张艳萍,娄忠玉,等. 虹鳟卵巢发育的组织学研究 [J]. 甘肃农业大学学报, 2011, 46 (2): 17 - 22.

[16] 董玉兰. 泰山鲈鱼卵巢发育与性激素水平在年周期中变化规律的研究 [D]. 泰安:山东农业大学, 2003.

[17] 牟振波,徐革锋,杨双英. 细鳞鱼卵巢滤泡细胞的发育及功能 [J]. 中国水产科学, 2008, 15 (1): 167 - 171.

[18] Wallace A R, Selman K. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts [J]. American Zoologist, 1981, 21 (2): 325 - 343.

[19] Murua H, Saborido-Rey F. Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. [J]. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science, 2003, 33 (1): 23 - 31.

[20] 马健,赵宪勇,朱建成,等. 黄海鲈鱼的卵巢发育 [J]. 渔业科学进展, 2009, 30 (6): 7 - 17.

[21] 张凤萍,柳敏海,彭志兰,等. 条石鲟卵巢发育的组织学研究 [J]. 大连水产学院学报, 2010, 25 (2): 102 - 106.

[22] 田照辉,胡红霞,白燕,等. 水泥池养殖香鱼性腺发育的观察 [J]. 水产科学, 2007, 26 (11): 593 - 596.

[23] 章龙珍,江琪,庄平,等. 长鳍篮子鱼繁殖季节性腺的组织学研究 [J]. 水产科学, 2009, 31 (2): 113 - 119.

[24] 林君卓,翁幼竹,方永强,等. 鳊鱼精子发生的组织学研究 [J]. 台湾海峡, 2001, 20 (1): 57 - 60, 136.

[25] 施琅芳. 鱼类生理学 [M]. 北京:农业出版社, 1991: 290 - 291.

[26] Billard R. Spermatogenesis and spermatogenesis of some teleost fish species [J]. Reproduction Nutrition Development, 1986, 26 (4): 877 - 920.

Histological study on the gonadal development of *Scatophagus argus*

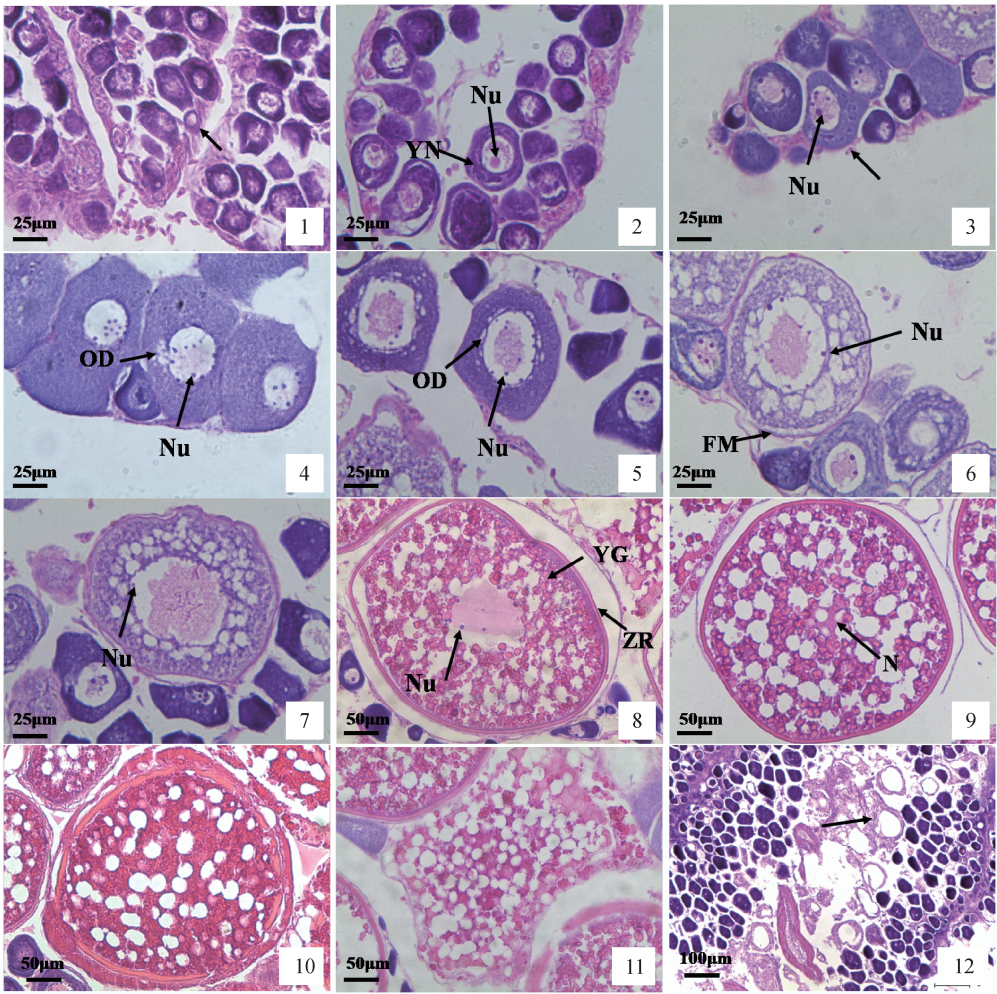
CUI Dan, LIU Zhiwei, LIU Nanxi, ZHANG Yingying, ZHANG Junbin*

(College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: The fish spotted scat *Scatophagus argus*, as a new resource of marine aquaculture, is popularized in South China in recent years. Studies on the gonadal development can provide the theoretical knowledge for the artificial propagation of *Scatophagus argus*. Generally, after two years of growth, some individuals can reach sexual maturation in the south of China. In this study, histological observation of gonads was performed based on paraffin section technique and HE staining method. The linear alignments of tubular structures are observed in the testis, which indicates that the testis of the *Scatophagus argus* belongs to the tubular type. The development of testis may be divided into 5 stages, i. e. multiplication of spermatogonial cells, growth of spermatocytes, maturation of spermatocytes, emergence of spermatoblasts, maturation of spermatozoa, etc. The average gonado somatic index of the testis was between 0.2% and 1.5%. The gonado somatic index (GSI) reached the peak at the stage V, and the peak of hepato somatic index (HSI) was observed at the stage IV. The oocyte development was divided into 5 phases and ovary development consisted of 5 stages accordingly. The average gonado somatic index of the testis was between 1.2% and 14.5%. The gonado somatic index (GSI) reached the peak value at the stage V and the peak of hepato somatic index (HSI) was found in stage IV. The yolk nucleus and follicle membrane are observed at phase II of oocyte. The number of yolk granules and oil droplets increased rapidly at the phase III, and subsequently yolk granules fused into pieces at the phase IV. Apart from a large number of oocytes at the phase V, there are still many oocytes of phase II, III and IV in ovaries at the stage V. The similar condition was also found in ovaries after spawning. It indicates that oocyte development in *Scatophagus argus* is asynchronous.

Key words: *Scatophagus argus*; gonadal development; ovary; testis

Corresponding author: ZHANG Junbin. E-mail: jb-zhang@shou.edu.cn

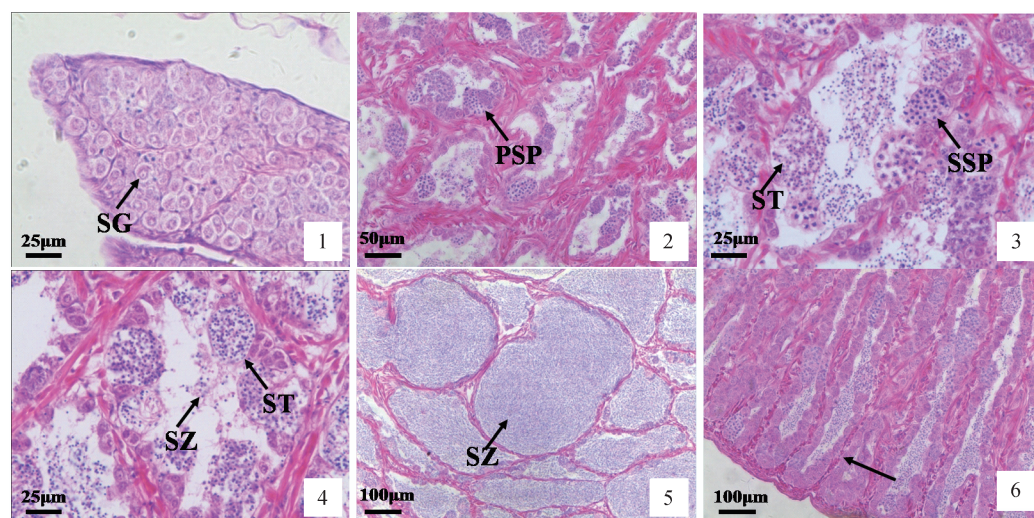


图版 I 金钱鱼不同时相卵母细胞发育形态特征

1. 第Ⅰ时相卵母细胞,黑色箭头所示卵原细胞,×400; 2. 第Ⅱ时相早期卵母细胞,×400; 3. 第Ⅱ时相中期卵母细胞,黑色箭头所示,×400; 4. 第Ⅲ时相早期卵母细胞,×400; 5. 第Ⅲ时相中期卵母细胞,×400; 6. 第Ⅲ时相晚期卵母细胞,×400; 7. 第Ⅳ时相早期卵母细胞,×400; 8. 第Ⅳ时相中期卵母细胞,×200; 9. 第Ⅳ时相晚期卵母细胞,×200; 10. 第Ⅴ时相卵母细胞,×200; 11. 有闭锁现象的卵母细胞,×200; 12. 产卵后的卵巢,黑色箭头所示为空的滤泡膜,×100。
N. 核; YN. 卵黄核; OD. 油滴; FM. 滤泡膜; ZR. 放射膜; YG. 卵黄颗粒; Nu. 核仁。

Plate I Characteristics of oocyte cells at different stages in *S. argus*

1. oocyte at the phase I ,black arrow showing oogonia, ×400; 2. oocyte at the early phase II , ×400; 3. black arrow showing the oocyte at the middle phase II , ×400; 4. oocyte in the early phase III , ×400; 5. oocyte at the middle phase III , ×400; 6. oocyte at the late phase III , ×400; 7. oocyte at the early phase IV , ×400; 8. oocyte in the middle phase IV , ×200; 9. oocyte at the late phase IV , ×200; 10. oocyte at the phase V , ×200; 11. hydration observed in the oocyte, ×200; 12. the ovary after spawning,black arrow showing the empty follicle membrane, ×100.
N. nucleus; YN. yolk nucleus; OD. oil droplet; FM. follicle membrane; ZR. zona radiata; YG. yolk granules; Nu. nucleolus.



图版 II 精巢发育分期的形态特征

1. 精原细胞增殖期, 箭头示精原细胞, $\times 400$; 2. 精母细胞生长期, 箭头示初级精母细胞, $\times 200$; 3. 精母细胞成熟期, 箭头示次级精母细胞, 精子细胞, $\times 400$; 4. 精子细胞变态期, 箭头示精子细胞, 精子, $\times 400$; 5. 精子成熟期, $\times 100$; 6. 辐射排列的精小管, $\times 100$ 。
SG. 精原细胞; PSP. 初级精母细胞; SSP. 次级精母细胞; ST. 精子细胞; SZ. 精子。

Plate II Characteristics of testis at different stages

1. multiplication phase of spermatogonia, showing spermatogonia, $\times 400$; 2. growth phase of spermatocytes, showing primary spermatocyte, $\times 200$; 3. maturation phase of spermatocytes, showing secondary spermatocyte, spermatid, $\times 400$; 4. initial appearance of spermatoblast, showing spermatocyte, spermatozoa, $\times 400$; 5. complete maturation of spermatozoa, $\times 100$; 6. seminiferous tubule, $\times 100$.
SG. spermatogonia; PSP. primary spermatocyte; SSP. secondary spermatocyte; ST. spermatid; SZ. spermatozoa.