

## 中西太平洋鲉卵巢发育特征

官领芳<sup>1</sup>, 许柳雄<sup>1,2,3</sup>, 管卫兵<sup>1,2,3\*</sup>, 朱国平<sup>1,2,3</sup>, 李莹春<sup>1</sup>

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306;

2. 上海海洋大学大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室, 上海 201306;

3. 上海海洋大学大洋生物资源开发和利用上海市高校重点实验室, 上海 201306)

**摘要:** 根据2007年10月-2008年1月在中西太平洋采集的140个卵巢样本, 利用组织学分析方法, 研究了鲉卵巢的发育过程, 详细描述了鲉卵巢、卵细胞的发育阶段。结果表明:(1) 组织学上, 鲉的卵细胞发育过程分为6个时相, 与之对应的, 卵巢发育过程分为6个时期。(2) 鲉属于不同步产卵类型, 卵巢内会同时出现不同时相的卵细胞。(3) 传统鉴定方法用于鲉卵巢发育状况时, 存在不足之处, 与组织学分析的结果差别较大, 尤其是VI期的差别最大。(4) 调查海域的鲉至少有两个产卵高峰期, 一个高峰期是11月底(12月初), 另一个高峰期是12月底(1月初)。

**关键词:** 鲉; 卵巢; 中西太平洋

**中图分类号:** Q 959.4; S 917

**文献标识码:** A

鲉 (*Katsuwonus pelamis*) 为高度洄游性鱼种, 主要分布于太平洋、印度洋及大西洋的热带地区<sup>[1]</sup>。中西太平洋金枪鱼渔业中, 鲉产量最高<sup>[2]</sup>, 在金枪鱼渔业中的具有重要地位。国外<sup>[3-11]</sup>及傅信钦等<sup>[11]</sup>对鲉的卵巢发育特征开展了相关研究, 国内只有叉长、体重等种群结构分析<sup>[12-14]</sup>, 卵巢发育情况尚未见到相关报道。TIMOHINA 等<sup>[10]</sup>结论相差较大, 造成在研究不同海域鲉的生殖力、初次性成熟体长等繁殖学指标时不能进行有效对比。近年来, 鲉的资源状况、评估及渔业可持续发展逐渐引起重视, 卵巢发育特征的清楚认识直接决定了资源评估的准确性, 因此对鲉卵巢发育特征的研究具有重要意义。

本文从组织学角度证明了鲉的产卵类型, 详细描述了鲉卵巢发育特征, 分析了不同结论的差异, 对比了传统方法与组织学方法的优劣, 以期对改进鲉卵巢分期方法提供参考依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 采样时间和地点

所有样本均来自中西太平洋图1作业的金枪鱼围网渔船, 根据生产经验确定调查洋区。调查时间为2007年10月至2008年1月, 调查海域为03°00'N~03°48'S, 152°14'E~163°23'E, 测量274尾鲉的叉长、体重、去内脏重、卵巢重, 肉眼鉴定性腺成熟度并采集卵巢样本140个。调查船为上海开创远洋渔业公司所属的金枪鱼围网渔船“POHNPEI 1号”和“金汇7号”。

#### 1.2 样本测量和数据处理

各作业点随机取样并测量鲉1~21尾, 按照《海洋调查规范》<sup>[15]</sup>, 使用精度为1 mm的钢卷尺测量叉长; 使用精度为5 g的电子秤测量体重、纯重; 使用精度为2 g的药秤测量卵巢重。测定其叉长、体重、性腺重和去内脏重。个体解剖后鉴定性别, 采用I~VI期法鉴定卵巢成熟度。取小块

收稿日期:2010-12-07 修回日期:2011-02-17

资助项目:国家“八六三”高技术研究发展计划(2007AA092202);上海市科委重点攻关项目(073205110);上海市重点学科建设项目(S30702)

通讯作者:管卫兵, E-mail: wbguan@shou.edu.cn

卵巢保存于10%中性福尔马林溶液中,以备组织学观察。

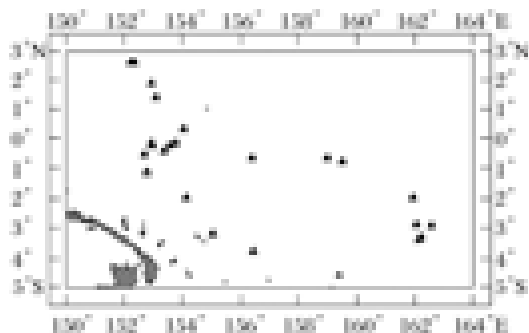


图1 取样位置

▲表示鲣取样位置。

Fig. 1 Sampling locations

▲ showing locations of the areas of female skipjack where gonad were obtained.

卵巢成熟系数使用公式  $GSI(1) = W_g/W_b \times 10^2$  [ $W_g$ 为性腺重量(g); $W_b$ 为鲣体重,(g)], $GSI(2) = W_g/FL^3 \times 10^4$  [ $W_g$ 为性腺重量(g); $FL$ 为个体叉长(cm)]。

### 1.3 实验方法

卵巢样本采用常规石蜡切片处理,切片(厚度7  $\mu\text{m}$ ),苏木精-伊红(H. E)染色,中性树胶封片保存,Olympus BX-51型显微镜观察拍照。

## 2 结果

### 2.1 卵细胞的发育

根据组织学观察,将鲣的卵细胞发育过程分为6个时相。各个时相的特征如下。

I时相:卵径范围为26.35~48.84  $\mu\text{m}$ ,细胞质少,染色深;细胞核几乎布满整个细胞,近乎无色,核质无边缘,可见有丝分裂的各种图像(图版I-1~2)。

II时相:卵径范围42.91~116.47  $\mu\text{m}$ ,核仁多个,大多数紧贴核膜内缘,部分位于核质内。细胞质增加,嗜碱性减弱,颜色较前一阶段浅;细胞核在整个细胞中的比例缩小,染色浅;核质集中在核中央,与核膜间存在环形空隙。细胞外出现一层滤泡细胞(图版I-3)。

III时相:卵径范围242.00~629.11  $\mu\text{m}$ 。细胞质内出现卵黄囊。细胞核呈规则圆形,位于细胞中央;核质充满整个细胞核。滤泡细胞由一层变为两层。在卵细胞和滤泡细胞层之间出现一薄

层非细胞结构的放射膜(图版I-4)。

IV时相:早期时,卵径范围569.79~789.78  $\mu\text{m}$ ,开始积累卵黄,细胞膜与细胞核之间出现卵黄,染色成较深环带,脂肪小泡散布于整个细胞质中(图版I-d)。晚期时,卵径范围875.06~1198.74  $\mu\text{m}$ ,细胞内充满卵黄颗粒,染色为深红色;内缘靠近细胞核分布脂肪空泡。放射膜增厚(图版I-5)。

V时相:卵径范围1179.40~2138.44  $\mu\text{m}$ ,脂肪空泡相互融合,细胞核周围出现几个大的空泡。随后几个大的空泡融合为一个,靠近细胞核,其卵径范围与细胞核相当,细胞核偏移向动物极。卵黄颗粒相互融合形成板状。卵细胞体积增加明显。这时卵细胞已经成熟,即将排出(图版I-6~7)。卵细胞排出后,滤泡细胞层萎缩,形成一个空腔。

VI时相:成熟卵细胞并不是全部排出,部分未排出的成熟卵细胞被重新吸收。初期,卵细胞内卵黄球与油滴因吸收作用遭受破坏呈现消融状且核仁消失,辐射带变为不规则消融状,卵细胞嗜酸性形状不规则且。末期,细胞内出现空泡,卵黄消失,剩一个或多个空腔结构,细胞进一步萎缩得更小(图版I-8~9)。

### 2.2 卵巢发育

卵巢发育的组织学变化 与卵细胞发育的6个时相对应,将鲣卵巢发育过程分为6个时期。

I期:卵巢紧贴身体,肉眼不能分辨雌雄。切片观察,单层卵原细胞嵌于其中,成“S”形排列,卵细胞数目不断增加,密集成细胞团结构。主要为I时相卵母细胞(图版II-1),该时期卵巢在鲣一生中只出现一次。II期:卵巢在大小和重量上没有明显变化,可以区别出不同的卵。此时出现II时相、III时相卵母细胞。(图版II-2)。第一个成熟周期内,该期由I期卵巢发育形成,鲣第一次排卵后,由VI期卵巢再次发育至II期。III期:肉眼观察卵巢体积增大,卵粒互相粘成团状。组织学观察卵细胞开始细胞质的积累,出现卵黄囊,III时相、IV时相卵母细胞同时存在(图版II-3)。IV期:卵巢体积明显增大,颜色加深,占据腹腔的大部分,卵粒很容易分离,主要为IV时相卵母细胞,少量III、V、VI时相卵母细胞(图版II-4)。V期:鲣腹部明显增大,挤压有卵液流出。卵粒明显,放置

于固定液中卵粒游离脱落。主要为V时相卵母细胞,少量VI时相卵母细胞。排卵后不久的卵巢内可见皱缩的空滤泡。刚排卵后不久的卵巢,出现VI时相初期卵细胞,该期卵细胞布满卵黄颗粒,边缘皱缩不规则,直径范围227.00~774.56 μm。这时期卵巢的特征是出现所有时期的卵母细胞(图版II-5)。VI期:卵巢萎缩,松弛。主要VI时相卵母细胞,VI晚期卵细胞特征明显。

**卵巢发育时的个体特征** 从表1可知,随着发育期的提高,鲷个体叉长和体重逐渐增大,卵巢重量和卵巢成熟系数会有明显变化。I期时性腺未发育,非常小,重量无法测量。II期时卵巢重范围为1~435 g,平均29.10 g;GSI(1)范围

0.10~11.81,平均0.87;GSI(2)范围0.17~24.08,平均1.64。III期卵巢重范围2~89 g,平均21.91 g;GSI(1)范围0.21~3.03,平均0.91;GSI(2)范围0.38~5.78,平均1.68。IV期卵巢重范围3~188 g,平均70.63 g;GSI(1)范围0.27~4.76,平均2.05;GSI(2)范围0.44~9.42,平均3.99。V期卵巢重范围2~215 g,平均63.23 g;GSI(1)范围0.24~6.97,平均2.08;GSI(2)范围0.40~11.79,平均3.67。VI期卵巢重范围8~125 g,平均41.88 g;GSI(1)范围0.57~2.82,平均1.28;GSI(2)范围0.97~5.85,平均2.54。

表1 2007年10月-2008年1月中西太平洋雌性鲷卵巢发育期特征

Tab.1 Characteristics of different stages of female skipjack from WCPO from October 2007 to January 2008

发育期 stage	尾数 (ind) number	个体叉长(mm) fork length		体重(g) body weight		卵巢重(g) gonad weight		卵巢成熟系数 GSI	
		范围 range	平均 average	范围 range	平均 average	范围 range	平均 average	范围 range	平均 average
		I	3	279~396	342.00	395~1 225	762.00	-	-
II	75	309~728	431.47	495~9 905	1 751.67	1~435	29.10	0.10~11.81(1) 0.17~24.08(2)	0.87(1) 1.64(2)
III	22	374~577	467.95	1 005~4 220	2 167.67	2~89	21.91	0.21~3.03(1) 0.38~5.78(2)	0.91(1) 1.68(2)
IV	21	404~683	511.84	1 250~7 305	3 150.26	3~188	70.63	0.27~4.76(1) 0.44~9.42(2)	2.05(1) 3.99(2)
V	13	368~613	509.84	930~4 680	2 878.15	2~215	63.23	0.24~6.97(1) 0.40~11.79(2)	2.08(1) 3.67(2)
VI	7	435~598	504.00	1 510~4 825	2 870.71	8~125	41.88	0.57~2.82(1) 0.97~5.85(2)	1.28(1) 2.54(2)

### 2.3 卵巢成熟系数的时间变化

2007年10月22日至2008年1月2日取样的21 d内,鲷卵巢成熟系数的日平均值呈现明显波动趋势(图2)。10月中下旬至11月上旬,卵巢成熟系数[GSI(2)]较平稳,基本在0.5至2之间。11月底(12月初)时出现两个高峰,最低点接近2,最高达到10,普遍超过4。12月中下旬时,卵巢成熟系数下降,在0至2之间。12月底(1月初)时另一个高峰形成,逐渐超过3,并达到4以上,接近6。

## 3 讨论

### 3.1 卵母细胞发育的特征

卵巢发育的研究首先涉及卵母细胞发育过程

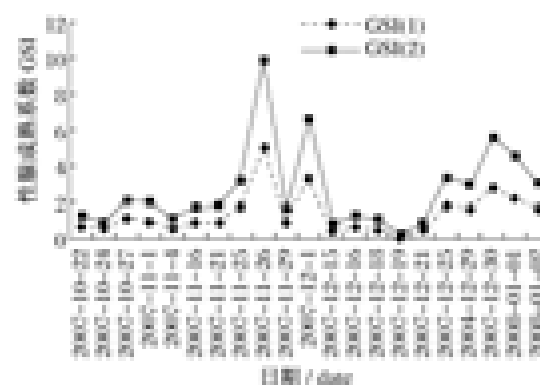


图2 2007年10月22日至2008年1月2日  
鲷卵巢成熟系数的日平均值

Fig.2 Average GSI of each day from  
Oct. 22th 2007 to Jan. 2nd 2008

及发育分期。不同研究人员对鳀不同时相卵母细胞所采用的标准不同。TIMOHINA 等<sup>[10]</sup>根据营养物质的积累和滤泡的发育将鳀卵细胞发育分为细胞核变化期(偶线期)、原生质生长期、营养质生长期、成熟期。原生质生长期又分为初生长期和单层滤泡细胞期,营养质生长期又分为脂肪积累和空泡形成期、卵黄积累初期、卵黄积累强化期、卵黄充满期。成熟期分为脂肪结合期和水合期。傅信钦等<sup>[11]</sup>将卵细胞分为染色质核仁卵细胞期、周边核仁卵细胞期、前卵黄卵细胞期、卵黄卵细胞期、水卵期及退化期。SCHAEFER<sup>[9]</sup>研究中美太平洋黑鲷(*Euthynnus lineatus*)时将卵细胞发育分成初级卵母细胞、早期核仁外周阶段、晚期核仁外周阶段、次级生长阶段及成熟阶段几个时期。我国常用的分期方法一般是将卵细胞发育过程分为6个时相,与卵巢发育的6个时期相对应<sup>[16]</sup>,本文采用的是这种分期方法。

### 3.2 鳀卵巢发育的特征

粗略来讲,鳀等金枪鱼鱼类卵巢的发育经过“未发育—发育—排卵—发育休止”的过程,发育阶段又可以分为发育早期和发育晚期。发育早期时大部分卵细胞内细胞质较少,没有出现卵黄颗粒;晚期时,较多卵细胞充满丰富的细胞质,呈现深红色。

不同的研究人员对于鳀的发育分期采用的标准不同(表2)。TIMOHINA 等<sup>[10]</sup>详细研究了卵巢从未发育逐渐发育至成熟的过程,分成了7个阶段。傅信钦等<sup>[11]</sup>、ASHIDA 等<sup>[7-8]</sup>及SCHAEFER<sup>[9]</sup>的方法相似,基本为“未成熟、发育、成熟、排卵、闭锁”5个阶段。ANDRADE 等<sup>[6]</sup>目的在于研究渔场的季节变化趋势,没有进行组织学实验,将体长小于530 mm的个体视为不成熟,体长超过580 mm的个体划为成熟,体长530~580 mm的个体认为处于发育期。

傅信钦等<sup>[11]</sup>、SCHAEFER<sup>[9]</sup>及TIMOHINA 等<sup>[10]</sup>综合了组织学发育特征、卵径和GSI等指标,但结论存在差异。各时期的组织学特征并不相同,GSI虽然都呈增长趋势但差异较大。SCHAEFER<sup>[9]</sup>忽略了排卵后经过闭锁再发育的过程,而HUNTER 等<sup>[5]</sup>认为排卵后滤泡和闭锁卵细胞的形态是鉴定产卵频率的重要指标,并按照出现时间将排卵后滤泡详细分为0、12、24 h 3个阶段,按照闭锁期细胞的数量及 $\alpha$ 、 $\beta$ 闭锁期细胞

的比例将VI期卵巢分为3个阶段。TIMOHINA 等<sup>[11]</sup>分析得最为详细,描述了卵细胞发育的各过程,并根据排卵后卵细胞的情况将再次发育过程分为两个时期,第一时期的卵巢与刚排过卵的卵巢相似,第二时期的卵巢因为大部分细胞处于闭锁期,与未发育的卵巢相似。ASHIDA 等<sup>[7-8]</sup>根据卵径、卵细胞情况,将卵巢发育分为6个时期。

卵巢成熟的标准通常为出现了细胞迁移期卵细胞或水合期卵细胞。傅信钦等<sup>[11]</sup>认为成熟期卵巢的标准是“肉眼可直接观察到透明水卵或卵黄卵细胞”,组织学上,“卵细胞发育到最后阶段,由核仁迁移期、水合卵、部分周边核仁期构成”。产卵期卵巢的标准是“可清楚观察到卵巢内布满水合期卵细胞,组织学观察以细胞核移动期、水合期卵为主,存在部分周边核仁卵细胞”。SCHAEFER<sup>[9]</sup>认为成熟期卵巢的标准是“卵巢黄色,出现斑点,卵细胞透明,密布血管;卵黄均匀,油滴大,变形”。产卵期卵巢的标准是“卵巢软,布满血管,卵细胞透明,排卵后滤泡层皱缩,滤泡层细胞的细胞核变小”。ASHIDA 等<sup>[7-8]</sup>认为成熟期卵巢的标准是“出现核仁迁移期细胞和水合期细胞,可能出现排卵后的滤泡”。CAYRE 等<sup>[17]</sup>认为卵径的分布也是卵巢成熟的标志,将最大卵径值明显区别于其他卵径值作为卵巢成熟的指标。本研究采用六期法,将刚产过卵及产后重新开始发育,以及存在少量水合卵的阶段都称为VI期,这个期其实就等于其它作者所述的排卵后期,闭锁期或休止期(表2)。

### 3.3 鳀的产卵类型

鳀的产卵类型属不同步型。一方面,从卵巢成熟系数来看。首先,虽然卵巢由III期至IV期,由V期至VI期时GSI变化明显,但是I期至VI期都存在明显重叠。说明在整个发育过程中,卵细胞的变化是连续的、不同步的,各个时期没有明显的界限。所以卵巢成熟系数不能准确反映卵巢发育程度的高低。ASHIDA 等<sup>[8]</sup>也认为卵巢发育程度不能用GSI来区分因为其不能准确反映卵巢成熟度,同样,CAYRE 等<sup>[17]</sup>也认为GSI不是卵巢发育期的指标,通常不能用来表示海洋鱼类的卵巢发育过程。其次,从卵巢成熟系数的日变化来看,中西太平洋03°00'N~03°48'S,152°14'E~163°23'E海域鳀的两个产卵高峰分别是11月底(12月初)和12月底(1月初),高峰时的GSI达到6。

CAYRE 等<sup>[17]</sup>认为 GSI 在 3.5 以上,卵巢即成熟进入产卵行为,表明 2007 年 11 月底至 12 月中、12 月底至 1 月前这两段时间内都发生着明显地生殖活动。这是不同步型产卵鱼类 GSI 的明显特征。TIMOHINA 等<sup>[11]</sup>认为大西洋鲹产卵高峰之间有相当长的间隔,间隔可以达到 3 周,与此一致。不同步型产卵鱼类每个卵巢阶段的 GSI 跨度很大,重叠明显<sup>[18-23]</sup>,由 GSI 的日均值推断产卵高峰期是研究其产卵时间的一种方法<sup>[24]</sup>。

另一方面,从卵巢内不同时相卵细胞的分布来看。同一卵巢内卵细胞的发育情况复杂,卵巢发育程度越高,其内的卵细胞差别越大<sup>[7]</sup>。根据一个卵巢内卵径的分布可以看出(图 3),除 20 ~

50  $\mu\text{m}$  卵径百分率最高外,100、130、160 ~ 190、320 ~ 330、350 ~ 360  $\mu\text{m}$  都出现小的波峰,说明卵细胞的发育是不同步的。根据 TIMOHINA 等<sup>[10]</sup>的结果,卵径 20 ~ 60  $\mu\text{m}$  时为卵原细胞,卵径 55 ~ 120  $\mu\text{m}$  为单层滤泡细胞层卵细胞,卵径 360 ~ 440  $\mu\text{m}$  时为布满卵黄卵细胞,说明此时卵巢内存在一个时相以上的卵细胞。同时,在 IV 期、V 期、VI 期卵巢中都是小卵径卵细胞为主要组成部分。ASHIDA 等<sup>[7]</sup>研究了各时期卵巢中不同时相卵细胞的比例,得到相同结论。傅信钦等<sup>[11]</sup>根据组织切片观察结果,发现台湾东部海域与中西太平洋鲹的卵巢内有 2 个以上的卵径分离峰。

表 2 鲹卵巢发育分期方法

Tab. 2 Development of skipjack ovary according to references and this study

傅信钦等 <sup>[12]</sup>	SCHAEFER <sup>[10]</sup>	HUMBER 等 <sup>[7]</sup>	ASHIDA <sup>[8-9]</sup>	TIMOHINA <sup>[11]</sup>	本论文 this paper
未成熟期 I immature stage	未成熟期 I immature	未成熟期 I immature	未成熟期 I immature	I	I
发育期、再发育期 II developing and redeveloping stage	发育早期,恢复期 II early developing, recovering spent	中度成熟期 II intermediate	活跃期 active mature	II III	II
成熟期 III mature stage	发育晚期 III later developing		最终成熟期 III final mature	IV	III
产卵期 IV spawning stage	成熟期 IV mature	成熟期 III mature	排卵后期 IV post-ovulated	V	IV
休止期 V resting stage	产卵期 V spawned		闭锁期 V inactive mature	VI - IV VI - II	V VI

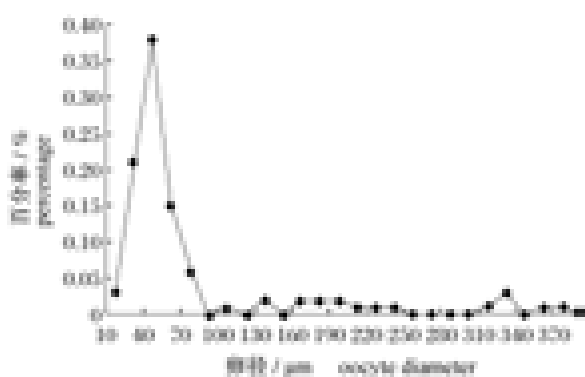


图 3 鲹 V 期卵巢内卵细胞卵径频率  
Fig. 3 Oocyte diameter frequency of  
skipjack ovary in V period

### 3.4 传统方法的不足之处

因鲹不同步产卵的特征,其卵巢内同时存在不同形态的卵细胞,发育过程比较复杂。切片观

察时,卵巢中常常同时存在不同阶段的卵细胞,例如较小的细胞与细胞核迁移期细胞同时存在,或者相邻时期的细胞在数量上相似,所以很难确定该卵巢属于哪个发育阶段。又有学者证明不论在哪个阶段,卵巢中小径卵细胞都占 80% 以上,这给卵巢的发育分期又带来难度<sup>[5]</sup>。

鲹卵巢以上的发育特点加大了准确鉴定其发育期的难度。因卵巢发育时其大小、重量等外观、形态变化不明显(表 1),与组织学方法相比,传统方法的鉴定结果存在很大误差(图 4)。组织法能够详细观察到卵细胞发育情况,相对准确。从两种方法的结果对比来看,II 期卵巢鉴定的一致率最高,基本相同;因此时卵巢刚刚开始发育,体积和质量较小,结合个体叉长、卵巢重量基本能判定。卵巢发育阶段越高,两者的误差越大,IV 期末与 V 期卵巢在外观上非常接近,特别是 VI 期卵巢,

因其大小重量与 I 期、II 期相似,肉眼很难识别。因 I 期时不能通过性腺形态区分雌雄,故只比较 II 期至 IV 期的结果。

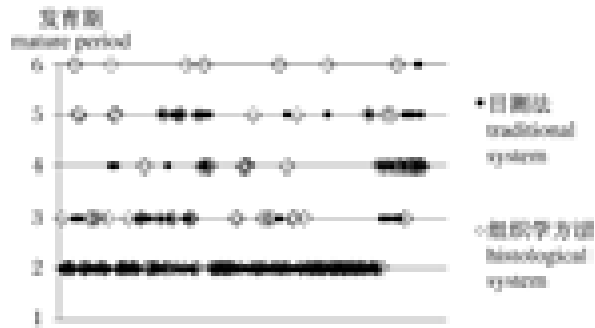


图4 目测法和组织学方法结果的比较

Fig. 4 Difference between histological analysis and visual observation

上海开创远洋渔业公司领导在船只安排方面给予周到考虑,海上调查期间在收集和测定数据方面得到公司所属的“POHNPEI 1号”和“金汇7号”3艘金枪鱼围网渔船船长以及全体船员的大力支持,海上样品的收集测定得到王学昉博士的全力帮助,鲍宝龙教授对论文提出了许多建议性意见,谨致谢忱。

#### 参考文献:

- [ 1 ] MATSUMOTO W M, SKILLMAN R A, DIZONA E. Synopsis of biological data on skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* [ J ]. Noaa Technical Report NMFC Circular, 1984, 451: 92.
- [ 2 ] 谢营梁, 杨希强. 中西太平洋金枪鱼围网与延绳钓渔业 [ J ]. 现代渔业信息, 2009, 24(4): 7-10.
- [ 3 ] BATTIS S. Age and growth of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus), in North Carolina waters [ J ]. Chesapeake Science, 1972, 13(4): 237-244.
- [ 4 ] WILD A, HAMPTON J. A review of the biology and fisheries for skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, in the Pacific Ocean [ C ] // Shomura R, Majkowski J, Langi S, eds. Interactions of Pacific tuna fisheries: papers on biology and fisheries, Vol. 2, FAO. Fisheries Technical Paper, 1994: 1-51.
- [ 5 ] HUNTER J R, MACEWICZ B J, SIBERT J R. The Spawning frequency of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, from the South Pacific [ J ]. Fishery Bulletin, 1986, 84(4): 895-903.
- [ 6 ] ANDRADE H A, SANTOS J AT. Seasonal trends in the recruitment of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) to the fishing ground in the southwest Atlantic [ J ]. Fisheries Research, 2004, 66(2-3): 185-194.
- [ 7 ] ASHIDA H, TANABE T, SUZUKI N. Maturation and spawning activity of skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* in the Western Central Pacific Ocean as determined by ovarian histological observation [ J ]. Nippon Suisan Gakkaishi, 2007, 73(3): 437-442.
- [ 8 ] ASHIDA H, TANABE T, SUZUKI N, et al. Spawning frequency and batch fecundity of skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* in the tropical west-central Pacific Ocean [ J ]. Nippon Suisan Gakkaishi, 2008, 74(5): 802-808.
- [ 9 ] SCHAEFER K M. Reproductive biology of black skipjack, *Euthynnus lineatus*, an eastern Pacific tuna [ J ]. Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin, 1987, 19(2): 166-260.
- [ 10 ] TIMOHINA O I, ROMANOV E V. Characteristics of ovogenesis and some data on maturation and spawning of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758), from the western part of the equatorial zone of the Indian Ocean, IOTO Proceedings [ C ]. 6th Expert Consultation on Indian Ocean Tunas, 1996, 9, 247-257.
- [ 11 ] 傅信钦, 孙志陆. 中西太平洋与台湾东部海域正鲣之生殖生物学研究 [ D ]. 台湾: 台湾国立海洋大学, 2004.
- [ 12 ] 王春雷, 许柳雄, 叶旭昌, 等. 中西太平洋金枪鱼围网起水鱼群与流木鱼群渔获物中鲣生物学特性的比较 [ J ]. 大连水产学院学报, 2008, 23(3): 235-241.
- [ 13 ] 王学昉, 许柳雄, 朱国平. 鲣 (*Katsuwonus pelamis*) 生物学研究进展 [ J ]. 生物学杂志, 2009, 26(6): 68-79.
- [ 14 ] 许柳雄, 王学昉, 朱国平, 等. 中西太平洋金枪鱼围网流木鱼群中鲣种群结构分析 [ J ]. 生态学杂志, 2009, 28(2): 293-299.
- [ 15 ] 国家技术监督局, 海洋调查规范 GB/T 12763.6-2007 [ S ]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [ 16 ] 刘筠. 中国养殖鱼类繁殖生理学 [ M ]. 北京: 中国农业出版社, 1993: 29-31.
- [ 17 ] CAYRE P, LALOË F. Review of the Gonad Index (GI) and an introduction to the concept of its "critical value": application to the skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* in the Atlantic Ocean [ J ]. Marine Biology, 1986, 90(3): 345-351.
- [ 18 ] FROMENTIN J M. Atlantic bluefin tuna: population

- dynamics, ecology, fisheries and management [ J ].  
Fish and Fisheries, 2005, 6(4) : 281 – 306.
- [ 19 ] SAWADA Y, SEOKA M, KATO K. Testes maturation of reared Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* at two-plus years old [ J ]. Fisheries Science, 2007, 73(5) : 1070 – 1077.
- [ 20 ] CHEN K S, PAUL C, HSU C C. Reproductive biology of female Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* from south-western North Pacific Ocean [ J ]. Fisheries Science, 2006, 72(5) : 985 – 994.
- [ 21 ] HASHIMOTO S, KURIHARA R, STRÜSSMANN C A, *et al.* Gonadal histology and serum vitellogenin levels of bigeye tuna *Thunnus obesus* from the Northern Pacific Ocean—absence of endocrine disruption bio-indicators [ J ]. Marine Pollution Bulletin, 2003, 46(4) : 459 – 465.
- [ 22 ] FARLEY J H, DAVIS T O L, GUNN J S, *et al.* Demographic patterns of southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyii*, as inferred from direct age data [ J ]. Fisheries Research, 2007, 83(2–3) : 151 – 161.
- [ 23 ] NISHIDA T, CHEN D G, MOHRI M. Fuzzy logic analyses for the spawner-recruitment relationship of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the Indian Ocean incorporating the environmental regime shift [ J ]. Ecological Modelling, 2007, 203(1–2) : 132 – 140.
- [ 24 ] HATTORT T, SAKURAI Y, SHIMAZAKI K. Maturation and reproductive cycle of female Pacific Cod in Waters Adjacent to the Southern Coast of Hokkaido [ J ]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1992, 58(12) : 2245 – 2252.

## Ovarian development of skipjack (*Katsuwonus pelamis*) in the Western and Central Pacific Ocean

GONG Ling-fang<sup>1</sup>, XU Liu-xiong<sup>1,2,3</sup>, GUAN Wei-bing<sup>1,2,3\*</sup>, ZHU Guo-ping<sup>1,2,3</sup>, LI Ying-chun<sup>1</sup>

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources,

Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

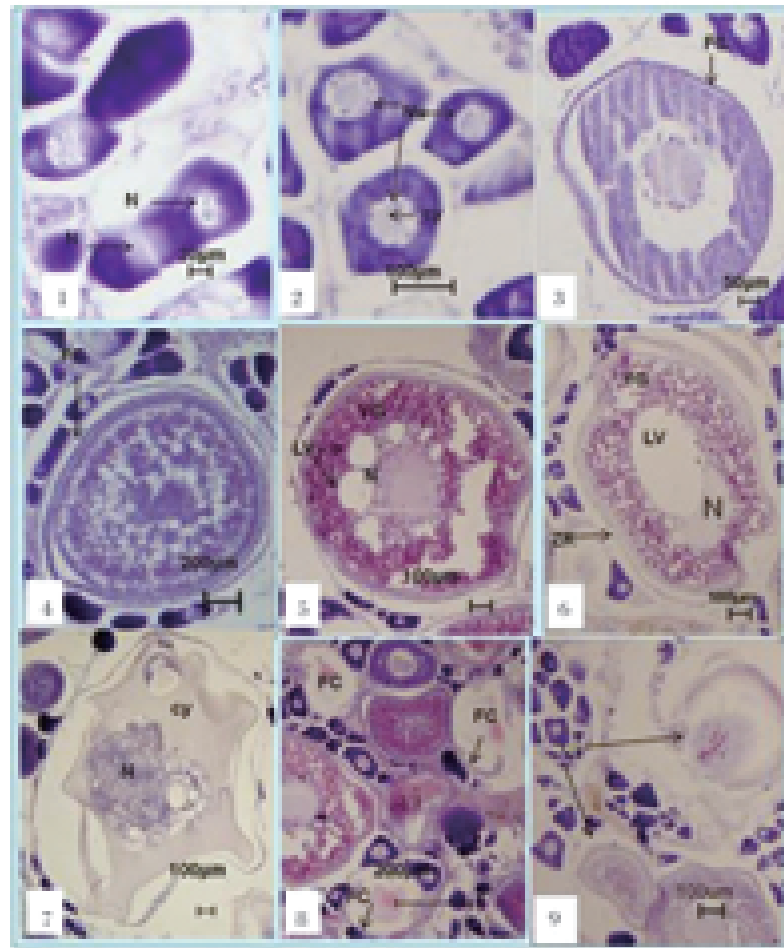
3. Key Laboratory of Oceanic Fisheries Resources Exploitation of Shanghai Education Commission, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** It is important to master the knowledge of the ovary development of skipjack, to provide a fundamental information for further study on reproduction mechanism, spawning date and times, batch fecundity, body size of first sex maturation etc. This is also the basic data for the skipjack biological study and resource assessment. 140 ovaries of skipjack (*Katsuwonus pelamis*) have been studied by means of histological method, and the samples were collected from the EEZs of Papua New Guinea and Federal States of Micronesia in the Western and Central Pacific (WCPO) during October 2007 to January 2008 on board purse seine vessels. Samples for histological study were fixed in formalin solution and processed by the standard methods. Sections (thickness 7  $\mu\text{m}$ ) were stained by hematoxylin-eosin. In the course of studying oogenesis, we observed ovary features through Olympus BX-51 microscope camera and determined ovarian development stages. Full stages of maturity and cells progress have been observed and described in detail in this paper reflecting the oogenesis development. The main results are: (a) Mature development of oocyte can be marked as six periods. According to that, six phases are outlined for ovary. At the first stage, the cell is small and the ratio of nucleolus to cytoplasm is big. At the second stage, a follicular cells layer is around the nucleolus, cytoplasm becomes two layers, there are some small fat drops around the nucleolus. At the third stage, yolk granules occur and increase gradually. At the fourth stage, the cell volume grows bigger while fat drops fuse and yolk granules fuse. At the fifth stage, fertilization hole pouches and ovulation is happening. And at the sixth stage, nucleolus blurs and cytoplasm decreases. (b) Skipjack is a type of multiple spawning species, varied oocyte phases can be observed in one ovary at the same time. GSI changes obviously when ovary develops from stage III to IV and from V to VI, but there exists much overlap from I to VI period. (c) Traditional gonad identification system shows obvious inaccuracy for skipjack tuna and for the gonad in VI period especially. For stage gonad, identification by traditional system are almost consistent with histological system. The higher stages of ovarian development, the greater error between the two methods. When gonad is in stage I, gender cannot be identified by naked eye, so comparison only be made from II to IV. (d) For average GSI of each day from Oct. 22th 2007 to Jan. 2nd 2008, there are two peaks during late November (early December), the lowest point of close to 2, up to 10, generally more than 4. Late December, GSI decreased between 0 and 2. The end of December (early January), another peak occurred, and gradually more than 3, and up to 4 or more, close to 6. Two peaks of spawning period have been identified during the surveys, and they are from the end of November to the early December, and from the end of December to the early January.

**Key words:** *Katsuwonus pelamis*; ovary; Western and Central Pacific Ocean

**Corresponding author:** GUAN Wei-bing. E-mail: wbguan@shou.edu.cn





图版 I 卵细胞发育

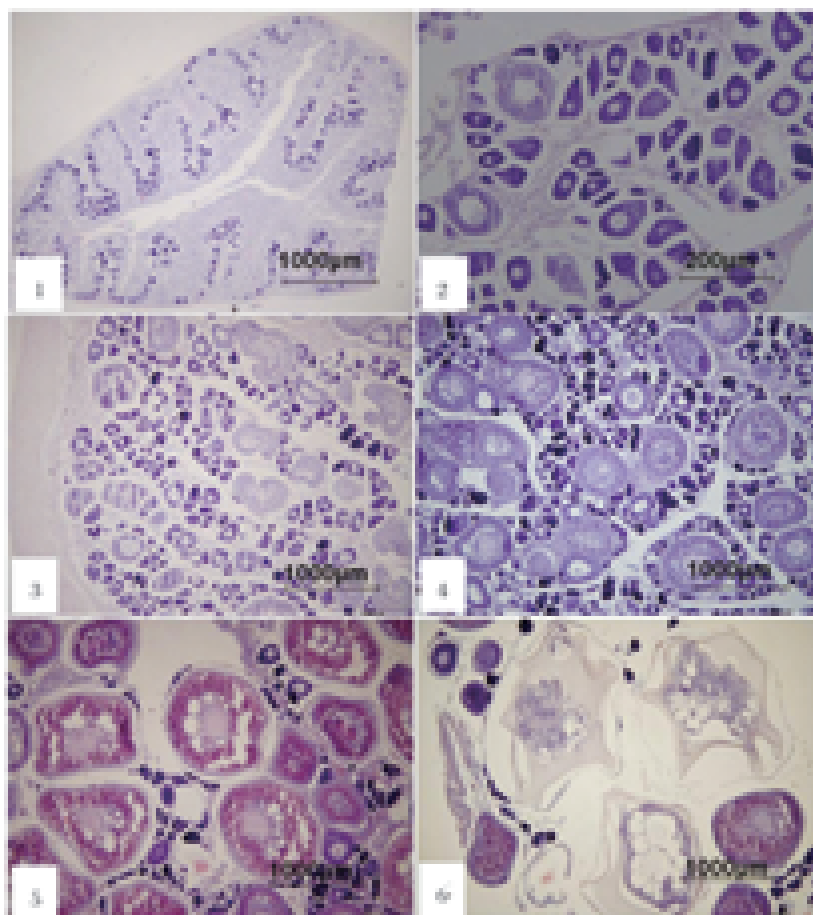
1. I 时相卵母细胞, 示细胞正在进行有丝分裂; 2. I 时相卵母细胞, 示核仁、细胞核、细胞质; 3. II 时相卵母细胞, 示一层滤泡细胞; 4. III 时相卵母细胞示两层滤泡细胞; 5. IV 时相卵母细胞示细胞核周围大的脂肪空泡; 6. V 时相卵母细胞示细胞核迁移向动物极; 7. V 时相卵母细胞示细胞质相互融合; 8. 产卵后的空滤泡; 9. VI 时相卵母细胞, 示细胞质重吸收。

N: 细胞核, Nu: 核仁, cy: 细胞质; FC: 滤泡细胞; LV: 油滴; YG: 卵黄颗粒; ZR: 放射膜。

### Plate I Oocyte development of skipjack

1. The oocyte in the I, showing karyokinesis; 2. The oocyte in the I, showing nucleolus, nucleus, cytology; 3. The oocyte in the II, showing one layer of follicle cell; 4. The oocyte in the III, showing two layers of follicle cell; 5. The oocyte in the IV, showing lipid vesicle around the nucleolus; 6. The oocyte in the V, showing nucleolus moving animal polar; 7. The oocyte in the V, showing cytoplasm fusing; 8. The empty follicle cell after ovulation; 9. The oocyte in the VI, showing atresia.

N: nucleus, Nu: nucleolus, cy: cytology; FC: follicle cell; LV: lipoid vesicle; YG: yolk granules; ZR: zona radiata.



图版 II 卵巢发育

1. I 期卵巢, 示成“S”型排列的 I 时相卵母细胞; 2. II 期卵巢示 II 时相卵母细胞; 3. III 期卵巢; 4. IV 期卵巢, 示 IV 时相卵母细胞;  
5. IV 期卵巢, 示 IV 时相卵母细胞; 6. V 期卵巢, 示 V 时相卵母细胞。

**Plate II Ovary development of skipjack**

1. The ovary in the stage I , showing the oocyte in the I ; 2. The ovary in the stage II ; 3. The ovary in the stage III ; 4. The ovary in the stage IV , showing the oocyte in the IV ; 5. The ovary in the stage IV , showing the oocyte in the IV ; 6. The ovary in the stage V , showing the oocyte in the V .