

Reproductive Morphology of Fishes
in the Upper Yangtze River

长江上游 鱼类生殖形态学

张耀光 金 丽 王志坚 蒲德永 等 著



科学出版社

长江上游鱼类生殖形态学

Reproductive Morphology of Fishes in the Upper
Yangtze River

张耀光 金 丽 王志坚 蒲德永 等 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是对长江上游地区 30 余种鱼类生殖细胞的发生与形成、受精生物学及早期发育等的组织学、组织化学、扫描电镜、透射电镜研究结果之总结。内容包括卵子和精子发生与形成、精子的生物学特性、受精生物学、胚胎与器官发育、性腺中非生殖细胞的结构等。除文字描述外,本书提供显微和超微结构图片 1000 余张。

本书可供从事鱼类学学习、教学、研究和鱼类苗种繁育等的生产实践人员,以及从事水生生物保护与管理等的相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

长江上游鱼类生殖形态学 / 张耀光等著. —北京: 科学出版社, 2019.1
ISBN 978-7-03-058900-2

I. ①长… II. ①张… III. ①长江—上游—淡水鱼类—动物形态学
IV. ①Q959.404

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 218771 号

责任编辑: 王 静 李秀伟 陈 倩 / 责任校对: 严 娜

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 铭轩堂

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019 年 1 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2019 年 1 月第一次印刷 印张: 21

字数: 498 000

定价: 280.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

著者名单

张耀光 金 丽 王志坚 蒲德永

杨桂枝 甘光明 李 勇 王永明

庾 云 车 静 殷江霞 张贤芳

谭 娟 李 萍 杜长雷 刘晓蕾

前 言

鱼类生殖细胞的发生与形成,以及精卵的受精与发育一直是人们关注的重要科学问题,相关研究不但能更好地阐明鱼类生殖与发育的基础生物学问题,也能为鱼类的生产实践提供有益的帮助和指导。

长江水系有纯淡水鱼类 381 种,宜昌以上的长江上游地区有鱼类 286 种,其中包括长江上游特有鱼类 142 种。长江水系既是重要的鱼类资源基因库,又为鱼类养殖新品种的开发提供了条件和保障。然而,葛洲坝和三峡大坝的形成,以及金沙江和雅砻江梯级水电开发,使这些鱼类的栖息地面积显著减少,种群规模明显缩小,繁衍受到影响,生存受到威胁。因此,加紧对这些鱼类的保护和研究迫在眉睫。

自 20 世纪 80 年代开始,西南大学鱼类生物学研究团队围绕长江上游重要经济鱼类、名优特有鱼类生殖细胞的发生与形成、受精及早期发育等开展了一系列观察,包括卵子和精子发生与形成、精子的生物学特性、受精生物学、胚胎与器官发育、性腺中非生殖细胞的结构,涉及组织学、组织化学、扫描电镜、透射电镜等结构观察。有关研究为将长吻鮠 (*Leiocassis longirostris*)、南方鲇 (*Silurus meridionalis*)、岩原鲤 (*Procypris rabaudi*)、中华倒刺鲃 (*Spinibarbus sinensis*) 等开发为新的名特优养殖对象做出了贡献,产生了显著的经济和社会效益。

本团队 30 余年的研究工作中,涉及的鱼类有胭脂鱼 (*Myxocyprinus asiaticus*)、短体副鳅 (*Paracobitis potanini*)、贝氏高原鳅 (*Triplophysa bleekeri*)、长薄鳅 (*Leptobotia elongata*)、泉水鱼 (*Pseudogyrinocheilus prochilus*)、华鲮 (*Sinilabeo rendahli*)、云南盘鮈 (*Discogobio yunnanensis*)、岩原鲤、稀有鮈鲫 (*Gobiocypris rarus*)、中华倒刺鲃、白甲鱼 (*Onychostoma sima*)、云南光唇鱼 (*Acrossocheilus yunnanensis*)、瓣结鱼 (*Tor brevifilis*)、黑尾近红鲃 (*Ancherythroculter nigrocauda*)、厚颌鲂 (*Megalobrama pellegrini*)、唇鲮 (*Hemibarbus labeo*)、吻鮈 (*Rhinogobio typus*)、圆口铜鱼 (*Coreius guichenoti*)、川西鲮 (*Sarcocheilichthys davidi*)、四川裂腹鱼 (*Schizothorax kozlovi*)、南方鲇、长吻鮠、短尾鮠 (*Leiocassis brevicaudatus*)、瓦氏黄颡鱼 (*Pelteobagrus vachelli*)、光泽黄颡鱼 (*Pelteobagrus nitidus*)、切尾拟鲮 (*Pseudobagrus truncatus*)、中华纹胸鲃 (*Glyptothorax sinense*)、福建纹胸鲃 (*Glyptothorax fukiensis*)、大鳍鲮 (*Mystus macropterus*)、斑鲮 (*Siniperca scherzeri*)、大眼鲮 (*Siniperca kneri*) 等 30 余种。本人既是直接的研究工作者,又是学生研究工作的指导者。除本人直接的研究工作外,涉及长吻鮠、南方鲇的内容主要由本人与杨桂枝、李萍、金丽、谭娟等完成,大眼鲮的相关研究主要由蒲德永、车静等完成,胭脂鱼的相关研究主要由李勇、刘晓蕾等完成,稀有鮈鲫的相关研究主要由王永明完成,唇鲮的相关研究主要由甘光明等完成,圆口铜鱼的相关研究主要由张贤芳等完成,长薄鳅的相关研究主要由殷江霞、

王志坚等完成，厚颌鲂的相关研究主要由杜长雷等完成，岩原鲤的相关研究主要由庾云、谭娟等完成。一些研究成果先后在学术期刊发表。现对已发表和未发表的相关内容进行系统梳理，形成这本《长江上游鱼类生殖形态学》，以期为同行提供一份较为系统的资料，以及为相关研究工作和生产实践提供借鉴。本书对已经发表的部分内容也尽量增加了更多的图片以说明问题。为满足系统性和比较的需要，本书对已经发表的研究内容多数进行了重新编辑。研究工作中所用文献在书末以参考文献的方式列出，文中未能一一表述，敬请原作者见谅。

在此，我特别想表达对西南大学鱼类学研究的开创者、著名鱼类学家施白南教授，以及罗泉笙教授的深深敬意和怀念，同时非常感谢何学福副教授，是他们把我领进了鱼类学研究领域。感谢谢小军教授 30 余年来兄弟般的帮助与支持。感谢我的团队和学生，一路上秉承“坚持、团结、努力、快乐”的信念，为相同的爱好与事业共同奋斗。研究工作中重庆市万州区水产研究所、北碚江舟渔港和沿江渔民在鱼类标本收集与实验取材，原第三军医大学（现陆军军医大学）电镜室柯金星先生在电镜样品制作与观察等方面给我们提供了大量无私的帮助，特致以衷心的感谢！感谢刘小红在后期编辑方面所做的工作。

30 余年来，我们的研究工作得到了国家自然科学基金、973 计划前期研究专项、国家科技支撑计划、公益性行业（农业）科研专项、重庆市科学技术委员会重点项目等的支持，在此一并表示衷心的感谢！

本书研究对象主要源自长江上游干流、嘉陵江下游及其主要支流涪江和渠江合川江段的野生个体，胭脂鱼、南方鲇等部分个体源自人工繁殖的后代。感谢这些鱼类个体为我们的研究工作做出的牺牲和贡献。

由于作者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请各位专家和广大读者批评、指正。

张耀光

2018 年 3 月于重庆

目 录

第1章 卵子的发生与形成	1
1.1 原始性腺的发育与分化	1
1.2 卵巢发育的外形分期	2
1.3 卵巢发育的周年变化	3
1.3.1 性成熟前至性成熟雌鱼卵巢发育的变化	3
1.3.2 性成熟后雌鱼卵巢发育的周年变化	3
1.4 卵巢发育的组织学分期	4
1.4.1 卵原细胞时相 (Ⅰ时相)	4
1.4.2 卵母细胞单层滤泡细胞时相 (Ⅱ时相)	5
1.4.2.1 Ⅱ时相早期	5
1.4.2.2 Ⅱ时相中期	6
1.4.2.3 Ⅱ时相晚期	6
1.4.3 卵黄泡出现时相 (Ⅲ时相)	7
1.4.3.1 Ⅲ时相早期	7
1.4.3.2 Ⅲ时相中期	8
1.4.3.3 Ⅲ时相晚期	9
1.4.4 卵黄充满时相 (Ⅳ时相)	10
1.4.5 卵母细胞成熟时相 (Ⅴ时相)	11
1.4.6 退化吸收时相 (Ⅵ时相)	11
1.5 卵子发生的组织化学观察	12
1.5.1 不同时相卵母细胞组织化学染色结果	12
1.5.2 水分、灰分、无氮浸出物含量和能量密度的变化	13
1.5.2.1 水分含量变化	13
1.5.2.2 灰分含量变化	14
1.5.2.3 无氮浸出物含量和能量密度的变化	14

1.5.3	蛋白质、糖类和脂肪含量的变化	14
1.5.3.1	蛋白质含量变化	14
1.5.3.2	糖类含量变化	15
1.5.3.3	脂肪含量变化	15
1.5.4	DNA 和 RNA 含量的变化	16
1.5.4.1	DNA 含量变化	16
1.5.4.2	RNA 含量变化	16
1.6	卵子发生的超微结构特征	16
1.6.1	卵原细胞期	16
1.6.2	卵黄发生前期	17
1.6.3	卵黄发生期	18
1.6.3.1	卵黄合成初期	18
1.6.3.2	卵黄合成旺盛期	18
1.6.4	卵黄发生后期	19
1.6.5	成熟卵子	19
第 2 章	精子的发生与形成	21
2.1	精巢发育的外形分期	21
2.2	精巢发育的周年变化	21
2.2.1	性成熟前至性成熟雄鱼精巢发育的变化	21
2.2.2	性成熟后雄鱼精巢发育的周年变化	22
2.3	精巢发育的组织学分期	22
2.3.1	精原细胞时相	23
2.3.2	初级精母细胞时相	23
2.3.3	次级精母细胞时相	24
2.3.4	精子细胞形成时相	24
2.3.5	精子完全成熟时相	25
2.3.6	退化吸收时相	25
2.4	精子发生的超微结构特征	25
2.4.1	初级精原细胞	26
2.4.2	次级精原细胞	26
2.4.3	初级精母细胞	26
2.4.4	次级精母细胞	27

2.4.5 精子细胞	27
2.4.6 精子	28
2.4.6.1 精子形态	28
2.4.6.2 精子结构	28
2.4.7 退化的精子	30
第3章 精子的生物学特性	31
3.1 精子形态和大小	31
3.2 精液 pH、浓度和精子密度	32
3.3 精子在不同水体溶液中活力的测定	32
3.4 精子在不同浓度 NaCl 溶液中活力的测定	33
3.5 精子激活及抑制机制	36
第4章 受精生物学	37
4.1 精子的结构	37
4.2 卵子的结构	37
4.2.1 卵膜	38
4.2.1.1 卵膜的组织学观察	38
4.2.1.2 卵膜的扫描电镜观察	38
4.2.1.3 卵膜的超微结构观察	39
4.2.2 精孔器	40
4.2.3 皮层小泡	41
4.2.4 卵黄	42
4.2.5 染色体	43
4.3 受精过程的观察	43
4.3.1 精子入卵过程的组织学观察	43
4.3.2 精子入卵过程的扫描电镜观察	46
4.4 受精过程中的皮层反应	47
4.4.1 皮层反应引发斑	47
4.4.2 皮层反应的组织学观察	47
4.4.3 皮层反应的扫描电镜观察	48
4.4.4 皮层反应的透射电镜观察	49

4.5	受精前后卵膜结构的物理变化	51
4.6	卵子激活的细胞学变化	53
4.6.1	受精过程中卵内钙离子含量的变化	53
4.6.2	Ca^{2+} -ATPase 活性	53
4.6.3	钙离子与卵子激活的关系	54
4.6.4	Ca^{2+} -ATPase 活性变化与皮层反应	54
4.6.5	卵膜的物理结构变化与钙离子调节	55
4.6.6	钙离子通道理论假说	55
4.7	精子星光扩张、牵引 - 细胞质流动学说	56
4.8	受精初期卵黄颗粒降解的主要途径	56
4.9	皮层反应及引发机制分析	57
4.9.1	皮层反应的分期	57
4.9.2	皮层反应的起始位点	57
4.9.3	引发斑和释放的皮层小泡可以加快皮层反应的进程	58
4.9.4	皮层反应伴随质膜的修复	59
4.9.5	精孔器附近的受精膜外举	59
第 5 章	胚胎与器官发育	60
5.1	胚胎发育	60
5.1.1	准备卵裂阶段	62
5.1.2	卵裂阶段	62
5.1.3	囊胚阶段	63
5.1.4	原肠胚阶段	63
5.1.5	神经胚阶段	64
5.1.6	器官分化阶段	64
5.1.7	孵化阶段	66
5.1.8	有效积温	67
5.1.9	胚胎发育特点	67
5.2	仔、稚、幼鱼发育	70
5.2.1	仔、稚鱼发育的形态学观察	70
5.2.1.1	卵黄囊期仔鱼	70
5.2.1.2	晚期仔鱼	72

5.2.1.3 早期稚鱼	75
5.2.1.4 晚期稚鱼	76
5.2.2 仔、稚、幼鱼的生长	77
5.2.2.1 生长指标	77
5.2.2.2 体长与日龄的关系	79
5.2.2.3 全长与日龄的关系	80
5.2.2.4 长度生长	81
5.2.2.5 体重与体长的关系	81
5.2.2.6 体重与日龄的关系	82
5.2.2.7 体重与全长的关系	83
5.2.2.8 仔、稚、幼鱼身体各部分比例与体长的变化趋势	83
5.2.2.9 个体生长速度	84
5.2.2.10 发育历时和有效积温	84
5.2.2.11 生长特性分析	84
5.3 早期器官分化	85
5.3.1 神经胚期的器官分化特征	85
5.3.2 器官发生期的器官分化特征	86
5.3.3 孵化期的器官分化特征	88
5.3.4 早期器官分化的特征分析	88
5.4 尾部神经分泌系统的结构与发育	89
5.4.1 尾部神经分泌系统的解剖结构	89
5.4.2 尾部神经分泌系统的显微和超微结构	91
5.4.2.1 尾部神经分泌细胞胞体	91
5.4.2.2 尾部神经分泌细胞轴突	94
5.4.2.3 尾垂体	95
5.4.2.4 室管膜细胞	95
5.4.3 尾部神经分泌系统的组织化学反应	96
5.4.4 尾部神经分泌系统的酶细胞化学反应	97
5.4.5 尾部神经分泌系统的发育	97
5.4.5.1 组织学和组织化学	97
5.4.5.2 超微结构	99
5.4.5.3 繁殖前后尾部神经分泌系统结构的变化	101

第 6 章 性腺中非生殖细胞的结构	103
6.1 精巢中的非生殖细胞	103
6.1.1 结缔组织细胞	103
6.1.2 成纤维细胞	103
6.1.3 边界细胞	103
6.1.4 支持细胞	104
6.1.5 Leydig 细胞	104
6.1.6 精巢尾区	105
6.2 卵巢中的非生殖细胞	105
6.2.1 基质细胞	105
6.2.2 滤泡细胞的生成与退化	105
6.2.2.1 长吻鮠卵巢滤泡细胞的生成与退化	105
6.2.2.2 南方鲇卵巢滤泡细胞生成与退化的组织学结构	106
6.2.2.3 南方鲇卵巢滤泡细胞生成与退化的超微结构	108
6.2.3 精孔细胞的生成与退化	111
6.2.4 卵膜的形成与变化	111
6.2.4.1 卵膜的组织学结构	111
6.2.4.2 初级卵膜的超微结构	112
6.2.4.3 次级卵膜的超微结构	112
6.2.4.4 卵膜的来源与功能	112
6.3 卵母细胞和滤泡细胞中线粒体的类型与变化	113
6.3.1 线粒体的类型与结构	113
6.3.2 卵巢发育过程中线粒体的变化	114
6.3.2.1 卵原细胞中的线粒体	114
6.3.2.2 卵黄发生前期卵母细胞中的线粒体	114
6.3.2.3 卵黄发生期卵母细胞中的线粒体	114
6.3.2.4 成熟期卵母细胞中的线粒体	115
6.3.3 颗粒细胞中线粒体的形态与变化	115
6.3.4 线粒体的机能	115
参考文献	117

图版	133
第 1 章 卵子的发生与形成	135
第 2 章 精子的发生与形成	205
第 4 章 受精生物学	248
第 5 章 胚胎与器官发育	279
第 6 章 性腺中非生殖细胞的结构	314

第1章 卵子的发生与形成

卵子的发生与形成涉及卵巢及卵巢中生殖细胞的发育过程和周年变化。依形态学特征可将卵巢的发育过程分为6个时期，据组织学特点可将雌性细胞的变化分为6个时相。不同鱼类的发育状况会有所差异。

1.1 原始性腺的发育与分化

将初孵胭脂鱼 (*Myxocyprinus asiaticus*) 仔鱼记为0d，出膜1d的胭脂鱼仔鱼消化道未发育，未见原始生殖细胞，但已形成肾脏组织。出膜5d，消化道已经形成，但未开口摄食，卵黄囊未消失。在消化道背侧及肾管背面可见原始生殖细胞，以单细胞形式存在，较体细胞稍大，直径约为 $6.76\mu\text{m}$ ，细胞嗜碱性强，细胞核大，染色深，核径约为 $4.86\mu\text{m}$ ，核质比较大（图版1-I-A: 1）。出膜9d，仔鱼已经开口摄食，但是卵黄未消耗完全，原始生殖细胞数目增多，有聚集成团的趋势。出膜15d，原始生殖细胞开始向肾管下方移动（图版1-I-A: 2）。出膜21d，在消化道背侧，鳔管左右两侧出现生殖嵴，生殖嵴无膜包被，与腹膜直接相连。原始生殖细胞沿腹膜向生殖嵴方向迁移，个别个体的生殖嵴中有原始生殖细胞进入（图版1-I-A: 3）。出膜25d，原始生殖细胞迁移进入生殖嵴，形成原始性腺，其内原始生殖细胞数目为3~5个，嗜碱性减弱，核膜清晰，核质呈网状，有一个核仁（图版1-I-A: 4）。出膜40d，原始性腺体积增大，原始生殖细胞数目明显增多（图版1-I-A: 5）。出膜80d，原始性腺体积进一步增大，生殖细胞数目进一步增多，出现血管（图版1-I-A: 6）。出膜110d，细胞数量增多明显，血管更加丰富，但性腺没有分化（图版1-I-B: 1）。出膜180d，形成两种不同形态的性腺，一种性腺的生殖细胞成团分布，中间出现新月状裂隙，此新月状裂隙即卵巢腔（图版1-I-B: 2），将发育为卵巢；另一种性腺没有裂隙形成，生殖细胞散乱分布，与前期相比变化不大（图版1-I-B: 3），将发育为精巢。出膜200d，卵巢腔体积变大，成团分布的生殖细胞中可以观察到明显的中央大核仁，卵原细胞结构明显（图版1-I-B: 4）。另一种性腺中，生殖细胞3~5个聚集到一起围绕成环状，形成精小叶，环形结构中间形成小叶腔结构（图版1-I-B: 5）。出膜250d，两种性腺的区别更加明显，卵巢腔体积更大，出现初级卵母细胞（图版1-I-B: 6），精巢中小叶腔结构更加明显。

1.2 卵巢发育的外形分期

卵巢发育分为 6 个时期，鉴别特征见表 1-1。

表 1-1 卵巢发育的外形分期

Tab. 1-1 The developmental stages of ovary based on morphology

生殖细胞发育期	南方鲇 <i>Silurus meridionalis</i>	长薄鳅 <i>Leptobotia elongata</i>	大眼鳊 <i>Siniperca kneri</i>	胭脂鱼 <i>Myxocyprinus asiaticus</i>	厚颌鲂 <i>Megalobrama pellegrini</i>	圆口铜鱼 <i>Coreius guichenoti</i>
I. 原始生殖细胞期	卵巢细薄膜状，与腹膜紧连，银白色，不见血管，肉眼不能辨别雌雄	卵巢很小，透明，紧贴肾脏，与腹膜紧连，从外表上无法辨别雌雄	卵巢透明状，紧贴肾脏，与腹膜紧连，从外表上无法辨别雌雄	卵巢细线状，透明，紧贴肾脏腹面，与腹膜相连，肉眼无法辨别雌雄	卵巢透明状，紧贴肾脏，与腹膜紧连，从外表上无法辨别雌雄	卵巢很小，透明，呈线状，肉眼不能辨别雌雄
II. 增殖期至早期生长期	淡肉色，半透明，扁囊状。横断面可见片状产卵板和卵巢腔，退化至 II 期卵巢松软，血管发达，淡黄红色	早期浅肉红色、半透明，由中间向两端逐渐变窄，晚期肉红色，有血管分布，边缘较中间薄	扁带状，肉眼能辨别雌雄，雌性浅红色，半透明，中间部分较宽，两端变窄，有血管分布	长棒状，半透明，肉红色，前端稍粗或前后端宽度差异不大，微血管明显	扁带状，呈肉红色，半透明，中间部分较宽，两端变窄，可见有微血管分布	线状或细带状，呈“V”形，无血管分布
III. 生长早期	浅黄色，中部为略大的长囊状，肉眼可见卵巢内有小黄颗粒，血管众多，有分支	扁平囊状，肉红色，隐约可见卵粒	扁平囊状，浅黄色，随卵巢的发育，其宽度和卵巢厚度显著增加，可见卵粒	扁带状，浅黄色，前端粗，后端细，微血管发达，可见明显的卵母细胞锥形	扁囊状，浅黄色，血管明显变粗、增多，可见卵母细胞的粒状锥形	扁平状，呈微红色，卵巢横切面呈长椭圆形，前、中、后段出现宽度区别
IV. 生长晚期	淡橙黄色，前粗后细的长囊状，血管发达，卵母细胞充满卵黄颗粒，挤压腹部无卵流出	棒槌状，乳黄色，卵母细胞明显	浅黄色，卵母细胞明显可见，其间相互粘连，不离巢。众多血管布满卵巢表面	圆囊状，黄色，卵母细胞明显，较圆，着生于产卵板并且相互粘连，较易从产卵板剥离，卵巢表面血管明显	卵巢圆囊状，浅黄色，卵母细胞明显可见，其间相互粘连，血管众多，布满卵巢表面	囊袋状，整个卵巢呈青灰色。在鳔管处由于受到挤压，形成明显的凹陷。血管布满整个卵巢表面，分支多
V. 成熟期	橙黄色，卵巢松软，卵细胞游离，轻压腹部或将亲鱼提起有卵子从生殖孔流出	卵粒分散在卵巢腔中，卵粒饱满。轻压鱼腹部可挤出卵粒	黄色，卵粒饱满富有弹性，游离于卵巢腔中，轻压腹部即可挤出微油黄色卵粒	卵粒游离于卵巢腔，黄色，圆形，有弹性，富含卵黄，轻压腹部有黏稠的卵子流出	囊袋状，油黄色，卵粒饱满富有弹性，游离于卵巢腔中，轻压腹部即可挤出油黄色卵粒	

续表

生殖细胞发育期	南方鲇 <i>Silurus meridionalis</i>	长薄鳊 <i>Leptobotia elongata</i>	大眼鳊 <i>Siniperca kneri</i>	胭脂鱼 <i>Myxocyprinus asiaticus</i>	厚颌鲂 <i>Megalobrama pellegrini</i>	圆口铜鱼 <i>Coreius guichenoti</i>
Ⅵ. 排空期	产后卵巢体积显著缩小, 松软、充血、深红色, 内含部分未产出的成熟卵和正在退化吸收的卵粒	卵巢显著萎缩, 松软充血	卵巢体积缩小, 充血, 深红色	卵巢萎缩, 松软充血, 深红色	卵巢缩小, 松软充血, 深红色	

1.3 卵巢发育的周年变化

1.3.1 性成熟前至性成熟雌鱼卵巢发育的变化

幼鱼性腺发育与体长、体重及年龄有明显的关系 (表 1-2)。表 1-2 中各期卵巢的特征如表 1-1 所示。卵巢发育至Ⅳ期的鱼当年能性成熟, 参与繁殖群体的繁殖活动。

表 1-2 南方鲇性成熟前至性成熟雌鱼卵巢发育与体长、体重及年龄的关系
Tab. 1-2 Relationships between ovary development and body length, weight and age from immature to mature of female *Silurus meridionalis*

体长 (mm)	体重 (g)	年龄	卵巢期
100	11	2 月	I
121	14.7	3 月	Ⅱ 早期
437	775	1 ⁺	Ⅱ 中期
520	1460	2 ⁺	Ⅱ 晚期
735	3225	3 ⁺	Ⅱ 晚期
765	4100	3 ⁺	Ⅲ
820	6000	4	Ⅳ 期末
815	5200	4 ⁻	V

注: 1⁺表示年龄超过 1 龄, 但不到 2 龄, 称为 1 加龄; 4⁻表示年龄不足 4 龄, 但接近 4 龄; 以此类推

1.3.2 性成熟后雌鱼卵巢发育的周年变化

性成熟后雌鱼卵巢的周年变化如下。长江上游大多数在 3~5 月繁殖的雌性鱼类个体, 在经历第一次繁殖后, 9 月至次年 1 月为卵巢越冬期, 卵母细胞以Ⅲ~Ⅳ时相为主, 也有部分Ⅱ时相卵母细胞, 一些鱼类的部分卵巢的卵母细胞在 12 月下旬可发育至Ⅳ时相早期。再次繁殖的南方鲇 (*Silurus meridionalis*), 1~2 月为产卵前期卵巢, 绝大部分卵母细胞已发育至Ⅳ时相早中期; 3~4 月为繁殖期卵巢, 3 月上旬多数卵巢已达Ⅳ

期末,并开始游向产卵场,3月下旬到4月中旬大批产卵,产卵后卵巢即进入Ⅵ期;5月卵巢主要处于退化吸收期,少数个体尚能繁殖,切片所用7尾个体的卵巢中,有4尾处于Ⅵ期,2尾处于Ⅱ期,1尾处于Ⅳ期末;6~9月卵巢处于修复发育阶段,以Ⅱ时相卵母细胞为主,兼有少量Ⅲ时相卵母细胞。经退化吸收期后,卵巢很快恢复到Ⅱ期,开始新一个生殖周期的发育。周年变化中没有Ⅰ期卵巢出现。

人工养殖条件下,一些经特别培育的繁殖后雌性个体,如草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)和南方鲇等,当年可再次人工繁殖,但繁殖力较第一次低。

1.4 卵巢发育的组织学分期

卵巢内雌性细胞的发育分为6个时相。

1.4.1 卵原细胞时相(Ⅰ时相)

卵原细胞出现于Ⅰ期卵巢中,此时卵巢腔已形成。卵巢壁主要由结缔组织和生殖上皮构成,有丰富的血管和淡红色血细胞。产卵板尚未形成,生殖上皮占卵巢壁厚度的1/4。卵原细胞圆形或椭圆形,位于生殖上皮内,核所占比例较大,位于细胞中央,一个核仁,核膜内缘有分散的核质,核染深蓝色,胞质淡染。

南方鲇左右卵巢呈囊状向两侧伸出,后端约1/3合在一起,共用一腔;卵原细胞直径为 $8.91\sim 10.98\mu\text{m}$,核径为 $4.95\sim 6.93\mu\text{m}$ 。细胞排列杂乱无章(图版1-Ⅱ:1,2)。

胭脂鱼卵原细胞直径为 $7.37\sim 10.51\mu\text{m}$,平均为 $8.44\mu\text{m}$,胞核圆形,较大,核径为 $5.18\sim 7.36\mu\text{m}$,平均为 $6.04\mu\text{m}$,位于细胞中央,有一中央大核仁,胞质较少,嗜碱性强,苏木精-伊红(hematoxylin-eosin, HE)染色呈深蓝色,核质比较大(图版1-I-D:2)。

长薄鳅(*Leptobotia elongata*)卵原细胞直径为 $14.07\sim 17.28\mu\text{m}$,平均为 $15.68\mu\text{m}$;核径为 $7.78\sim 9.95\mu\text{m}$,平均为 $8.87\mu\text{m}$ 。胞质嗜碱性强,核质比大,核膜双层,清晰,核位于细胞中央,有一中央大核仁(图版1-IV-A:1)。

厚颌鲂(*Megalobrama pellegrini*)卵原细胞长径为 $4.60\sim 11.52\mu\text{m}$,质膜清晰,胞核较大,近圆形、近中位,核径为 $3.01\sim 5.75\mu\text{m}$,核质比为 $1/3\sim 1/2$;核仁一个,圆形、中位,强嗜碱性,直径为 $1.42\sim 1.97\mu\text{m}$;核质和胞质较少,在HE染色中相对较淡(图版1-V-A:1)。正在进行分裂增殖的卵原细胞质膜清晰,核仁消失,核膜不可辨,细胞中央有强嗜碱性、呈线团状分布的染色质(图版1-V-A:2)。在发育至Ⅱ期以后的卵巢内也存在少量的卵原细胞,其外形不规则,多为梨形、多角形、多边形等,直径为 $69.32\sim 86.01\mu\text{m}$ 。胞质少而均匀、嗜碱性强;胞核近圆形、中位,弱嗜酸性,内含一个大核仁或多个小核仁,核径为 $40.13\sim 41.73\mu\text{m}$ (图版1-V-A:3)。

圆口铜鱼(*Coreius guichenoti*)卵原细胞靠近基质膜,排列紧密,成团挤在一起。核位于细胞中央,核膜清晰。核仁多为一个,居中,强嗜碱性,直径为 $1.4\mu\text{m}$,核质和胞质较少,三色法和HE染色中相对淡染,周围无滤泡细胞分布(图版