

文章编号: 1674-7054(2012)03-0197-07

尼罗罗非鱼仔鱼个体发育及性腺分化的发育

陈兴汉^{1,2}, 刘晓春¹, 蒙子宁¹, 张勇¹, 林浩然^{1,3}, 叶卫⁴(1. 中山大学 生命科学学院, 广东 广州 510275; 2. 阳江职业技术学院 生命科学与技术系, 广东 阳江 529566;
3. 海南大学 海洋学院, 海南 海口 570228; 4. 番禺国家级罗非鱼良种场, 广东 广州 511453)

摘要: 通过形态学、组织学的描述和显微结构的观察, 研究了尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*) 仔鱼在自然水温条件下(26~30℃)的个体发育和性腺分化发育过程。结果表明, 仔鱼个体发育分为2个时期, 仔鱼前期(从出膜到卵黄囊消失)和仔鱼后期(卵黄囊消失至奇鳍褶消失); 性腺发育分化的时序为: 5 DPH时, 开始出现生殖嵴; 10 DPH时, 出现少数原始生殖细胞, 形成原始性腺; 28 DPH时, 可清晰辨认卵原细胞, 呈现明显的性腺分化组织学特征, 至42 DPH时可辨认精原细胞。

关键词: 尼罗罗非鱼; 仔鱼; 个体发育; 性腺分化

中图分类号: Q 331 **文献标志码:** A

罗非鱼属鲈形目(Perciformes) 鲈形亚目(Percoidae) 丽鱼科(Cichlidae) 罗非鱼属(*Oreochromis*) 具有肉味美、生长快、病害少、适应力强、养殖成本低等许多优点。近年来, 我国罗非鱼的产量和出口量稳居世界第1位, 2009年我国罗非鱼的产量达120万t, 出口量达25.9万t, 居我国水产品出口总量的第3位^[1], 显露出了罗非鱼作为产业化养殖和世界大宗贸易对象的替力^[2]。因此, 联合国粮农组织将罗非鱼视为“21世纪之鱼”^[3]加以推广。对鱼类的早期个体发育方面的研究报道较多, 研究内容主要集中在仔、稚、幼鱼发育阶段的划分和发育特征的描述以及环境因素对个体发育的影响等方面^[4-7]。但有关罗非鱼个体发育的研究很少, 仅见王令玲和仇潜如^[8]对尼罗罗非鱼胚胎及胚后发育作过观察报道。尼罗罗非鱼仔鱼发育过程较复杂, 形态构造不容易确定, 而稚鱼和幼鱼的发育相对较简单, 仔鱼的培育是成活的关键。

有关鱼类性腺分化发育的研究, 主要集中于性腺分化的时期和性腺发育的过程^[9-12]。对罗非鱼性腺发育和分化的研究报道, 主要有以下几位国内外学者: 陈玉琳等^[13]对莫桑比克罗非鱼的性腺发育与分化作过报道; Nakamura等^[14]研究表明, 在孵化后约20 d(DPH, Days post hatching), 可以从组织学上分辨出莫桑比克罗非鱼雌雄性别; 刘筠等^[15]报道了尼罗罗非鱼性腺发育的过程, 并发现了第I期精巢为两性并存的嵌合体; 朱云林^[16]研究表明, 尼罗罗非鱼幼鱼从3日龄开始出现原始生殖嵴, 10~20日龄为性腺分化时期; 王令玲等^[17]报道称尼罗罗非鱼2~3日龄形成性腺原基, 约30日龄开始分化成卵原细胞或精原细胞, 当精巢、卵巢发育至第I、II时期时, 有两性细胞共存的现象; Hines^[18]对尼罗罗非鱼的研究结果表明, 36 DP(Days post fertilization) 可分辨出雌性卵巢; 但Rothbard^[19]发现, 尼罗罗非鱼在孵出后12周, 有的性腺还不能清楚地区分, 估计这种性腺是朝精巢方向发展的。从以上结果可以看出, 虽然对尼罗罗非鱼性别分化的研究报道较多, 但各研究结果间有较大差异, 因此, 有必要进行进一步的深入研究。

1 材料与方法

1.1 材料 尼罗罗非鱼仔鱼取样于广东省番禺市国家级罗非鱼良种场。用取卵器挖取母本亲鱼卵, 选取健壮、无病、卵粒偏黄、颗粒大、发亮, 鱼体色发红的雌鱼作为母本; 选择健壮、无病, 可以挤出白色精液

收稿日期: 2012-05-21

基金项目: 广东省海洋渔业科技推广专项项目(A200901C03)

作者简介: 陈兴汉(1978-), 男, 土家族, 湖北恩施人, 广东省阳江职业技术学院讲师。

通信作者: 林浩然, 中国工程院院士, E-mail: lsslhr@mail.sysu.edu.cn

的雄鱼作为父本。1雌1雄配养于约4 m×1.5 m×1.2 m($l \times b \times h$)的水泥池中。投喂普通罗非鱼成鱼饲料,保持微流水。待卵成熟后,雌鱼自行产卵,并把卵含在雌鱼口中进行口腔孵化。拉网检查雌鱼口腔中是否有鱼卵,在仔鱼孵出前1~3 d,把卵从亲鱼口腔中取出,在孵化装置系统中孵化。待仔鱼全部孵出后,放在体积约40 cm×25 cm×25 cm($l \times b \times h$)的白色塑料箱中饲养。待仔鱼生长到第7天,再分组进行试验。所有的鱼池、用品都用富氯或富溴做常规消毒。

1.2 方法

1.2.1 实验设计 设A、B、C 3个平行组。每组100尾鱼,在整个饲养过程中,按略高于鱼体重3%的饱和投喂法^[20]投喂鳃料。当饲料水平超过鱼体质量3%后,特定生长率(special growth rate, SGR)不明显增加,这样就降低了由于食物不足导致的个体大小的分化。在自然水温(26~30℃)条件下饲养到65 DPH。

1.2.2 实验方法 从每个平行组随机选取5尾仔鱼,在ZEISS Stenmi 2000显微镜下,观察仔鱼个体发育,观察时间为1~8 DPH,每天9:00和17:00各拍照1次,选取具有代表性的图片保存。性腺分化发育取样方法:从每个平行组中分别选取1、2、3、4、5、7、10、14、17、21、25、28、35、42、49、56、63 DPH的仔鱼,各10尾。样品固定在波恩氏液中,用于切片观察。幼鱼进行常规石蜡包埋和切片^[21],于ZEISS AXIOLAB显微镜下观察、拍照,以确定性腺分化和发育期。

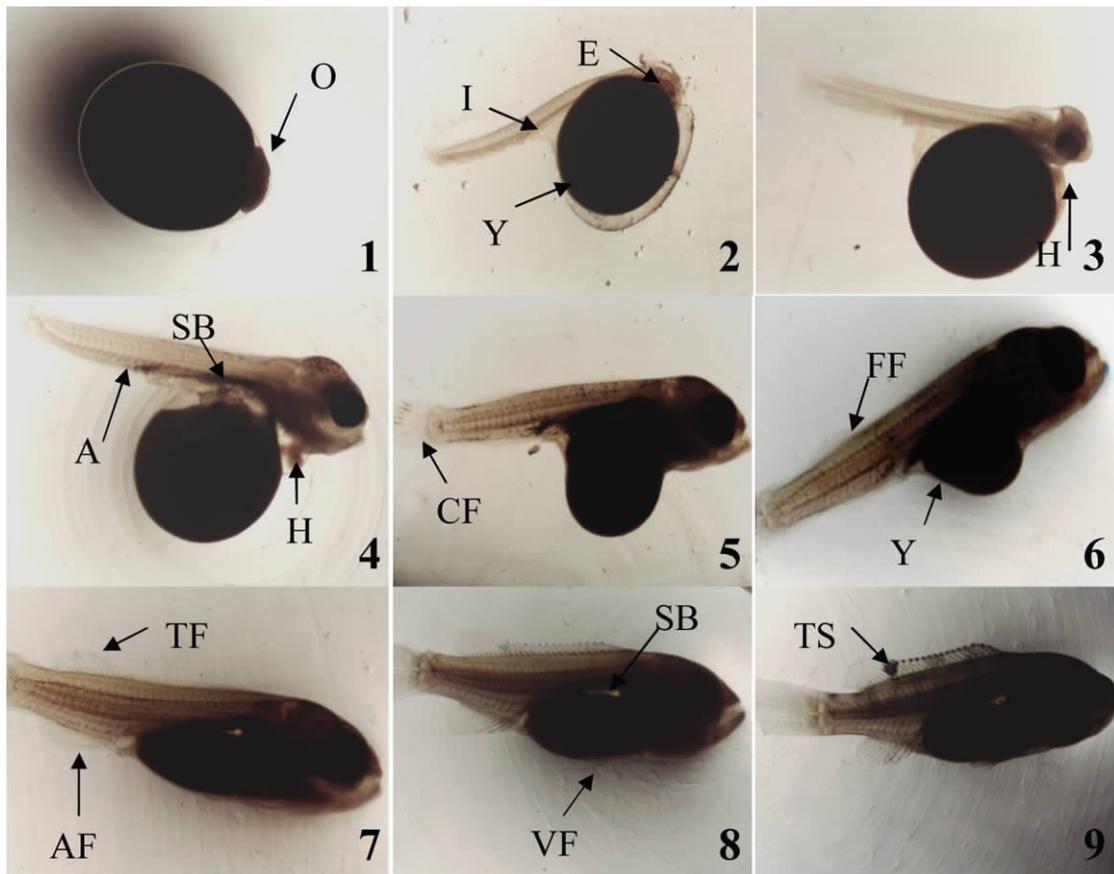
2 结果与分析

2.1 仔鱼的个体发育 尼罗罗非鱼受精卵为寡质端黄卵,颜色呈金黄色,卵形呈椭圆形,一端钝圆,一端稍尖,充满卵黄的钝圆端为植物极,相对较尖的一端为动物极,呈透明状。动物极上可见1个由卵膜内陷而成的受精孔,呈漏斗状。受精后25~35 min,细胞质集中于动物极,形成透明状胚盘。受精卵吸水膨胀后,形成狭小卵周隙,动物极卵周隙比植物极的卵周隙稍宽。受精卵长径为2~2.5 mm,宽径为1.5~1.8 mm。卵径大小与亲鱼大小有关,出膜仔鱼与卵径大小有关。在自然水温(26~30℃)条件下,受精卵经过5~6 d的胚胎发育,仔鱼破膜而出,出膜的当天,记为1 DPH,依次类推。在出膜时期,胚体剧烈扭动,用尾部拍击卵鞘,一般是尾部先破膜而出,但也有头部先挣脱卵鞘出膜的。在同一环境条件下,一批胚体经过4~5 h全部出膜(图版I-1)。仔鱼经过仔鱼前期和仔鱼后期2个阶段,到奇鳍褶消失、发育成纺锤形体型约为8 d。

2.1.1 仔鱼前期(从刚出膜到卵黄囊消失) 1 DPH:眼点清晰可见,无色透明,口封闭,约12 h后出现口裂,肠管为一直管,末端肛孔封闭;鱼体透明状,体节明显;具1个圆形的大卵黄囊,尾部还贴在卵黄囊上,头部伸出卵黄囊表面;2~3 h后,尾部脱离卵黄囊伸直,有时尾部振动几下,一般不动,沉在水体底部(图版I-2)。2 DPH:眼球颜色开始加深,呈灰黑色,显微镜下可见明显嗅窝;口开启、下位;肉眼可见心脏;胸鳍基出现;尾部摆动剧烈,但由于卵黄囊较大,只能在原地周围转动,用手去搅动鱼体周围水体,不能游动,身体透明(图版I-3)。3 DPH:肉眼可见心脏跳动,呈S形,心耳由心室下方移位至心室上方;口开启明显,活动灵活,口位置移到端位;肠前端形成第1盘曲,肛门开口,与体外贯通;鳃盖开始出现;头部、心脏以及卵黄囊上黑色素分布增多;鳃清晰可见,在底部游动,用手搅动仔鱼周围的水体,不能迅速逃离(图版I-4)。4 DPH:尾鳍原基清晰可见,可见明显的卵黄囊残留;身体明显呈黑色,头部分布着浓密的黑色素,眼球巩膜及卵黄囊上黑色素分布明显增多,肠的部位也有黑色素分布;仔鱼在底部游动速度加快,鳃开始充气,大多数能游到水体中层和上层,伸手去触摸鱼会迅速逃离(图版I-5)。5 DPH:卵黄囊还有少量残留;奇鳍褶开始显现;背鳍、臀鳍开始出现鳍条原基,尾鳍条明显,胸鳍扩大;此时可开始投喂小型浮游生物,如小球藻属及舟形藻属的某些种类;此时仔鱼活动敏捷,可活动于水体各层(图版I-6)。

2.1.2 仔鱼后期(卵黄囊消失至奇鳍褶消失) 6 DPH:卵黄囊完全消失;身体黑色素头更加稠密,嗅窝、上下颌、鳃盖后缘以及尾鳍都出现黑色素;背鳍条、臀鳍条数增加,腹鳍芽开始出现。上下颌各出现一列齿;鳍完整,鳃盖完整;可开始主动捕食剑水蚤、轮虫属的某些种类(图版I-7)。7 DPH:奇鳍褶将近消失,腹鳍扩大;鳃室明显,前室长大,后室圆小;身体腹部两侧有银色显现,鳃盖略呈蓝色,有银光色素分布;完全发育为成鱼般纺锤形体型(图版I-8)。8 DPH:奇鳍褶完全消失,腹鳍伸长。在背鳍最后1枚硬

棘和 1 2 3 软鳍条间出现 1 个较明显的黑色斑点, 此为尼罗罗非鱼特有标记(图版 I -9)。

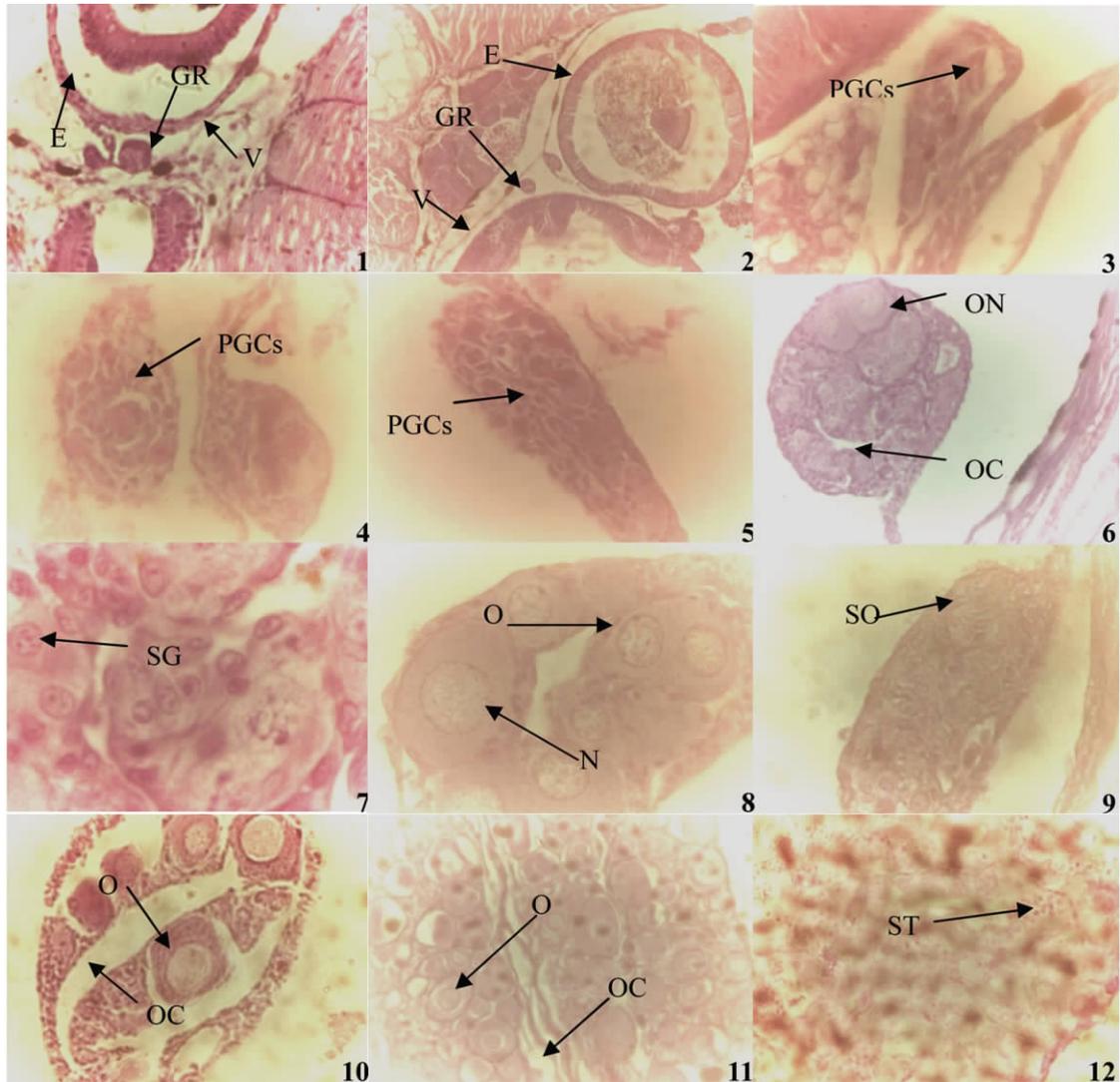


图版 I 尼罗罗非鱼仔鱼个体发育

A(anus): 肛门; AF(anal fin): 臀鳍; CF(caudal fin): 尾鳍; E(eyespot): 眼点; FF(fin fold): 奇鳍褶; H(heart): 心脏; I(intestine): 肠; SB(swim bladder): 鳔; TF(tergal fin): 背鳍; TS(tilapia spot): Tilapia 标记; VF(ventral fin): 腹鳍; YB(yolk bag): 卵黄囊。1. 受精卵($\times 10$); 2. 1 DPH 脱卵膜, 示卵黄囊、眼点和肠管($\times 6.5$); 3. 2 DPH 示心脏($\times 8$); 4. 3 DPH 示心脏和肛门($\times 8$); 5. 4 DPH 仔鱼 示尾鳍($\times 6.5$); 6. 5 DPH 示卵黄囊和鳍褶($\times 6.5$); 7. 6 DPH 示背鳍和臀鳍($\times 6.5$); 8. 7 DPH 示鳔和腹鳍($\times 5$); 9. 8 DPH 示罗非鱼标记($\times 4$)

2.2 性腺分化发育时序 1~4 DPH: 在自然水温($26 \sim 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$)条件下, 仔鱼卵黄囊很明显, 内脏器官已形成, 口和肛门已开启, 但在切片上还找不到原始生殖嵴(Genital ridge)。5 DPH(图版 II -1): 卵黄囊尚未完全消失, 背系膜(Velum)和消化道(Enteron)开始发育, 已经能清楚地观察到原始生殖嵴, 位于躯干后部体腔的背面、肠管和背大动脉之间的腹腔膜基部。7 DPH(图版 II -2): 另一类较小的仔鱼生殖嵴, 与图 1 中 5 DPH 时的生殖嵴相比小许多, 横切面呈圆形、扁形或三角形, 看不到细胞间隙, 生殖嵴由腹腔膜延伸入腹腔中, 有 1 条性腺系带连在腹腔膜上, 生殖嵴位于背大动脉和肠系膜基部的两侧, 离开肠管而独立存在。10 DPH(图版 II -3): 开始可见少量原始生殖细胞(PGC), 原始性腺开始形成; 在背肠系膜上还可以看到正在向生殖嵴迁徙的生殖细胞, 生殖细胞数目增多、分化更加明显; 可见分散的细胞间隙, 此即为初级生殖腔。21 DPH(图版 II -4): 原始性腺继续发育分化, PGCs 明显增多, 初级生殖腔扩大, 一般呈新月形。25 DPH(图版 II -5): 原始性腺进一步增大, PGCs 进一步增值, 此时镜检还不能区分性腺的性别。28 DPH(图版 II -6, 7): 镜检可清晰辨认卵原细胞(即第 I 时相卵母细胞)及卵巢腔, 肉眼可见卵巢为白色细丝状, 位于肠管背面紧贴腹腔膜, 卵巢内卵原细胞发育速度有差异。卵母细胞呈圆形或卵圆形, 核也为圆形或卵圆形, 卵母细胞膜为 1 层精细无结构的膜, 核仁明显; 镜下观察此期原始精巢中含有大量的精原细胞不规则的排列在精巢之中, 肉眼观察呈透明的细线状, 紧贴腹腔膜上, 此时期为第 I 期卵巢。35 DPH(图版 II -8): 肉眼可见卵巢呈白色细线状, 后端较粗, 并有血管分布, 卵母细胞膜外包围 1 层滤泡细胞,

初级卵母细胞呈多角椭圆形或长椭圆形,呈不规则排列,卵巢腔明显增大。42 DPH(图版 II-9):肉眼观察精巢呈半透明白色细线状,在显微镜下($\times 200$),可从整体外观形态上辨认精巢;精细管横切面呈圆形,由精原细胞和精母细胞组成,部分精原细胞分裂为初级精母细胞;壶腹形成,壶腹间由结缔组织分隔,此时期为第 I 期精巢。49 DPH(图版 II-10):可见卵巢增大,卵巢腔尤为明显。63 DPH(图版 II-11,12):解剖鱼体可明显地看到 2 条性腺,卵巢粗短呈白色囊状,精巢呈细长的灰白色线状;卵巢内出现脂肪开始沉积时相的卵母细胞,进入营养物质积累时期,卵粒清晰可见;精巢开始进入成熟阶段,除可见初级精母细胞、次级精母细胞、精子细胞外,还开始出现密集精子;各期生殖细胞对苏木精的着色深浅不一,故较容易区分。



图版 II 尼罗罗非鱼性腺分化发育

V(velum):背系膜;E(enteron):消化道;GR(genital ridge):生殖嵴;N(nucleoli):核仁;ON(oogonia):卵原细胞;O(oocyte):卵母细胞;OC(ovarian cavity):卵巢腔;PGCs(primordial germ cells):原始生殖细胞;SG(spermatogonium):精原细胞;SO(spermatocyte):精母细胞;ST(spermatid):精子细胞。1. 5 DPH,示第 1 类较大生殖嵴、未完全的横膈膜和刚形成的消化道($\times 100$);2. 7 DPH,示第 2 类较小生殖嵴、完整横膈膜和消化道($\times 100$);3. 示 10 DPH 性腺,有少量原始生殖细胞($\times 200$);4. 示 21 DPH 性腺,原始生殖细胞增多($\times 200$);5. 示 25 DPH 性腺,性腺增大,原始生殖细胞增多($\times 200$);6. 示 28 DPH 卵巢,可见卵原细胞($\times 200$);7. 示 28 DPH 精巢,可见清晰精原细胞($\times 1000$);8. 示 35 DPH 卵巢,卵母细胞增多($\times 400$);9. 示 42 DPH 精巢($\times 200$);10. 示 49 DPH 卵巢,可见清晰卵母细胞($\times 200$);11. 示 63 DPH 卵巢,可见大量卵细胞($\times 20$);12. 示 63 DPH 精巢,可见大量精子细胞($\times 200$)

3 讨论

3.1 仔鱼发育分期 参照常规罗非鱼仔鱼发育阶段的分期标准^[12-13],把尼罗罗非鱼仔鱼发育分为仔鱼前期和仔鱼后期。仔鱼前期的主要形态特征为:口开启,肛门开口,鳃盖出现,鳔充气,除腹鳍外,各鳍原基出现,身体色素逐渐增多,卵黄囊逐渐消失。在本研究中,尼罗罗非鱼受精卵在自然水温(26~30℃)条件下经5d出膜,仔鱼前期持续时间为5~6d,这与Rana^[22]的研究结果相似。5DPH时,卵黄囊接近消失。卵黄囊的消失标志着进入仔鱼后期发育阶段。在卵黄囊接近消失时,要开始投喂小型浮游生物(如小球藻属和舟形藻属的某些种类),这是保证仔鱼成活率的关键。仔鱼后期,主要特征为:各鳍完整,鳃盖完全,身体纺锤形,有银色显现;在8DPH时,奇鳍褶完全消失,这标志着仔鱼后期结束,进入稚鱼期;此时背鳍最后1枚硬棘和1、2、3软鳍条间出现1个明显的黑色标记斑点,标记斑点出现的时间和位置可作为辨认尼罗罗非鱼的依据。仔鱼后期在形态、生理上变化较大,也是仔鱼完成从内源性营养到外源性营养的过渡时期,是育苗过程中关键时期,死亡率极高,又称其为仔鱼的危险期^[5]。

3.2 性腺分化发育 生殖嵴的发生:不同种类的鱼性腺分化时间不同^[8,10],如青鳉(*Oryzias latipes*) 在孵化期已开始性分化;黄鳝(*Monopterus albus*) 在15~40DPH时,发生性分化;泥鳅(*Misgurnus anguillicaudatus*) 和大西洋鲑(*Salmo salar*) 在40~60DPH时,发生性分化;半滑舌鳎(*Areliscus semilaevis*) 在60DPH以后,出现性分化。笔者对自然水温(26~30℃)条件下的尼罗罗非鱼仔鱼性腺分化及发育进行研究,发现在5DPH时,生殖嵴开始出现,同时可见未完整的背系膜和刚形成的消化道。陈玉琳等^[13]报道,莫桑比克罗非鱼在孵出2~3d时,可观察到由原始生殖细胞组成的性腺原基,这证明莫桑比克罗非鱼和尼罗罗非鱼生殖嵴出现的时间是不同的。朱云林^[16]的研究表明,从尼罗罗非鱼第3日龄开始,鱼胚切片能看到原始生殖嵴;王令玲等^[17]报道,尼罗罗非鱼在出膜后2~3d时,可见到在肠管背面由腹腔膜伸展发育而形成性腺原基。这可能是由于尼罗罗非鱼的品种、品系以及环境因素、胚胎自身因素等引起的差异。

性腺的形成:原始生殖细胞(PGCs)的出现是性腺的形成标志。此时还不能区分精巢、卵巢,故称原始性腺。本研究中,原始性腺形成于10DPH,原始性腺的形成和背系膜及消化道的形成大致同步,可见原始生殖细胞由背系膜迁移到背部,与生殖嵴共同构成性腺。这与高书堂^[23]对泥鳅以及张小雪^[24]对黄鳝的性腺分化及发育的研究结果一致,由此表明,尼罗罗非鱼原始生殖细胞迁徙途径与泥鳅和黄鳝相同。陈玉琳等^[13]报道,莫桑比克罗非鱼在孵出10~11d(鱼苗全长约为15mm)时,性腺原基的分化更加明显,生殖细胞数目也迅速增加,并逐渐形成原始性腺。王令玲等^[17]在研究尼罗罗非鱼时发现,10日龄鱼(全长10mm)时,性腺原基分化明显,生殖细胞数目增多,原始性腺形成,这说明尼罗罗非鱼和莫桑比克罗非鱼原始性腺形成时间约为10DPH。采用温度调控和激素诱导^[25]等性别控制手段要在原始性腺形成之前开始进行。

性腺的分化:本研究结果表明,28DPH时的镜检可清晰辨认卵母细胞和卵巢腔,原始精巢中大量的精原细胞不规则的排列在精巢之中。这可以作为判别精巢和卵巢的组织学依据。Hines^[18]对尼罗罗非鱼仔鱼的性腺分化的研究结果表明,36DPF(Days post fertilization)可分辨卵巢;王令玲等^[17]发现尼罗罗非鱼约在30日龄时,开始分化成卵原细胞或精原细胞。这说明尼罗罗非鱼性腺分化完成的时间约在28~30DPH。但Nakamara^[14]认为,从组织学上可以分辨出尼罗罗非鱼雌雄是在孵化后约20d。这可能是由于罗非鱼的性别分化受多种因素的影响(如罗非鱼的不同品种、水温、养殖条件等),且要准确地确定性分化的时间比较困难。解剖学上的性分化标志为卵巢腔的形成或输精管的出现,但不同的鱼类,初始生殖腔的形态、形成时间和方式各不相同。细胞学上的分化是指原始生殖细胞通过成熟分裂产生性母细胞的过程。虽然解剖学上的分化标志可作为性腺分化的依据,但细胞学上的分化依然是判断性别分化最可靠的标准。此外,刘筠等^[15]发现尼罗罗非鱼第I期精巢为两性并存的嵌合体;王令玲等^[17]也发现当

精巢、卵巢发育为第 I、II 时期时有两性细胞共存的现象。在本研究中没有发现精巢或卵巢有两性细胞共存的现象,这可能与尼罗罗非鱼的品种或环境因素不同有关。至今已经确认尼罗罗非鱼的性腺具有两性分化的可塑性,但其性腺的性别是在原始性腺形成时就已经决定,还是由外源因素主导性腺的分化方向的这个问题可作为进一步研究的方向。

雌雄性腺的发育:不同种的鱼类之间性腺分化发育速度有差异,同种鱼的不同性别之间性腺分化发育速度同样存在差异。多数鱼类卵巢分化要早于精巢分化^[8]。黄颡鱼卵巢分化时间早于精巢,在 13 DPH 时出现卵巢分化的趋势;精巢分化时间约始于 40 DPH,至孵出后 55 DPH 精小叶和输精管形成。半滑舌鳎在 62 DPH 时卵巢开始分化,而在 100 DPH 时精巢才开始分化。相反,有一些鱼类卵巢分化要比精巢分化晚。黑脊倒刺鲃(*Spinibarbus caldwelli*) 28 DPH 时未分化性腺中的 PGCs 发育成精原细胞,而直到 42 DPH 才观察到卵巢的分化。本研究中,最早在 7 DPH 时就发现 1 个较小的生殖嵴,横切面呈圆形或扁圆形,看不到细胞间隙,与 5 DPH 时的生殖嵴相比小许多,估计这种性腺是朝精巢方向发展的。到 35 DPH 时,肉眼可见卵巢为白色细丝状,镜检可清晰辨认卵原细胞及卵巢腔,卵原细胞膜为 1 层精细无结构的膜,核仁明显;此时期为第 I 期卵巢;在 42 DPH 时,肉眼观察精巢呈半透明白色细线状,显微镜下可辨认精巢,部分精原细胞分裂为初级精母细胞,此时期为第 I 期精巢。这证明尼罗罗非鱼在性腺发育到第 I 期前,卵巢发育分化速度比精巢要快。

性腺分化是受基因调节控制的,外界环境因素可影响性腺的分化方向。环境因素可能是通过影响某些性别决定基因的表达或活性,或者改变了某些基因表达产物的构象、抑或作为修饰因子改变分子的空间构型,这些产物作为雄性决定因子(Male Determine Factor, MDF)在积累到一定水平时,就朝雄性方向发展,否则就发育为雌性。罗非鱼是较好的研究性别决定的模式生物,性别分化是性别决定的基础,研究罗非鱼的性别分化和发育,除可明确性别调控的有效时段外,还可为鱼类性别决定的研究提供理论参考。

参考文献:

- [1] 王斌. 中国罗非鱼出口贸易国际竞争力研究[D]. 南京: 江南大学, 2011.
- [2] 李思发. 我国罗非鱼养殖业世纪展望[J]. 中国水产, 2000, 1: 15-20.
- [3] 戈贤平, 刘柱军, 宋迁红. 淡水优质鱼类养殖大全[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 15-43.
- [4] 唐啸尘, 周歧存, 丁燊, 等. 甲状腺素对斜带石斑鱼卵黄囊期仔鱼生长发育的影响[J]. 广东海洋大学学报, 2011, 31(1): 18-22.
- [5] 郭仁湘, 符书源, 杨薇, 等. 鞍带石斑鱼仔稚(幼)鱼的发育和生长研究[J]. 水产养殖, 2011, 32(4): 8-13.
- [6] 洪孝友, 朱新平, 陈昆慈, 等. 美洲鲈胚胎及仔稚鱼的发育[J]. 水生生物学报, 2011, 35(1): 153-162.
- [7] 徐玲玲, 邵邻相, 谢炜, 等. 七彩神仙鱼胚胎及仔鱼发育研究[J]. 河南师范大学学报: 自然科学版, 2012, 40(1): 125-129.
- [8] 王令玲, 仇潜如. 尼罗罗非鱼胚胎及胎后发育的观察[J]. 动物学报, 1981, 27(4): 327-335.
- [9] 宋卉, 王树迎, 彭克美, 等. 多鳞铲颌鱼性腺分化发育的组织学研究[J]. 中国水产科学, 2006, 13(5): 723-731.
- [10] 王晶, 王冰, 李纪同, 等. 斑马鱼性腺发育的组织学观察[J]. 基因组学与应用生物学, 2011, 30(2): 168-174.
- [11] 尹洪滨, 贾中贺, 姚道霞, 等. 黄颡鱼性腺分化的组织学观察[J]. 动物学杂志, 2008, 43(6): 103-108.
- [12] 张立涛. 斑马鱼早期性腺发育及甲基睾酮对其性分化的影响[D]. 保定: 河北大学, 2010.
- [13] 陈玉琳, 胡秀敏, 朱雅珠, 莫桑比克罗非鱼幼鱼的性腺发育与分化[J]. 水产学报, 1980, 4(4): 313-320.
- [14] NAKAMURA M. Dosage-dependent changes in the effect of oral administration on gonadal sex differentiation in *Tilapia mossambica* [J]. Bull Fac Fish Hokkaido Univ, 1975, 26: 99-108.
- [15] 刘筠, 刘国安, 陈淑群, 等. 尼罗罗非鱼性腺发育的研究[J]. 水生生物学集刊, 1983, 8(1): 17-32.
- [16] 朱云林. 尼罗罗非鱼(*Tilapia nilotica*) 性腺发育过程的研究[J]. 福建师范大学学报: 自然科学版, 1987, 3(3): 74-81.
- [17] 王令玲, 仇潜如, 吴福煌. 尼罗罗非鱼性腺发育的研究[J]. 淡水渔业, 1986, 2: 1-6.

- [18] HINES G A , BOOTS L R , WIBBELS T , et al. Steroid levels and steroid metabolism in relation to early gonadal development in the Tilapia , *Oreochromis niloticus*(Teleostei: Cyprinoide) [J]. Gen Comp Endocrinol , 1999 , 114: 235 – 248.
- [19] ROTHBARD S , MOAV B , YARON Z. Changes in steroid concentrations during sexual ontogenesis in tilapia [J]. Aquaculture , 1987 , 61: 59 – 74.
- [20] 王岩. 食物水平和初始体重对杂交罗非鱼生长和个体生长分化的影响 [J]. 应用生态学报 , 2003 , 14(2) : 237 – 240.
- [21] 芮菊生. 组织切片技术 [M]. 北京: 人民教育出版社 , 1980: 37 – 55.
- [22] RANA K J. Influence of incubation temperature on *Oreochromis niloticus*(L.) eggs and fry I . Gross embryology , temperature tolerance and rates of embryonic development [J]. Aquaculture , 1990 , 87: 165 – 181.
- [23] 高书堂 , 高令秋 , 岳朝霞. 泥鳅原始生殖细胞的发生、迁移和性腺分化 [J]. 武汉大学学报: 自然科学版 , 1998 A(44) : 477 – 480.
- [24] 张小雪 , 董元凯. 黄鳝性腺发育与分化的研究 [J]. 水利渔业 , 1998(5) : 53 – 55.
- [25] 陈兴汉. 尼罗罗非鱼仔鱼生长发育和温度调控与雄激素诱导雄性化的研究 [D]. 广州: 中山大学 2005.

Ontogenetic Development and Gonadal Differentiation and Development of Larvae Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.)

CHEN Xing-han^{1,2} , LIU Xiao-chun¹ , MENG Zi-ning¹ , ZHANG Yong¹ , LIN Hao-ran^{1,3} , YE Wei⁴

(1. College of Life Sciences/ Institute of Aquatic Economic Animals , Sun Yet-sen (Zhongshan) University , Guangzhou 510275 , China;

2. Life Science and Technology Department , Yangjiang Vocational and Technical College , Yangjiang 529566 , China;

3. College of Ocean , Hainan University , Haikou 570228 , China; 4. Panyu National Tilapia Breeding Center , Guangzhou 511453 , China)

Abstract: Larvae of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) were observed morphologically , histologically and micro-structurally under the natural condition with the temperature ranging from 26°C to 28°C in terms of ontogenetic development and gonadal differentiation and development. Observations showed that the development of larvae Nile tilapia can be divided into two stages: early larval stage from hatching to the complete yolk-sac absorption , and late larval stage from the complete yolk-sac absorption to the appearance of odd fin fold. The sex differentiation occurs at around 28 days post hatching (DPH) . The genital ridge , incomplete velum and enteron start to appear at 5 DPH. The primordial germ cells (PGCs) appear at 10 DPH although few , and form primordial gonad. The oocytes can be easily distinguished at 28 DPH and show clear histological characteristics of gonadal differentiation. The spermatogonia can be distinguished at 42 DPH.

Key words: *Oreochromis niloticus*; larvae; ontogenetic development; gonadal differentiation