

条纹锯鲷胚胎发育及卵黄囊仔鱼形态变化的观察

贾瑞锦^{1,2} 王 鲁² 赵从明³ 公光业^{1,2} 孙曙光² 于 宏²
王彦怀³ 孙 涛⁴ 王 贺³ 陈 超^{2*}

(¹上海海洋大学水产与生命学院, 201306)

(²农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

(³天津立达海水资源开发有限公司, 300050)

(⁴烟台开发区天源水产有限公司, 264000)

摘 要 通过观察条纹锯鲷的胚胎发育过程及卵黄囊仔鱼形态变化, 研究其胚胎发育及卵黄囊仔鱼的形态特征、特点。采用 Nikon E200 显微镜对其胚胎发育形态及卵黄囊仔鱼形态变化进行连续拍照取样, 详细描述了其从受精卵到初孵仔鱼的 26 个具体发育时期的形态特征、孵化温度、发育时间及卵黄囊仔鱼的形态变化特征。结果显示, 条纹锯鲷的受精卵为球形、游离的浮性卵, 平均卵径为 0.950 ± 0.039 mm; 条纹锯鲷受精卵孵化需经过卵裂期、囊胚期、原肠胚期、神经胚期、器官生成期和孵化期 6 个主要时期, 在 80 目的孵化网箱中, 水温 $20 \sim 20.5$ °C、盐度 $28 \sim 32$ 、 $DO \geq 5$ mg/L、pH $7.6 \sim 8.4$ 静水微充气的条件下需要 46 h 53 min 孵化; 卵黄囊在仔鱼出膜 2 d 后被吸收。

关键词 条纹锯鲷 胚胎发育 卵黄囊仔鱼 受精卵

中图分类号 S917.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2012)04-0011-07

Preliminary studies on embryonic development and morphology of the yolk-sac larvae of *Centropristis striata* Linnaeus

JIA Rui-jin^{1,2} WANG Lu² ZHAO Cong-ming³ GONG Guang-ye^{1,2}
SUN Shu-guang² YU Hong² WANG Yan-huai³
SUN Tao⁴ WANG He³ CHEN Chao^{2*}

(¹ College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, 201306)

(² Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(³ Tianjin Leadar Marine Resources Development Co., Ltd, 300050)

(⁴ Yantai Tianyuan aquaculture Co., Ltd, 264000)

ABSTRACT Nikon E200 microscope was used to observe the embryonic development of *Centropristis striata* Linnaeus. Detailed changes from the fertilized egg to the newly hatched fish, and morphological characteristics of 26 specific developmental stages were described. The results showed that fertilized eggs of *C. striata* Linnaeus were free-floating and spherical, at an average diameter of 0.950 ± 0.039 mm; Embryonic development *C. striata* Linnaeus experienced six main stages including cleavage, blastocyst, gastrulation, neurula embryo, organogenesis and hatching

科技部国际合作专项(2012DFA30360)和天津市滨海新区项目(201004070)共同资助

* 通讯作者。ysfrichenchao@126.com

收稿日期: 2011-11-30; 接受日期: 2012-02-28

作者简介: 贾瑞锦(1988-), 男, 硕士研究生, 主要从事海水鱼类繁育和养殖技术研究。E-mail: jiaruijin@163.com, Tel: 18817593210

stage. The results showed that, at water temperatures of 20~20.5℃, salinity 28~32, $DO \geq 5$ mg/L, and pH 7.6~8.4, fertilized eggs of *C. striata* maintained in cages with slight aeration were hatched in 47 h, and yolk-sac in the larvae disappeared after 2 days.

KEY WORDS *Centropristis striata* Linnaeus Embryonic development
Yolk-sac larvae Fertilized egg

条纹锯鲈 *Centropristis striata* (Linnaeus) 属于鲈科 Serranidae、石斑鱼亚科 Serraninae、锯鲈属 *Centropristis*, 常用名美洲黑石斑鱼, 是美国东部沿海重要的商业捕捞对象, 重要的游钓鱼种和观赏鱼类(雷霖霖等 2007)。由于其属于广温、广盐性鱼类, 耐低温、低氧条件, 适合在我国的温带和亚热带海域养殖(卢继武等 2006)。相较于其他养殖石斑鱼类(刘基等 1984; 龚孟忠等 2004; 张海发等 2006), 条纹锯鲈更适合在我国北方, 特别是在山东、河北、天津、辽宁等地养殖, 是海水养殖业进行海洋生物高值化技术开发理想的选择(褚衍伟 2004)。国内自 2002 年(王波等 2003)从美国引进鱼苗和受精卵进行养殖和育苗试验至今, 已经对条纹锯鲈的营养成分(邱金海等 2009; 党冉等 2010)、消化道形态结构(李海燕等 2011)及血清 IgM 纯化(郑磊等 2011)等进行试验描述, 并对条纹锯鲈幼鱼的饲料配比进行了分析(林星 2011), 为条纹锯鲈在国内的养殖推广创造了条件。

条纹锯鲈属于雌雄同体、雌性先成熟的鱼类(王武等 2000)。Hood 等(1994)对自然群体的观察发现, 雌鱼多于雄鱼, 雌、雄性比为 1.5 : 1.0。Kendall 等(1977)观察发现, 在人工苗和河口水域的自然苗中, 不同年龄组的条纹锯鲈都有性逆转现象。4 龄以下的低龄鱼和体长小于 220mm 的条纹锯鲈中, 雌性均占优势; 年龄较大和体长较长的群体则以雄性为主。这种性转变活动给条纹锯鲈的育种工作带来了很大困难。本研究通过阐述条纹锯鲈的胚胎发育过程及卵黄囊仔鱼形态变化特征, 可为其人工繁殖、苗种培育及质量评价提供技术参考。

1 材料与方 法

1.1 亲鱼来源及培育

条纹锯鲈亲鱼为中国水产科学研究院黄海水产研究所在烟台开发区天源水产有限公司饲养的 3 龄亲鱼, 共 80 尾, 全长 35~50cm, 体重 1 000~1 700 g。饲养于 7m×3m×1.2m 室内抹角水泥池中, 培育水温 19~22℃, 盐度 28~32, $DO \geq 5$ mg/L, pH 7.6~8.4。全池每日饲喂约 240g 小黄鱼 *Pseudosciaena polyactis*。

1.2 人工催产及授精

在产卵季节, 选择成熟雌鱼进行催产。根据亲鱼腹部膨胀程度决定催熟和催产措施及激素用量, 激素注射时间为 09:00~10:00 时或 15:00~17:00 时, 肌肉注射(邹记兴等 2003)。催产激素选择促黄体素释放激素 A2(LHRH-A2)和绒促性素(HCG)(均为宁波三生药业有限公司生产)混合注射, LHRH-A2 约为 5 μ g/kg, HCG 为 1 000~1 200 单位/kg, 以注射用 0.9% 的生理盐水配制。注射时, 先使用 MS-222(浸泡)将亲鱼麻醉, 用湿布包裹置于泡沫板上, 在背部肌肉注射。注射后放回池中, 充气, 流水饲养。

激素效应时间为 12~24 h, 注射 12h 后每隔 1h 观察 1 次, 发现腹部明显膨大时即人工采卵授精。用 MS-222 麻醉亲鱼, 采用干法人工授精。用干净塑料水瓢收集成熟卵子和精子, 轻轻搅拌均匀, 加适量用滤袋过滤的干净海水充分混合, 静置 3min, 洗净受精卵, 将上浮卵倒入孵化网箱中, 微充气孵化。

1.3 胚胎发育观察

用筛绢网捞取适量受精卵倒入 100L 孵化网箱中, 养殖车间内恒温(20.2±0.3℃)、微充气、静水孵化, 盐度 28~32, $DO \geq 5$ mg/L, pH 7.6~8.4。有时采用在产卵亲鱼池边上选择易于观察亲鱼产卵和采卵的地方, 准备好带长柄的采卵筛绢及盛放的容器; 当亲鱼出现追逐、产卵、受精时, 立即将散在水中的受精卵收集到准备好的容器中, 并尽快送到实验室观察(刘付永忠等 2001)。

胚胎发育观察在 Nikon E200 显微镜下进行, 详细记录发育时间、温度变化及各个发育时期的主要形态特征, 同时进行显微摄影。用烧杯每隔 10~30 min 捞取适量受精卵, 对胚胎发育情况进行连续观察, 每枚受精卵

的观察时间不超过 1 min,以免对受精卵造成伤害,导致观察结果出现误差。

数据以平均值±标准差表示。

1.4 卵黄囊仔鱼培育及观察

从受精卵孵化至卵黄被完全吸收之前,在 100L 孵化箱中恒温($20.2 \pm 0.3^\circ\text{C}$)、微充气、静水培育,盐度 28~32, $\text{DO} \geq 5\text{mg/L}$, pH 7.6~8.4。卵黄囊仔鱼的观察在 Nikon E200 显微镜下详细记录发育时间及各发育时期的主要形态特征,同时进行显微摄影。

2 结果

2.1 胚胎发育过程

2011年5月15日16:00,进行人工催产。次日凌晨06:00时观察发现多数亲鱼腹部膨大,立即进行人工授精。记录受精时间、孵化水温,并对受精卵进行显微观察。

条纹锯鲈受精卵(图1-1)卵径 $0.950 \pm 0.039\text{mm}$,在水温 $20.2 \pm 0.3^\circ\text{C}$ 、盐度31的海水中静水微充氧培育,历时46h53min有仔鱼孵化出膜,进入胚后发育阶段。

条纹锯鲈的胚胎发育可分为6个阶段:卵裂期、囊胚期、原肠胚期、神经胚期、器官形成期、孵化期。

2.1.1 卵裂期

试验结果表明,条纹锯鲈的卵裂方式属于盘状卵裂,其卵裂期可以分为受精卵、两细胞期、4细胞期、8细胞期、16细胞期、32细胞期、64细胞期、多细胞期和桑椹胚期9个发育时期(表1)。

条纹锯鲈卵从受精后56min开始第1次卵裂,受精卵进行有丝分裂,细胞平均分配,逐渐形成两个对等的细胞,胚胎发育进入2细胞期(图1-2)。受精后1h28min,开始第2次卵裂,在与第1次分裂面垂直的方向进行分裂,第1次分裂形成的两个细胞同时进行有丝分裂,进入4细胞期(图1-3)。受精后1h59min开始第3次卵裂,两个分裂面都与第1次的分裂面平行,形成两排8个细胞(图1-4)。受精后2h21min开始第4次卵裂,形成16个细胞进入16细胞期(图1-5),两个分裂面都与第1次的垂直,细胞呈 4×4 型排列,边缘的12个细胞明显大于中间的4个细胞。受精后2h40min开始第5次分裂,分裂面失去规则,无法辨认是垂直分裂还是平行分裂,分裂完成后,细胞大小不等,排列不规则,整个细胞团近似圆形,进入32细胞期(图1-6)。受精后3h7min开始第6次分裂,分裂面紊乱不清,细胞排列不规则,大小不等,形状不尽相同,胚胎发育进入64细胞期(图1-7)。受精后3h34min细胞继续快速分裂,变小变多,无法计数,进入多细胞期(图1-8)。受精后4h27min细胞变得更加细小,细胞界限难以分辨,整个细胞团呈圆形,胚胎进入桑椹期(图1-9)。

2.1.2 囊胚期

卵裂期结束后,随着细胞的继续分裂,细胞的数量和层数不断增加,胚盘与卵黄之间形成囊胚腔,细胞进入囊胚期,分为高囊胚期和低囊胚期。

受精后5h15min胚盘下腔发生变化,形成囊胚腔,腔上端细胞分裂堆积,囊胚高而集中,呈高帽状,胚胎进入高囊胚期(图1-10)。在受精后5h57min囊胚隆起开始变低,细胞逐渐向植物极移动,囊胚隆起降到最低,胚盘扁平,进入低囊胚期(图1-11、图1-12)。

2.1.3 原肠胚期

囊胚期结束后,胚胎发育进入原肠胚期,包括原肠早期、原肠中期和原肠末期。

随着细胞的分裂和增多,动物极的细胞沿着卵黄的表面向植物极迁移和下包,受精后10h5min,由于卵黄的阻碍,下包到一定距离时,有大量的细胞积聚在囊胚层外周的边缘,形成胚环(图1-13),卵黄被胚层下包 $1/3$,此时侧面观可见一个半月形的胚盾(图1-14),胚胎进入原肠早期。随着细胞下包运动的进行,受精后14h13min,胚层下包卵黄的 $1/2$,胚环继续增厚发展成胚盾,胚胎发育进入原肠中期(图1-15)。受精后15h59min,胚层下包卵黄 $2/3$,胚盾更加增厚,且继续向植物极移动,胚胎发育至原肠末期(图1-16)。至此原肠期结束,开始进入神经胚期。

2.1.4 神经胚期

受精后16h56min,胚体背面增厚,神经板形成,中央清晰可见1条圆柱形脊索,胚体轮廓清晰,进入胚体

形成期(图 1-17)。神经胚期既是原肠胚期的延续,又是胚层向更深层次分化的开始,胚体继续发育转入器官形成期。

表 1 条纹锯鲈胚胎发育过程
Table 1 Embryonic development of *C. striata* Linnaeus

编号 Number	受精后时间 Time after fertilization	水温 Temperature (°C)	胚胎发育时期 Stage of embryonic development	主要发育特征 Developmental characteristics	图示 Image
1	0	19.9	受精卵 Fertilized egg	球形,游离,浮性卵	图 1-1
2	56min	19.9	2 细胞期 2-cell stage	第 1 次分裂,形成两个对等细胞	图 1-2
3	1h 28min	19.9	4 细胞期 4-cell stage	第 2 次分裂,分裂面与第 1 次垂直,形成 4 个对等细胞	图 1-3
4	1h 59min	19.9	8 细胞期 8-cell stage	第 3 次分裂,分裂面与第 1 次平行,形成 8 个对等细胞	图 1-4
5	2h 21min	20.0	16 细胞期 16-cell stage	第 4 次分裂,分裂面与第 1 次垂直,形成 16 个对等细胞	图 1-5
6	2h 40min	20.0	32 细胞期 32-cell stage	第 5 次分裂,形成 32 个细胞	图 1-6
7	3h 7min	20.0	64 细胞期 64-cell stage	分裂面紊乱	图 1-7
8	3h 34min	20.1	多细胞期 Multi-cell stage	细胞变小重叠	图 1-8
9	4h 27min	20.1	桑椹期 Morula	细胞变得更小,细胞团与桑椹形似	图 1-9
10	5h 15min	20.2	高囊胚期 High blastula	囊胚细胞集中,呈高帽状	图 1-10
11	5h 57min	20.2	低囊胚期 Blastula	囊胚变低,细胞开始向植物极移动	图 1-11, 图 1-12
12	10h 44min	20.3	原肠早期 Early gastrula	胚层下包卵黄 1/3 背面观可见胚环,侧面观可见胚盾形成	图 1-13, 图 1-14
13	14h 13min	20.3	原肠中期 Middle gastrula	胚层下包卵黄 1/2	图 1-15
14	15h 59min	20.4	原肠末期 Late gastrula	胚层下包卵黄 2/3,胚盾变得细长	图 1-16
15	16h 56min	20.4	胚体开始形成 Embryo body stage	胚体轮廓开始变得清晰	图 1-17
16	18h 28min	20.4	视囊形成期 Optic capsule stage	胚体头部出现 1 对视囊	图 1-18
17	18h 37min	20.4	胚孔形成期 Blastopore stage	胚体尾部可见胚孔	图 1-19
18	19h 43min	20.4	听囊形成期 Otocyst stage	胚体头部视囊后面出现 1 对听囊	图 1-20

续表 1

编号 Number	受精后时间 Time after fertilization	水温 Temperature (°C)	胚胎发育时期 Stage of embryonic development	主要发育特征 Developmental characteristics	图示 Image
19	20h 45min	20.5	脑泡形成期 Brain vesicle stage	胚体头部出现脑泡	图 1-21
20	24h 33min	20.5	尾芽期 Tail-bud stage	尾牙与卵黄分离	图 1-22
21	30h 3min	20.5	心跳早期 Early heart-beating stage	心脏开始跳动,34~40次/min	图 1-23
22	31h 49min	20.5	心跳期 Heart-beating stage	心脏跳动频率逐渐稳定,113~120次/min	图 1-24
23	34h 3min	20.5	鳍褶形成期 Fin fold formation stage	鳍褶开始形成	图 1-25
24	46h 41min	20.5	将孵期 Pre-hatching stage	胚体抽动更加频繁、有力	图 1-26
25	46h 50min	20.5	孵化期 Hatching stage	胚体开始出膜	图 1-27
26	46h 53min	20.5	初孵仔鱼 Newly hatched larvae	胚体出膜,体长 2.55mm	图 1-28

2.1.5 器官形成期

胚孔封闭后,胚胎开始出现肌节,头部明显增大,开始出现器官分化,胚胎发育进入器官形成期。

受精后 18h 28min,在胚体头部的前两侧分化出两个肾形的突起,为眼原基,胚体隐约可见肌节出现,胚胎发育进入视囊形成期(图 1-18)。受精后 19h 43min,胚体头部视囊后侧出现 1 对长椭圆形听囊(图 1-20),胚胎发育进入听囊形成期。此期脊索两侧肌节清晰可见,数量明显增加。受精后 20h 45min,胚体背面的视囊之间出现椭圆形板状脑泡,脑泡尚未分室,胚体进入脑泡形成期(图 1-21)。受精后 24h 33min,尾芽细胞迅速分裂,胚体后端伸长并突起形成圆锥形尾牙,尾泡出现,胚体绕卵黄囊 1/2,尾部开始与卵黄囊分离,胚体进入尾芽期(图 1-22);受精后 30h 3min,心脏开始轻微且不均匀的跳动,每分钟跳动 34~40 次,同时胚体开始不规则的间歇性颤动,胚体进入心跳早期(图 1-23)。受精后 31h 49min,胚体颤动更加频繁有力,心脏跳动剧烈,每分钟 113~120 次,胚体进入心跳期(图 1-24)。受精后 34h 44min,在尾部的边缘,表皮外突形成皮褶状的鳍褶(图 1-25)。

2.1.6 孵化期

随着胚胎发育的继续,器官形成期结束后,胚体进入孵化期,分为将孵期、孵化期和初孵仔鱼。

受精后 46h 41min,卵膜变软变薄,胚体抽动更加频繁有力,使胚体在卵膜内频繁转动,心脏跳动剧烈(图 1-26)。受精后 46h 50min 靠近胚胎头部的卵黄膜渐渐隆起,卵外观呈梨状,胚体尾部剧烈摆动,头部开始破膜而出,但尾部仍处于卵膜内(图 1-27)。受精后 46h 53min,胚体继续剧烈摆动直至尾部脱离卵膜,仔鱼完全孵出,腹部有 1 个大的椭圆形的卵黄囊(图 1-28)。

2.2 仔鱼培育

卵黄囊仔鱼继续在 100L 孵化网箱中培育,温度维持在 $20.2 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$,盐度 28~32, $\text{DO} \geq 5 \text{ mg/L}$, $\text{pH} 7.6 \sim 8.4$ 。

2.2.1 仔鱼出膜 0 h

初孵仔鱼平均体长 2.55mm,通体透明,没有鳞片,卵黄囊占身体长度的 $\frac{1}{2}$,油球位于卵黄囊的前端,鳍褶肥厚,未分化,眼睛无色素,头向上悬浮于水中,间或摆动身体在水中游动。

1. 受精卵, ×40; 2. 2细胞期, ×40; 3. 4细胞期, ×40; 4. 8细胞期, ×40; 5. 16细胞期, ×40; 6. 32细胞期, ×40; 7. 64细胞期, ×40; 8. 多细胞期, ×40; 9. 桑椹期, ×40; 10. 高囊胚期, ×40; 11. 低囊胚期, ×40; 12. 低囊胚期(背面), ×40; 13. 原肠早期(背面), ×40; 14. 原肠早期(侧面), ×40; 15. 原肠中期, ×40; 16. 原肠末期, ×40; 17. 胚体形成期, ×40; 18. 视囊形成期, ×40; 19. 胚孔形成期, ×40; 20. 听囊形成期, ×40; 21. 脑泡形成期, ×40; 22. 尾芽期, ×40; 23. 心跳早期, ×40; 24. 心跳期, ×40; 25. 鳍褶形成期, ×40; 26. 将孵期, ×40; 27. 孵化期, ×40; 28. 初孵仔鱼, ×10

1. Fertilized egg; 2. 2-cell stage; 3. 4-cell stage; 4. 8-cell stage; 5. 16-cell stage; 6. 32-cell stage; 7. 64-cell stage; 8. Multi-cell stage; 9. Morula; 10. High blastula; 11. Blastula; 12. Early gastrula; 13. Middle gastrula; 14. Late gastrula; 15. Embryo body stage; 16. Optic capsule stage; 17. Blastopore stage; 18. Otocyst stage; 19. Brain vesicle stage; 20. Tail-bud stage; 21. Early Heart-beating stage; 22. Heart-beating stage; 23. Fin fold formation stage; 24. Pre-hatching stage; 25. Hatching stage; 26. Newly hatched larvae

图1 条纹锯鲈的胚胎发育过程

Fig. 1 Embryonic development of *C. striata* Linnaeus

2.2.2 仔鱼出膜 12 h

仔鱼出膜后开始吸收卵黄囊营养,卵黄囊明显变小,仔鱼不再受卵黄囊包裹,油球位于卵黄囊前端。仔鱼通体可见棕色斑点,背部出现一排黑色斑点,仔鱼肠道开始出现,在身体腹部呈 90°弯曲(图 2-1)。

2.2.3 仔鱼出膜 24 h

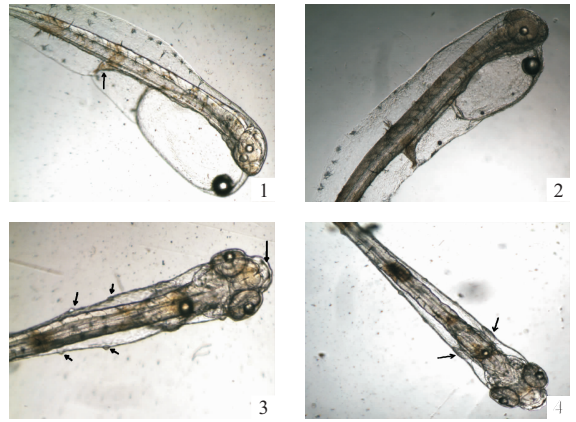
仔鱼卵黄囊进一步减小,油球大小不变,身体颜色加深,眼睛变大可见色素沉积,眼球形成,仔鱼肠道进一步发育(图 2-2)。

2.2.4 仔鱼出膜 36 h

仔鱼卵黄囊已被较大收缩,集中于胸部下方,身体两侧可见对称出现的两对点状突起,口裂清晰可见(图 2-3)。

2.2.5 仔鱼出膜 48 h

卵黄囊消失,油球减小,口器开始发育,上下颌开始形成,胸鳍清晰可见,游泳能力增强,在水中已能接近平游,反应敏捷,仔鱼形态初现(图 2-4)。



1. 出膜 12 h, $\times 10$; 2. 出膜 24 h, $\times 10$; 3. 出膜 36 h, $\times 10$; 4. 出膜 48 h, $\times 10$ 。1. Hatching after 12 h, 2. Hatching after 24 h, 3. Hatching after 36 h, 4. Hatching after 48 h

图 2 条纹锯鲈卵黄囊仔鱼发育过程

Fig. 2 The development of yolk-sac larval *C. striata* Linnaeus

参 考 文 献

- 王 波,朱明远,毛兴华. 2003. 养殖新品种——美洲黑石斑鱼. 河北渔业, 5: 26~27
- 王 武. 2000. 鱼类增养殖学. 北京: 中国农业出版社, 553~559
- 卢继武, 刘 敏, 李 豪. 2006. 美洲黑石斑鱼的生物学特性与养殖潜力. 渔业现代化, (6): 21~26
- 刘 基, 詹宝华, 苏 展. 1986. 赤点石斑鱼胚胎及仔鱼发育的初步观察. 福建水产, 4: 16~22
- 刘付永忠, 王云新, 黄国光, 刘晓春, 林浩然. 2001. 自然产卵的赤点石斑鱼胚胎及仔鱼形态发育研究. 中山大学学报, 40(1): 81~84
- 李海燕, 竺俊全, 陈 飞, 丁理法. 2011. 美洲黑石斑鱼消化道的形态结构. 生物学杂志, 28(4): 31~46
- 邱金海, 林 星. 2009. 美洲黑石斑鱼营养成分分析与营养价值评价. 水生态学杂志, 2(6): 107~112
- 张海发, 刘晓春, 王云新, 刘付永忠, 黄国光, 罗国武, 王宏东, 林浩然. 2006. 温度、盐度及 pH 对斜带石斑鱼受精卵孵化和仔鱼活力的影响. 热带海洋学报, 25(2): 31~36
- 邹记兴, 常 林, 向文洲, 胡超群, 林坚士. 2003. 点带石斑鱼的亲鱼培育、产卵受精和胚胎发育. 水生生物学报, 27(4): 378~384
- 林 星. 2011. 条纹锯鲈幼鱼配合饲料适宜的蛋白质、脂类含量及能蛋比. 福建农林大学学报, 40(4): 401~406
- 郑 磊, 马振宁, 吴 斌, 樊海平, 唐凤翔, 郭养浩. 2011. 美洲黑石斑鱼血清 IgM 纯化及其兔抗血清部分特性. 上海海洋大学学报, 20(4): 494~498
- 党 冉, 竺俊全, 邱新志. 2010. 美洲黑石斑鱼含肉率及肌肉营养成分分析. 海洋学研究, 28(2): 60~66
- 龚孟忠, 陈 慧, 范希军. 2004. 龙胆石斑鱼引种及人工育苗技术的初步研究. 福建水产, 25(1): 47~50
- 雷霖霖, 卢继武. 2007. 美洲黑石斑鱼的品种优势和养殖前景. 海洋水产研究, 28(5): 110~115
- 褚衍伟. 2004. 美洲黑石斑鱼的育苗与养成技术. 齐鲁渔业, 21(1): 12
- Hood, P., Godcharles, M., and Barco, R. 1994. Age, growth, reproduction, and the feeding ecology of black sea bass, *Centropristis striata* (Pisces: Serranidae) in the eastern, Gulf of Mexico. Bulletin of Marine Science, 54(1): 24~37
- Kendall, A. W. 1977. Biological and fisheries data on black sea bass, *Centropristis striata* (Linnaeus). NOAA, U. S. Dept. Commerce, 7: 29