

# 绿鳍马面鲀早期生长发育与摄食特性的研究

张哲<sup>1</sup>, 姜良龙<sup>1</sup>, 王臻<sup>1</sup>, 杜荣斌<sup>1</sup>, 吴艳庆<sup>2</sup>, 刘立明<sup>1</sup>

(1. 烟台大学 海洋学院, 山东 烟台 264005; 2. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090)

**摘要:** 在人工培育条件下, 采用实验生态学方法, 对绿鳍马面鲀(*Thamnaconus modestus*)仔、稚、幼鱼生长、发育与摄食特性的变化进行了研究。结果表明, 绿鳍马面鲀仔、稚、幼鱼的各生长指标可拟合为具有1~2个生长转折点的2~3段直线, 其中全长、体长、体质量、肛前长、头长、吻长和体高可拟合为3段直线, 眼径可拟合为2段直线。头长在第一转折点后的生长速率显著高于其他指标, 除头长和体高在第二个生长转折点后生长速率减慢外, 其余各项生长指标生长速度均逐渐加快。3~4日龄“开口期”前后的仔鱼, 摄食发生率和饱食率均较低, 随后逐渐升高。摄食发生率在12日龄后达到100%, 饱食率在25日龄后达到100%(消化道充塞度为3~4级)。绿鳍马面鲀仔、稚、幼鱼均为白天摄食类型, 白天摄食量占全天摄食量的71.6%以上。随日龄增长, 鱼苗饱食时间呈下降趋势, 消化时间则呈上升趋势。了解绿鳍马面鲀早期的生长发育与摄食特性, 可为人工育苗管理提供参考, 以促进鱼苗生长, 提高成活率。

**关键词:** 绿鳍马面鲀; 早期阶段; 生长; 发育; 摄食特性

**中图分类号:** S917.4    **文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-3096(2021)01-0001-13

**DOI:** 10.11759/hyx20200428002

绿鳍马面鲀(*Thamnaconus modestus*)俗称象皮鱼、面包鱼、扒皮狼等, 隶属鲀形目(Tetraodontiformes)、单角鲀科(Monacanthidae)、马面鲀属(*Thamnaconus*), 主要分布于朝鲜、日本、印度洋非洲东岸以及中国东海、黄海、渤海等地区, 属于外海近底层鱼类。其肉质鲜美, 营养价值高, 加工的副产品还可用于制备鱼干、鱼粉、鱼肝油、蛋白胨、生化培养基等<sup>[1]</sup>。绿鳍马面鲀作为我国历史上主要的海洋捕捞对象之一, 在20世纪70~80年代, 年产量一度高达25万吨<sup>[2]</sup>, 由于近年对绿鳍马面鲀的过度捕捞, 其自然资源急剧衰退<sup>[3]</sup>。目前, 国内外对于绿鳍马面鲀的研究主要集中在资源评估利用<sup>[2-3]</sup>、渔业资源调查<sup>[4]</sup>、群体结构和分布<sup>[5]</sup>、繁殖习性<sup>[6]</sup>、摄食习性<sup>[7]</sup>、人工繁殖技术<sup>[8-9]</sup>和早期胚胎发育<sup>[10-11]</sup>等方面, 对其早期阶段生长发育<sup>[12]</sup>及摄食特性的报道较少。

以往生产中发现, 绿鳍马面鲀早期阶段存在开口期、开鳔期、食性转换期等多个“临界期”(危险期), 鱼苗易出现前期开口困难、后期大小规格不一、残食严重、易感染病原等问题, 极易导致大量死亡。这主要由于目前对绿鳍马面鲀早期生活史的研究相对薄弱, 特别是其早期生长发育及摄食特性亟待深入研究。本实验在人工培育条件下, 对绿鳍马面鲀

仔、稚、幼鱼生长发育与摄食特性进行了定量分析与研究, 旨在阐明其早期生长发育与摄食规律, 丰富其早期生物学理论, 为绿鳍马面鲀规模化苗种繁育提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

实验在莱州顺昌水产有限公司进行。从威海、烟台等地采捕2~3龄的野生绿鳍马面鲀亲鱼230条, 雌雄比例1:3, 置于6.0 m×5.0 m×1.0 m的培育池中, 经过人工驯化, 水温调控和营养强化后, 在池中自然产卵受精。受精卵为圆球形粘性卵, 在保持连续微充气、水温21.0±0.5°C、盐度32~33、pH 7.5~8.2条件下, 经40~44 h孵出。早期仔鱼培育水温为22.0±0.5°C, 后期随仔鱼生长发育缓慢升至24.0±0.5°C。培

收稿日期: 2020-04-28; 修回日期: 2020-06-18

基金项目: 山东省现代农业产业技术体系鱼类产业创新团队(SDAIT-12-03); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(2018M07)

[Foundation: Shandong Province Modern Agricultural Technology System Innovation Team of Fish, No. SDAIT-12-03; Central Public-interest Scientific Institution Basal Research Fund, No. 2018M07]

作者简介: 张哲(1996-), 男, 硕士研究生, 山东青岛人, 主要从事海水鱼类养殖研究, 电话: 17862816155, E-mail: zhangzhe8282@163.com; 刘立明, 通信作者, 副教授, 博士, E-mail: liu\_liming71@163.com

育用水为二级砂滤海水, 7 日龄前采用微流水培育, 后期缓慢加大流水量, 日流量为 1~4 个量程。育苗期间保持连续充气, 培育水体溶解氧 $\geq 8.0\text{ mg/L}$ 。白天保持自然光照, 夜间开灯(各育苗池上方分别设置 2 个 20 W LED 灯)。饵料系列为经小球藻和裂壶藻营养强化的 S 型褶皱臂尾轮虫、L 型褶皱臂尾轮虫、卤虫无节幼体、鲜活卤虫成体与配合饲料。

## 1.2 实验方法

### 1.2.1 绿鳍马面鲀早期生长发育与习性观测

选取 3 个同批产卵且鱼苗数量为 5 万~7 万的育苗池( $6.0\text{ m} \times 5.0\text{ m} \times 1.0\text{ m}$ )为实验池, 分别于 0~20 日龄(每日), 20~40 日龄(每 2 日), 40~60 日龄(每 5 日)从实验池中随机取 30 尾鱼苗(10 尾/池), 用 MS-222 麻醉后, 于解剖镜(桂光 GL-6745T)下镜检, 观察记录不同日龄鱼苗形态特征和池中鱼苗习性变化。30 日龄前鱼苗用解剖镜所联数码摄像头成像系统拍照, 30 日龄后鱼苗用 FUJIFILM X-A20 相机拍照, 用解剖镜联机软件 VImage2014 测量其全长( $L_T$ )、体长( $L_B$ )、体高( $D_B$ )、肛前长( $L_{PR}$ )、吻长( $L_{SN}$ )、头长( $L_H$ )、眼径( $D_E$ )等生长指标(图 1), 用精密电子天平 Denver SI-114 (精度 0.0001 g) 测量鱼苗体质量( $B_w$ )(10 日龄前每池称重 100 尾鱼苗取平均值, 10 日龄至 20 日龄每池称重 50 尾鱼苗取平均值, 20 日龄后每池取 10 尾鱼苗称重取平均值)。

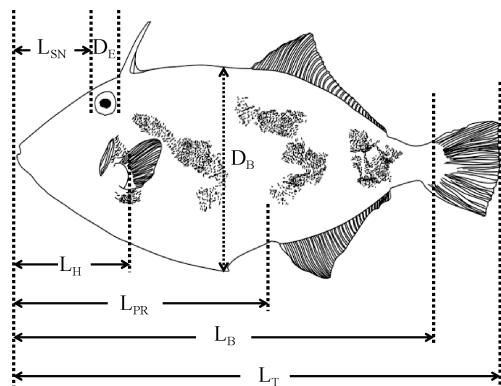


图 1 绿鳍马面鲀生长指标测量示意图

Fig. 1 Indicator diagram of growth index measurement of *Thamnaconus modestus*

注:  $L_T$ : 全长,  $L_B$ : 体长,  $L_{PR}$ : 肛前长,  $L_H$ : 头长,  $L_{SN}$ : 吻长,  $D_E$ : 眼径,  $D_B$ : 体高

### 1.2.2 绿鳍马面鲀早期摄食生态指标测定

#### 1.2.2.1 摄食发生率、饱食量、饱食率及消化道充塞度

分别于 3、4、8、12、16、20、25、30 和 35 日

龄从 3 个实验池中随机取鱼苗 30 尾(10 尾/池), 在解剖镜下目测鱼苗消化道充塞度(分 0~4 级, 0 级为空胃, 1 级为饵料未达胃容量一半, 2 级为超过一半但未充满, 3 级为充满但胃壁未膨胀, 4 级为胃已充满饵料并膨胀变薄), 并解剖消化道, 对其中的饵料生物计数。

#### 1.2.2.2 日摄食节律与日摄食量、日摄食率

采用消化道内饵料计数法<sup>[13]</sup>测定仔、稚、幼鱼的摄食节律和日摄食量、日摄食率。分别对 4、8、12、16、20、25、30 和 35 日龄的鱼苗取样, 从早晨 6:00 至次日早晨 6:00, 每 3 h 为一个时段, 共设 9 个时间点。每个时间点分别在 3 个平行实验池中随机取 10 尾鱼苗, 共 30 尾, 在解剖镜下解剖鱼苗消化道, 分类统计摄食的饵料生物数量。食物团质量按各类饵料生物数量和平均湿质量计算而得, 将 S 型褶皱臂尾轮虫、L 型褶皱臂尾轮虫和卤虫无节幼体的湿质量按平均个体大小分别折算为 1  $\mu\text{g}$ 、3  $\mu\text{g}$  和 11  $\mu\text{g}$ <sup>[14]</sup>。同时测定鱼苗体质量(方法同前), 再根据日摄食量计算日摄食率。实验期间育苗池内的饵料生物密度保持轮虫 5~15 个/mL, 卤虫无节幼体 5~10 个/mL。

#### 1.2.2.3 饱食时间和消化时间

分别于鱼苗 4、8、12、16、20、25、30 和 35 日龄在每个实验池边设置 3 个 10 L 聚乙烯水槽, 每个聚乙烯水槽中放入 60 尾鱼苗, 保持持续充气, 待鱼苗胃肠排空后投喂饵料。4 日龄投喂 S 型轮虫(5~15 个/mL), 8、12 和 16 日龄鱼苗投喂 L 型轮虫(约 20 个/mL), 20、25、30 和 35 日龄鱼苗投喂卤虫无节幼体(10~20 个/mL)。投喂后开始计时, 观察记录 90% 个体达到饱食时所用的时间即为饱食时间, 将饱食后的鱼苗转移至无饵料的 2 000 mL 烧杯内, 观察并记录 90% 个体胃肠排空时所用的时间即为消化时间<sup>[15]</sup>。

### 1.2.3 摄食生态指标的计算

各摄食生态指标计算方法<sup>[16]</sup>如下:

摄食发生率(%): 摄食饵料鱼苗数占所测总鱼苗数的百分比。

日摄食量: 24 h 所摄食的饵料量。采用消化道内饵料计数法测定: 日摄食量=饱食量×[1 天内可能摄食时间/(饱食时间+消化时间)]

日摄食率(%): 日摄食量占鱼体质量的百分比。

饱食量: 所测鱼苗中摄食饵料生物最多的鱼苗所食生物饵料的个数。

饱食率(%): 所测鱼苗中饱食(消化道饱满度为

3 级和 4 级)个体占所测鱼苗总数的百分比。

饱食时间: 所测空胃鱼苗至饱食状态(消化道饱满度为 3 级和 4 级)所需的时间。

消化时间: 饱食鱼苗在无饵料水体中消化道排空所需的时间。

### 1.3 数据处理与分析

用 Microsoft Excel 2007 进行生长和摄食数据的处理, 数据以平均值±标准差表示。

用 Origin 9.1 软件对全长、体长、体质量等生长指标变化的不同阶段进行分段拟合:  $y=kx+b$ , 式中  $x$  为日龄,  $y$  为生长指标,  $b$  为截距,  $k$  为斜率(表示该阶段的生长速率)。用 SPSS 23.0 软件对某一日龄通过  $t$  检验比较该日龄左右两侧的斜率差异的显著性和相关系数  $R^2$  的值, 可确定生长指标生长速率变化的转折点<sup>[17-18]</sup>。用 Photoshop CC 进行不同日龄鱼苗图片的整合处理。

对于同日龄摄食节律, 采用 SPSS 23.0 软件进行单因素方差分析(ANOVA), Duncan's 多重比较, 分析各组间差异的显著性,  $P<0.05$  表示具有显著性差异。用 Origin 9.1 作日摄食节律变化图。

## 2 结果

### 2.1 绿鳍马面鲀早期发育与习性变化

0 日龄: 初孵仔鱼具卵黄囊和油球, 卵黄囊呈椭圆形, 长径( $0.52\pm0.040$ ) mm, 短径( $0.30\pm0.049$ ) mm, 长度约占体长 1/4, 油球位于卵黄囊前方, 直径( $0.21\pm0.024$ ) mm。视囊和晶体无色透明, 耳石清晰。消化道附于卵黄囊上方, 未开口, 肛门未通。臀鳍膜自肛门向后延伸, 背鳍膜始于卵黄囊中部上方, 背鳍、臀鳍与尾鳍膜相连, 无色素分布。仔鱼肌节腹侧有一列呈直线排列的黑色素(图 2a)。仔鱼孵出后很快伸直, 均匀分布于池中, 在不同水层中间歇性窜动。

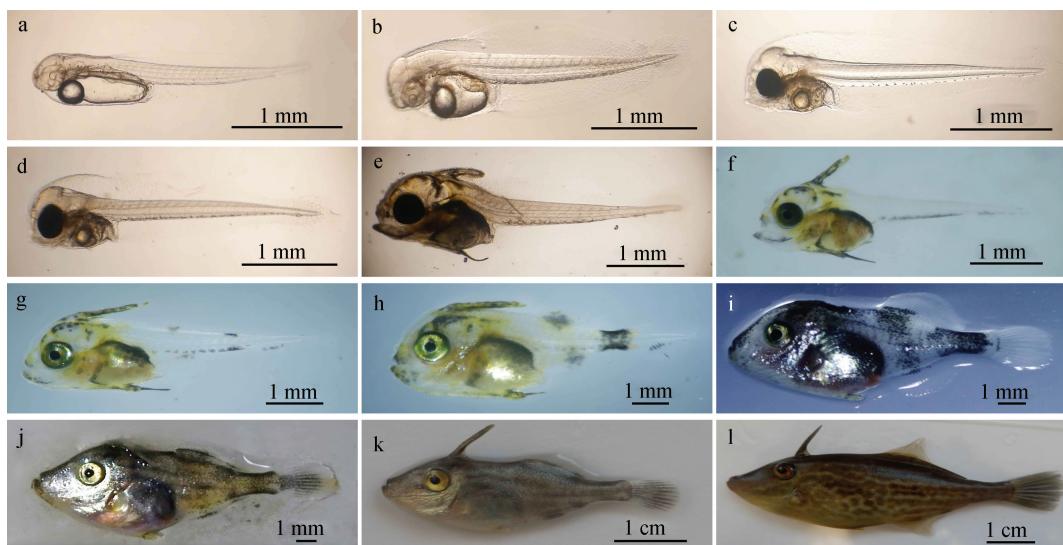


图 2 绿鳍马面鲀仔、稚、幼鱼形态

Fig. 2 Morphology of larval, juvenile, and young *Thamnaconus modestus*

注: a: 0 日龄初孵仔鱼, 全长( $2.10\pm0.11$ ) mm; b: 1 日龄仔鱼, 全长( $2.31\pm0.05$ ) mm; c: 3 日龄仔鱼, 全长( $2.50\pm0.10$ ) mm; d: 4 日龄仔鱼, 全长( $2.55\pm0.07$ ) mm; e: 8 日龄仔鱼, 全长( $2.96\pm0.17$ ) mm; f: 12 日龄仔鱼, 全长( $3.70\pm0.21$ ) mm; g: 16 日龄仔鱼, 全长( $5.29\pm0.63$ ) mm; h: 20 日龄仔鱼, 全长( $7.43\pm0.80$ ) mm; i: 30 日龄稚鱼, 全长( $15.33\pm1.57$ ) mm; j: 35 日龄稚鱼, 全长( $24.41\pm2.85$ ) mm; k: 40 日龄幼鱼, 全长( $38.83\pm3.28$ ) mm; l: 60 日龄幼鱼, 全长( $63.71\pm5.89$ ) mm

1 日龄: 卵黄囊及油球显著缩小, 脑部向上隆起。口未形成, 视囊和晶体仍无色透明, 胸鳍鳍膜呈倒三角型, 消化道增粗(图 2b)。

3 日龄: 卵黄囊消失, 油球缩小, 脑部上凸, 前方约 1/3 处出现凹陷, 视囊和晶体呈黑色, 口裂初步形成, 消化道出现第一个弯曲, 肠道加粗, 肛门形成, 消化道贯通(图 2c)。游动能力增强, 部分仔鱼可以摄

食少量 S-轮虫。

4 日龄: 内脏团颜色加深, 头顶出现少量星芒状色素, 背鳍棘原基出现, 鳔原基出现但未充气(图 2d)。口裂增大, 多数仔鱼开始摄食。

8 日龄: 仔鱼头部占身体比例增加, 头部后上方出现背鳍棘, 背鳍上分布大量黑色素和黄色素, 头部和躯干部均有黑色素和黄色素分布, 鳔开始充气。

多数仔鱼可以摄食 L-轮虫(图 2e)。

12 日龄: 仔鱼头部的比例继续增加, 肝前长增大, 体高明显增加, 体表黄色素和黑色素分布广泛且颜色加深。背鳍棘刺增粗、上翘, 鳔已充气, 明显增大(图 2f)。

16 日龄: 仔鱼体表出现革状皮肤和突起鳞。背鳍棘上出现倒刺, 背鳍、臀鳍和胸鳍出现鳍条分化。腹部四周环绕黑色素细胞, 几乎覆盖尾柄的前半部(图 2g)。鱼体生长速率加快, 消化和摄食能力增强, 可摄食少量卤虫无节幼体。仔鱼分布于水体上层和光强适宜的区域。

20 日龄: 仔鱼体表分布绒状细鳞; 头部圆钝, 口部包被革状皮; 体高增长明显, 脊索末端略上翘, 后下方分化出尾鳍条。背鳍和臀鳍分化明显。菊花状黑色素集中分布于颅顶、背鳍棘、腹部与尾柄上, 点状黄色素遍布仔鱼全身(图 2h)。仔鱼已能充分摄食卤虫无节幼体。

30 日龄: 稚鱼体表布满粗糙细鳞, 背鳍、臀鳍、尾鳍、胸鳍基本发育完善, 鱼体全身分布大量黑色素(图 2i)。稚鱼出现抢食习性, 可大量摄食卤虫无节幼体, 并可摄食少量配合饲料。稚鱼具趋光性, 喜聚集于暗光处。

35 日龄: 形态与成鱼接近, 吻部延长, 口、眼间距离增大。全身都有色素分布, 黑色素更加密集(图 2j)。鱼苗反应迅速, 行动敏捷, 摄食量大, 并有一定的互残习性, 大个体鱼苗在饥饿时会追咬小个体鱼苗。此时少量投喂卤虫无节幼体, 饲料以配合饲料为主。

40 日龄: 幼鱼形态与成鱼一致, 口小, 门齿发达。各鳍发育完善, 全身被鳞, 成体色素占绝对优势, 躯干部出现横向暗纹。体表菊花状黑色素和黄色素相间分布(图 2k)。鱼苗游泳迅速, 投饵时可大量集群摄食。

60 日龄: 鱼体更加狭长, 体高生长不明显, 躯干部明显加长, 全长/体高比例上升, 背鳍、胸鳍、臀鳍和尾鳍长度增加(图 2l)。鱼苗游泳快速敏捷, 可大量摄食颗粒配合饲料或大卤虫等生鲜饵料。

## 2.2 绿鳍马面鲀早期阶段生长指标变化

鱼苗早期阶段生长指标呈现 2~3 段式直线增长, 具有 1~2 个生长转折点(图 3), 各指标转折点出现的日龄和大小: 全长在 18 日龄 [ $L_T(5.72\pm0.48)$  mm] 和 38 日龄 [ $L_T(30.51\pm3.94)$  mm]; 体长在 20 日龄 [ $L_B(5.95\pm0.64)$  mm] 和 38 日龄 [ $L_B(26.17\pm3.27)$  mm]; 体质量在 20 日龄

[ $B_W(7.91\pm0.62)$  mg] 和 40 日龄 [ $B_W(0.45\pm0.15)$  g]; 肝前长和吻长在 20 日龄 [ $L_{PR}(3.54\pm0.38)$  mm,  $L_{SN}(0.60\pm0.13)$  mm] 和 36 日龄 [ $L_{PR}(11.42\pm1.75)$  mm,  $L_{SN}(4.05\pm0.59)$  mm]; 头长在 24 日龄 [ $L_H(1.69\pm0.36)$  mm] 和 40 日龄 [ $L_H(10.77\pm0.79)$  mm]; 体高在 18 日龄 [ $D_B(1.89\pm0.25)$  mm] 和 40 日龄 [ $D_B(4.05\pm0.59)$  mm]; 眼径在 20 日龄 [ $D_E(0.76\pm0.07)$  mm]。头长在第一转折点后的生长速率显著高于其他指标, 且除头长和体高在第二生长转折点后生长速度减慢外, 其他各项生长指标在生长转折点后的生长速度均显著加快( $P<0.05$ ), 各生长指标在不同阶段的生长速率之间的差异均达到显著水平( $P<0.05$ ), 且各段生长曲线的相关系数  $R^2$  值均大于 0.90。

## 2.3 绿鳍马面鲀早期阶段摄食特征

### 2.3.1 摄食发生率、饱食量、饱食率与消化道充塞度

3~4 日龄“开口期”前后, 仔鱼的摄食发生率和饱食率均较低, 随后二者逐渐升高。摄食发生率在 4 日龄达到 70%, 12 日龄后达到 100%。饱食率在 4 日龄仅为 30%, 25 日龄后达到 100%。仔鱼饱食量, 3~4 日龄开口前后仅为 4~7 个 S-轮虫, 8 日龄为 17 个 L-轮虫, 16 日龄增至 69 个 L-轮虫, 20 日龄为 54 个卤虫无节幼体, 35 日龄增至 274 个卤虫无节幼体。鱼苗消化道充塞度也逐渐升高, 25 日龄后均达饱食 3~4 级(表 1)。

### 2.3.2 日摄食节律

绿鳍马面鲀仔、稚、幼鱼在白天保持较强的摄食强度, 夜晚摄食相对较少。鱼苗在 4、8 和 25 日龄出现两个摄食高峰(图 4a、b、f), 12、16、20、30 和 35 日龄出现一个摄食高峰(图 4c、d、e、g、h), 且显著高于其他时段的摄食量( $P<0.05$ )。4 日龄仔鱼的摄食高峰在 9:00—12:00 和 12:00—15:00, 摄食量占日摄食量的 38.9%, 其余各日龄在 6:00—9:00 均出现摄食高峰, 该时段摄食量占日摄食量的 13.7%~26.1%。8 日龄和 25 日龄的另一摄食高峰分别出现在 3:00—6:00 和 9:00—12:00。此外, 20 日龄的 9:00—12:00 和 30 日龄的 15:00—18:00 摄食量也较多, 分别占日摄食量的 14.2% 和 17.5%。

### 2.3.3 日摄食量、日摄食率、饱食时间及消化时间

随鱼苗日龄增大, 其日摄食量逐渐增大, 4 日龄为 0.03 mg, 8 日龄为 0.27 mg, 35 日龄增长到 6.18 mg。日摄食率则出现先增大后减小的趋势, 4 日龄为 12%, 8 日龄迅速增大为 69.23%, 16 日龄增至最高点 90.12%, 而后逐渐下降, 35 日龄已下降到 2.04%(表 2)。

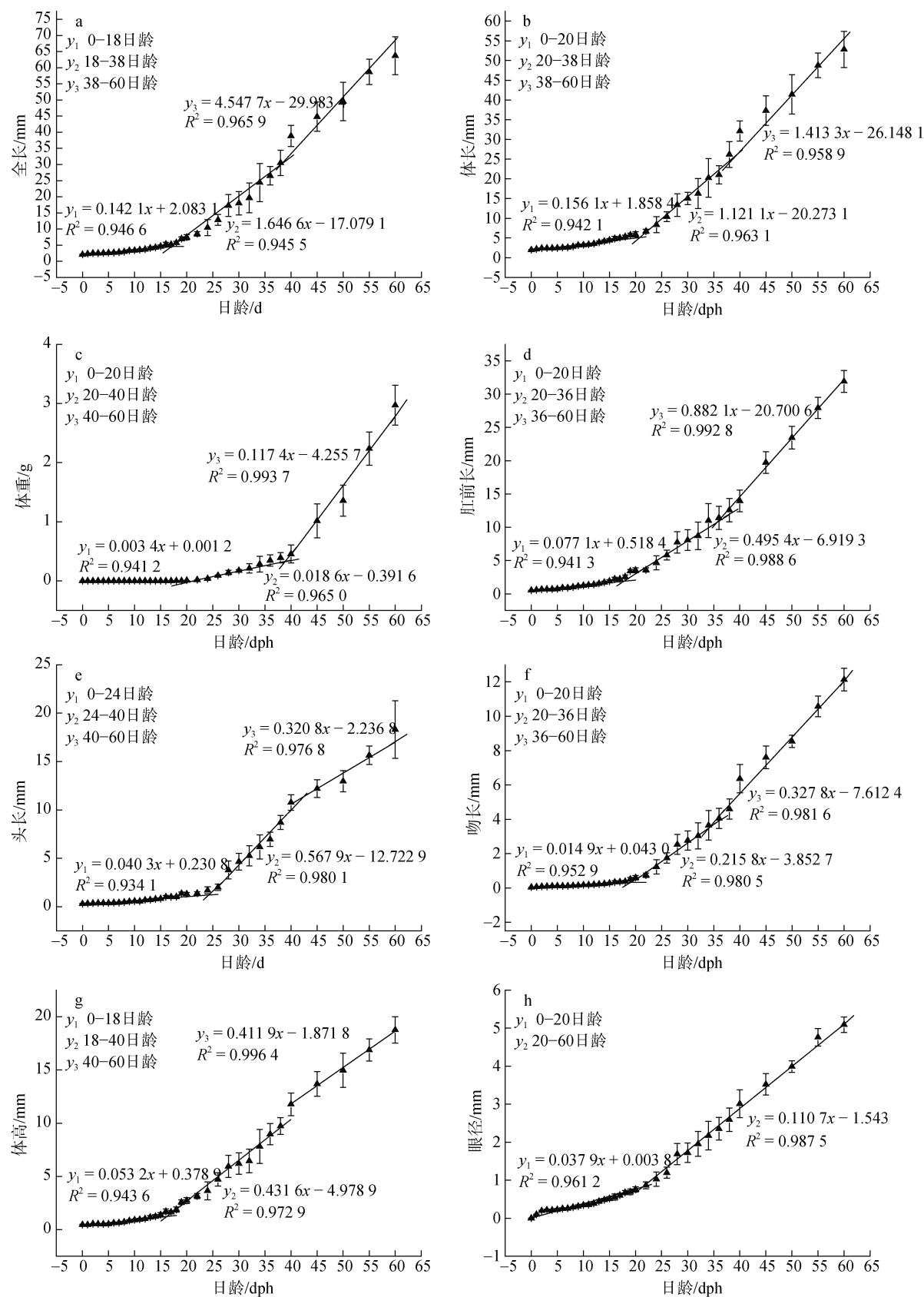


图 3 绿鳍马面鲀早期阶段生长指标变化

Fig. 3 Changes in growth index in the early stages of *Thamnaconus modestus*

表 1 绿鳍马面鲀仔、稚、幼鱼摄食发生率、饱食量、饱食率与消化道充塞度

Tab. 1 The feeding incidence, satiation, satiation rate and degree of digestive tract fullness of larval, juvenile, and young *Thamnaconus modestus*

日龄/dph	解剖尾数/尾	消化道充塞度/尾					摄食发生率/%	饱食量/个	饱食率/%
		0	1	2	3	4			
3	30	14	9	4	2	1	53.33	4(R <sub>S</sub> )	10
4	30	9	7	6	5	4	70	7(R <sub>S</sub> )	30
8	30	4	6	6	7	7	86.67	17(R <sub>L</sub> )	46.67
12	30	0	5	4	4	17	100	31(R <sub>L</sub> )	70
16	30	0	1	4	5	20	100	69(R <sub>L</sub> )	83.33
20	30	0	2	2	11	15	100	54(A)	86.67
25	30	0	0	0	6	24	100	86(A)	100
30	30	0	0	0	8	22	100	153(A)	100
35	30	0	0	0	4	26	100	274(A)	100

注: R<sub>S</sub> 为 S-轮虫; R<sub>L</sub> 为 L-轮虫; A 为卤虫无节幼体

随着鱼苗日龄增大, 饱食时间出现下降→上升→下降的总体下降的趋势, 先从 4 日龄的(120±15) min 降至 16 日龄的(70±7) min, 然后增至 20 日龄的(75±5) min, 随后降至 35 日龄的(40±5) min。消化时间出现先下降, 后上升, 再下降, 最后上升的总体上升趋势, 先从 4 日龄的(180±25) min 升至 16 日龄的(200±15) min, 然后降至 20 日龄的(140±11) min, 随后升至 35 日龄的(240±15) min(表 2)。

### 3 讨论

#### 3.1 绿鳍马面鲀仔、稚、幼鱼生长特性

鱼类在不同阶段的生长速度不同, 即鱼类的生长具有阶段性<sup>[19]</sup>, 主要表现在鱼类在早期阶段存在生长转折点, 如变态期牙鲆<sup>[20]</sup>(*Paralichthys olivaceus*)、横滨黄盖鲽<sup>[21]</sup>(*Limanda yokohamae*)和泥塘幼鲻<sup>[22]</sup>(*Chelon labrosus*)等。绿鳍马面鲀仔、稚、幼鱼的各项生长指标也存在 1~2 个生长转折点, 第一个生长转折点出现在 18~20 日龄, 即 0~18 日龄各项生长指标生长缓慢, 而后明显加快(图 3), 这与关健等<sup>[12]</sup>的报道一致, 其原因与其形态和食性变化有关。18 日龄后, 绿鳍马面鲀鱼苗口径增大, 消化道逐渐发育完善, 可以吞食并消化卤虫无节幼体, 摄食营养增加, 生长速率加快。许氏平鲉<sup>[15]</sup>(*Sebastodes schlegelii*)和黄颡鱼<sup>[23]</sup>(*Pelteobagrus fulvidraco*)苗种培育中, 同样也出现投喂卤虫无节幼体后生长速率加快的现象。第二个生长转折点出现在 36~40 日龄, 这可能与稚鱼向幼鱼的变态发育有关, 此时开始投喂大卤虫

和配合饲料, 能够提供比卤虫无节幼体更加丰富的营养, 满足鱼苗快速生长的需要。实验发现, 各生长指标随日龄的增加呈现出异速增长的变化规律, 比如, 头长的生长速率在第一转折点后显著高于其他指标, 头长和体高在第二转折点后减慢, 其他指标(除眼径)的生长则在第二转折点后加快, 体质量的变化更为显著(图 3)。这种现象与 Osse<sup>[24]</sup>报道的一致, 为维持种群的繁衍, 鱼类在长期进化过程中形成了一种独特的存活策略和个体发育机制, 即优先发育对存活起首要作用的器官, 如发育呼吸、运动、摄食和感觉等功能器官, 并且这种生长的优先性会随着个体的发育而改变。

本研究发现, 与花鮰<sup>[25]</sup>(*Lateolabrax maculatus*)、红鳍东方鲀<sup>[26]</sup>(*Takifugu rubriges*)和大口鮰<sup>[27]</sup>(*Silurus meridionalis*)等肉食性鱼类相似, 绿鳍马面鲀鱼苗在 30 日龄左右时开始出现严重的互相残食, 主要表现为啄食眼睛、腹侧、尾鳍等部位, 由于摄饵不足常会导致个体间出现生长速度和大小差异, 从而出现残食, 死亡率大增。因此在人工育苗中应保证充足的饵料供应, 及时对鱼苗进行筛选、分池以保持合理的鱼苗密度, 从而有利于鱼苗同步生长, 减轻残食, 提高成活率。

#### 3.2 绿鳍马面鲀仔、稚、幼鱼摄食特性

鱼类早期阶段的摄食能力与其个体大小、种类、口径以及饵料种类、密度、大小密切相关。仔鱼开口后, 若饵料充足, 通常会有较高的摄食发生率(开

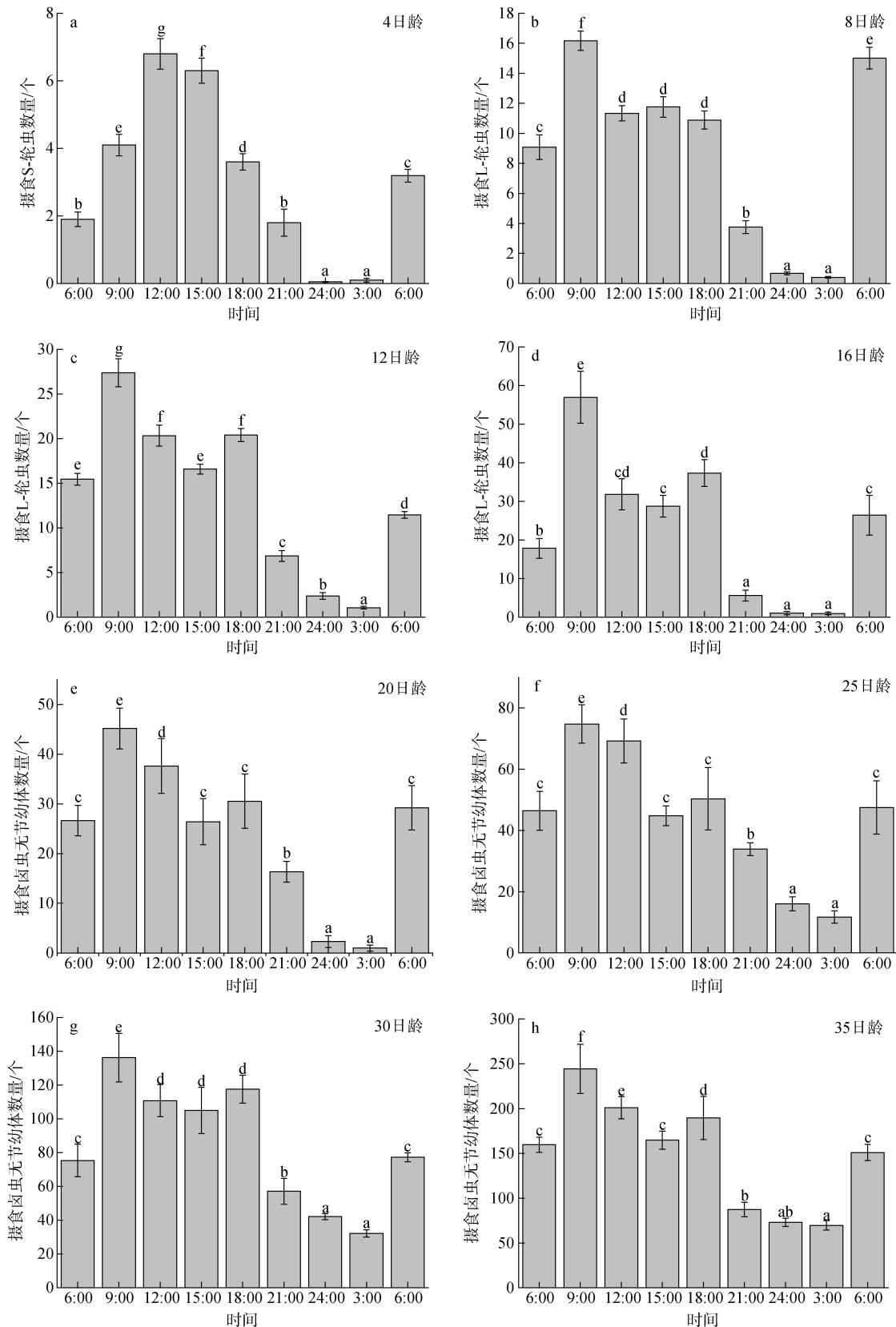


图 4 绿鳍马面鲀仔、稚、幼鱼日摄食节律

Fig. 4 Daily feeding rhythm of larval, juvenile, and young *Thamnaconus modestus*

注: 各数据条上的不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )

表 2 绿鳍马面鲀仔、稚、幼鱼日摄食量、日摄食率、饱食时间及消化时间

Tab. 2 Daily food consumption, daily feeding rate, fullness time and digestion time of larval, juvenile, and young *Thamnaconus modestus*

日龄/dph	体质量/mg	全长/mm	饵料	饱食时间/min	消化时间/min	日摄食量/mg	日摄食率/%
4	0.25±0.017	2.55±0.074	R <sub>S</sub>	120±15	180±25	0.03	12
8	0.39±0.085	2.96±0.167	R <sub>L</sub>	105±11	165±15	0.27	69.23
12	0.54±0.099	3.71±0.209	R <sub>L</sub>	85±5	170±17	0.43	79.63
16	0.81±0.156	5.29±0.629	R <sub>L</sub>	70±7	200±15	0.73	90.12
20	7.91±0.612	7.43±0.796	A	75±5	140±11	1.29	16.31
25	52.31±4.930	11.65±1.680	A	60±5	185±20	1.55	2.96
30	173.33±15.810	15.33±1.573	A	55±7	225±25	4.85	2.80
35	302.57±90.760	25.85±2.284	A	40±5	240±15	6.18	2.04

注: R<sub>S</sub> 为 S-轮虫; R<sub>L</sub> 为 L-轮虫; A 为卤虫无节幼体

口率), 如花鮰开口率为 99.1%<sup>[28]</sup>, 浅色黄姑鱼(*Nibeacoibor*)的仔、稚、幼鱼的摄食发生率为 96.9%<sup>[29]</sup>。实验中发现, 绿鳍马面鲀 3 日龄仔鱼开口率不高, 仅为 53.33%, 但随着日龄的增长, 其摄食发生率逐渐增长, 12 日龄时达 100%, 饱食量达 31 个 L-轮虫(表 1), 表明此时仔鱼摄食旺盛, 摄食能力显著增强。

许多鱼类的摄食行为都会有特定的节律性, 这是鱼类的摄食感觉机能对外在环境因子的变动所表现出来的主动适应的能力<sup>[30]</sup>。Helfman 将鱼类的摄食类型分为白天摄食型、夜晚摄食型、晨昏摄食型和无明显节律型<sup>[31]</sup>。据报道, 浅色黄姑鱼<sup>[29]</sup>、斜带石斑鱼<sup>[32]</sup>(*Epinephelus coioides*)为白天摄食型, 革胡子鲶<sup>[33]</sup>(*Clarias lazera*)、大口鲶<sup>[34]</sup>为晨昏摄食型, 乌鳢<sup>[35]</sup>(*Channa argus*)、黄颡鱼<sup>[36]</sup>为夜晚摄食型, 花鮰<sup>[28]</sup>、真鲷<sup>[37]</sup>(*Pagrosomus major*)为白天偏黄昏摄食型。实验发现, 绿鳍马面鲀仔、稚、幼鱼的摄食高峰都出现在白天, 白天摄食量占全天总量的 71.6%以上, 且在上午 6:00—9:00 和 9:00—12:00 两个时段内, 摄食量占全天的 27.7%~33.2%, 为典型的白天摄食型。据 Brett<sup>[38]</sup>报道, 鱼类在早期阶段, 个体小, 胃发育不完善且容量小, 鱼体需要增加摄食频率来满足生长发育所需的营养物质。因而, 4 日龄和 8 日龄绿鳍马面鲀仔鱼日摄食量不高, 可能与胃及摄食感觉器官(眼、皮肤、味蕾等)尚未发育完善有关。绿鳍马面鲀白天摄食的习性, 可能与其摄食方式、摄食感觉器官和消化道的发育程度密切相关。据报道, 大部分鱼类如花鮰<sup>[28]</sup>、暗纹东方鲀<sup>[39]</sup>(*Takifugu obscurus*)、大菱鲆<sup>[40]</sup>(*Scophthalmus maximus*)等主要依靠视觉觅食, 实验发现, 绿鳍马面鲀在 25、30 和 35 日龄夜间也有摄食, 而且眼径的生长转折点出现在 20 日龄前

后(图 3h), 因此可猜想, 绿鳍马面鲀可能也主要依靠视觉捕食, 但皮肤、味蕾、侧线等感觉器官对摄食行为有无显著影响, 尚需进一步研究。

鱼类的饱和和消化时间受到鱼的种类、饵料种类、摄食能力、消化器官的发育程度等多种因素的影响。随日龄增长, 绿鳍马面鲀仔、稚、幼鱼的饱食时间总体呈下降趋势, 消化时间则总体呈上升趋势, 刚开始将饵料更换为卤虫无节幼体时, 鱼苗饱食时间加长而消化时间缩短(表 2), 银鲳<sup>[41]</sup>(*Pampus argenteus*)也有类似的摄食习性变化, 这说明饵料种类对鱼苗摄食特性有一定影响。

在绿鳍马面鲀育苗过程中, 池内应保证数量充足、大小适口的生物饵料, 以便鱼苗能够充分摄食, 并应根据其摄食特性变化及时调整投喂策略。仔鱼在白天要保证充足的饵料, 稚鱼和幼鱼还应在早晨 3:00—6:00 和傍晚 18:00—21:00 增加投喂一次, 以满足鱼苗生长发育的营养需求。

### 3.3 绿鳍马面鲀的“临界期”和早期饵料系列

绿鳍马面鲀早期阶段存在 4 个“临界期”(危险期)。第一个临界期为开口期(3~4 日龄)。仔鱼在卵黄囊和油球吸收过程中, 需逐渐建立外源营养方式, 以满足生长发育的需要, 若不能及时得到适口饵料便会死亡<sup>[42]</sup>。第二个临界期为开鳔期(6~9 日龄)。有鳔鱼类在早期发育阶段能否正常开鳔, 是人工育苗的重要制约因素之一<sup>[43]</sup>。研究发现, 开鳔不正常极易导致鱼苗出现高死亡率<sup>[44~45]</sup>。发育良好的鱼鳔能够保证仔鱼在水体中保持平衡和摄食, 开鳔不正常的仔鱼则通常出现不摄食或摄食状况极差、生长缓慢、骨骼变形等现象, 从而导致仔鱼大量死亡。第三个临界期为轮虫-卤虫食性转换期(18~20 日龄), 即鱼苗

从摄食小型浮游动物转换为大型浮游动物。实验中发现,投喂卤虫无节幼体后,鱼苗大小易出现显著差异,20日龄最大和最小鱼苗的体质量相差0.37倍,30日龄可达4.02倍。若水体中饵料不足,大苗常会攻击小苗,导致成活率下降。第四个临界期为“断奶期”(生物饵料向配合饵料转换期)(35~40日龄)。若体质弱的鱼苗不能顺利转换配合饵料,会导致鱼苗营养缺乏,大小差异的进一步增大和残食加剧,影响苗种成活率。一旦培育环境和饵料等不能满足鱼苗变态发育的需要,将不可避免地导致临界期的暴露。因此,提供营养丰富的生物饵料并及时转换配合饵料,是人工育苗中的重要技术环节。

开口饵料的大小是影响仔鱼摄食的重要因素,仔鱼口径大小决定了其所能摄食的食物大小<sup>[46]</sup>。以往研究发现,银鲳<sup>[41]</sup>和卵胎生的许氏平鲉<sup>[15]</sup>等鱼类的初孵仔鱼较大,后者初孵仔鱼全长可达6.47 mm,而绿鳍马面鲀和黑鲷<sup>[47]</sup>(*Sparus macrocephalus*)、石斑鱼<sup>[48]</sup>(*Epinephelus*)等鱼类相似,初孵仔鱼较小,一般全长2.00 mm左右,这给苗种培育中饵料系列的选择带来了困难。目前,育苗所用的生物饵料系列通常为贝类幼虫→轮虫→卤虫无节幼体→桡足类等<sup>[49]</sup>。Lubzens等<sup>[50]</sup>认为,轮虫作为理想的生物饵料,能够满足仔鱼新陈代谢的基本营养需求,同时也可作为其他营养物的载体,为仔鱼提供重要的营养物质,提高仔鱼免疫力与成活率。Su等<sup>[51]</sup>研究发现,牡蛎受精卵和S型轮虫较适合作为仔鱼的开口饵料。有人认为,牡蛎受精卵在24 h后会发育成具有几丁质壳的D型幼虫,几丁质壳不仅会损伤绿鳍马面鲀仔鱼的消化道,还会污染水质<sup>[12]</sup>。林锦宗等研究发现,大量使用卤虫无节幼体,鱼苗会由于营养缺乏和因摄食未分离完全的卤虫卵壳而消化不良,导致死亡率升高<sup>[52]</sup>。笔者在以往生产中发现,若以牡蛎未受精卵作为绿鳍马面鲀开口饵料,卵粒会很快下沉,仔鱼难以摄取,若投喂牡蛎受精卵,D型幼虫的几丁质壳虽不至损伤仔鱼消化道,但却难以消化,增加了肠道负担。考虑到仔鱼口径较小,本实验将S型轮虫作为仔鱼的开口饵料,4日龄时仔鱼开口率便可达70%以上,同时避免了投喂牡蛎卵所造成的水质污染。8~9日龄时更换为L型轮虫,18日龄开始投喂卤虫无节幼体,同时继续投喂5~6天L型轮虫以满足仔鱼食性转化需要,之后在35日龄开始驯化配合饵料,同时投喂部分鲜活卤虫成体作为过渡,至鱼苗能够大量摄食配合饵料后,停止投喂生物饵料,实践证

明,此饵料系列完全能够满足绿鳍马面鲀苗种生产需要。

## 4 结论

研究表明,绿鳍马面鲀早期生长发育形态变化明显,且不同生长发育阶段的生长速度不同。绿鳍马面鲀仔、稚、幼鱼的各生长指标可拟合为具有1~2个生长转折点的2~3段直线,其中全长、体长、体质量、肛前长、头长、吻长和体高可拟合为3段直线,眼径可拟合为2段直线。绿鳍马面鲀摄食指标也具有较明显的规律变化。“开口期”前后的仔鱼,摄食发生率和饱食率均较低,随后逐渐升高。绿鳍马面鲀仔、稚、幼鱼均为白天摄食类型,白天摄食量占全天摄食量的71.6%以上。随日龄增长,鱼苗饱食时间呈下降趋势,消化时间则呈上升趋势。

## 参考文献:

- [1] 徐自勤. 马面鲀鱼综合利用途径的探讨[J]. 水产科技情报, 1983(1): 7-9.  
Xu Ziqin. Discussion on the comprehensive utilization of *Thamnaconus*[J]. Fisheries Science & Technology Information, 1983(1): 7-9.
- [2] 詹秉义, 楼冬春, 钟俊生. 绿鳍马面鲀资源评析与合理利用[J]. 水产学报, 1986, 10(4): 409-418.  
Zhan Bingyi, Lou Dongchun, Zhong Junsheng. An assessment of the filefish population and rational exploitation of the resource[J]. Journal of Fisheries of China, 1986, 10(4): 409-418.
- [3] 许学龙, 郑元甲, 刘松. 东、黄海绿鳍马面鲀的资源评估[J]. 海洋与湖沼, 1992, 23(6): 651-656.  
Xu Xuelong, Zheng Yuanjia, Liu Song. Estimation of stock size of filefish *Thamnaconus modestus* in the East China Sea and Yellow Sea[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1992, 23(6): 651-656.
- [4] Kim A R, Bae H J, Kim H G, et al. Age and growth of filefish, *Thamnaconus modestus* (Günther, 1877) off the Jeju Island of Korea[J]. Ocean Science Journal, 2016, 51(3): 355-362.
- [5] 丁民权. 东海绿鳍马面鲀群体及其分布[J]. 水产学报, 1994, 18(1): 45-56.  
Ding Minquan. On the stocks of filefish *Navodon septentrionalis* and their distributions in the East China Sea[J]. Journal of Fisheries of China, 1994, 18(1): 45-56.
- [6] 宓崇道, 钱世勤, 秦忆芹. 东海绿鳍马面鲀繁殖习性的初步研究[J]. 水产科技情报, 1980(3): 1-3.  
Mi Chongdao, Qian Shiqin, Qin Yiqin. A preliminary study on the reproductive habits of *Thamnaconus modestus* in the East China Sea[J]. Fisheries Science &

- Technology Information, 1980(3): 1-3.
- [7] 秦亿芹. 东海外海绿鳍马面鲀摄食习性的研究[J]. 水产学报, 1981, 5(3): 245-252.  
Qin Yiqin. A study on the feeding habit of the filefish of Dong Hai[J]. Journal of Fisheries of China, 1981, 5(3): 245-252.
- [8] 张家男. 绿鳍马面鲀的生殖调控与苗种繁育技术[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2011.  
Zhang Jianan. Reproductive regulation and fry breeding technology of *Thamnaconus septentrionalis* Günther[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2011.
- [9] 李平伦, 姜明成, 徐金波, 等. 绿鳍马面鲀海上网箱养殖技术[J]. 中国水产, 2002, 321(8): 61-62.  
Li Pinglun, Jiang Mingcheng, Xu Jinbo, et al. The technology of marine cage farming for *Thamnaconus modestus*[J]. China Fisheries, 2002, 321(8): 61-62.
- [10] 关健, 陈志信, 张家男, 等. 人工培育条件下绿鳍马面鲀 *Thamnaconus modestus* 胚胎发育的研究[J]. 海洋科学进展, 2011, 29(4): 498-505.  
Guan Jian, Chen Zhixin, Zhang Jianan, et al. Investigation of embryonic development of *Thamnaconus modestus* in artificial breeding condition[J]. Advances in Marine Science, 2011, 29(4): 498-505.
- [11] 薛美岩. 绿鳍马面鲀早期发育及生长的研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2011.  
Xue Meiyang. Study on early development and growth of *Navodon septentrionalis*[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2011.
- [12] 关健, 陈志信, 张家男, 等. 绿鳍马面鲀(*Thamnaconus modestus*)仔、稚鱼生长发育特征研究[J]. 海洋与湖沼, 2011, 42(4): 561-566.  
Guan Jian, Chen Zhixin, Zhang Jianan, et al. Post-embryonic development of filefish *Thamnaconus Modestus*[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2011, 42(4): 561-566.
- [13] 陈慧, 谢友佺, 林国文, 等. 鬼鲉早期发育阶段的摄食节律与饥饿致死时间[J]. 中国水产科学, 2009, 16(3): 340-347.  
Chen Hui, Xie Youquan, Lin Guowen, et al. Feeding rhythm and tolerance of starvation during early development stage of devil stinger, *Inimicus japonicus*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2009, 16(3): 340-347.
- [14] 张静, 薛美岩, 姜海滨, 等. 黑鲪早期发育与摄食的初步观察[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(2): 8-15.  
Zhang Jing, Xue Meiyang, Jiang Haibin, et al. Study on early development and feeding of larval *Sebastodes schlegelii*[J]. Progress in Fishery Sciences, 2010, 31(2): 8-15.
- [15] 王仁龙, 王志宝, 姜海滨, 等. 许氏平鲉“特定发育期”生长与摄食特性的研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2018, 48(5): 42-53.  
Wang Renlong, Wang Zhibao, Jiang Haibing, et al. Growth and feeding characteristics of *Sebastodes schlegelii* in ‘Specific Developmental Periods’. Periodical of Ocean University of China, 2018, 48(5): 42-53.
- [16] 高小强, 洪磊, 刘志峰, 等. 美洲西鲱仔鱼不可逆点及仔、稚鱼摄食特性研究[J]. 水产学报, 2015, 39(3): 392-400.  
Gao Xiaoqiang, Hong Lei, Liu Zhifeng, et al. The definition of point of no return of larvae and feeding characteristics of *Alosa sapidissima* larvae and juveniles[J]. Journal of Fisheries of China, 2015, 39(3): 392-400.
- [17] 何滔, 肖志忠, 刘清华, 等. 条石鲷早期发育阶段的生长模式[J]. 水产学报, 2012, 36(8): 1242-1248.  
He Tao, Xiao Zhizhong, Liu Qinghua, et al. Allometric growth in rock bream larvae (*Oplegnathus fasciatus* Temminck et Schlegel 1844)[J]. Journal of Fisheries of China, 2012, 36(8): 1242-1248.
- [18] Gisbert E. Morphological development and allometric growth patterns in hatchery-reared California halibut larvae[J]. Journal of Fish Biology, 2002, 61(5): 1217-1229.
- [19] 石振广, 董双林, 鲁宏申, 等. 人工养殖条件下达氏鳇杂交种幼鱼生长特性的初步研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2008, 38(1): 33-38.  
Shi Zhenguang, Dong Shuanglin, Lu Hongshen, et al. A preliminary study on juvenile growth performance of Kaluga(*Huso dauricus*)Hybrid under artificial farming conditions[J]. Periodical of Ocean University of China, 2008, 38(1): 33-38.
- [20] 刘立明. 不同温度条件下牙鲆变态期生长发育变化的研究[J]. 海洋科学, 1996, (4): 58-63.  
Liu Liming. Growth and development of *Paralichthys olivaceus* in metamorphosis period at different temperatures[J]. Marine Sciences, 1996, (4): 58-63.
- [21] Fukuhara O. Morphological and functional development of larval and juvenile *Limanda yokohamae*(Pisces: Pleuronectidae) reared in the laboratory[J]. Marine Biology, 1988, 99(2): 271-281.
- [22] Khemis I B, Gisbert E, Alcaraz C, et al. Allometric growth patterns and development in larvae and juvenile of thick-lipped grey mullet *Chelon labrosus* reared in mesocosm conditions[J]. Aquaculture Research, 2013, 44: 1872-1888.
- [23] 黄权, 姜夙, 齐科翀, 等. 投喂卤虫无节幼体条件下黄颡鱼仔稚鱼生长、存活率、摄食力和体成分的变化[J]. 中国水产科学, 2012, 19(6): 1034-1042.  
Huang Quan, Jiang Su, Qi Kechong, et al. The changes in growth, survival, food intake and body composition of *Peltobagrus fulvidraco* larvae and juveniles fed with Artemia nauplii. Journal of Fishery Sciences of China, 2012, 19(6): 1034-1042.
- [24] Osse J W M. Form changes in fish larvae in relation to changing demands of function[J]. Netherlands Journal

- of Zoology, 1989, 40(1): 362-385.
- [25] 王晓龙, 温海深, 张美昭, 等. 花鲈苗种培育过程中相互残食及控制措施的研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2019, 49(S1): 16-22.  
Wang Xiaolong, Wen Haishen, Zhang Meizhao, et al. Cannibalism among *Lateolabrax maculatus* juveniles and its control under artificial culture conditions[J]. Periodical of Ocean University of China, 2019, 49(S1): 16-22.
- [26] 王东梅, 王维新. 红鳍东方鲀幼鱼相互残食的因子研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(29): 142-146.  
Wang Dongmei, Wang Weixin. The factors affecting cannibalism in *Takifugu Rubriges* young fish[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2012, 28(29): 142-146.
- [27] 邹桂伟, 罗相忠, 潘光碧. 大口鮰苗种同类相残的研究[J]. 中国水产科学, 2001, 8(2): 55-58.  
Zou Guiwei, Luo Xiangzhong, Pan Guangbi. Studies on the cannibalism among *Silurus meridionalis* larvae[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2001, 8(2): 55-58.
- [28] 张雅芝, 郑金宝, 谢仰杰, 等. 花鲈仔、稚、幼鱼摄食习性与生长的研究[J]. 海洋学报, 1999, 21(5): 110-119.  
Zhang Yazhi, Zheng Jinbao, Xie Yangjie, et al. The feeding habits and growth of larval, juvenile and young *Lateolabrax japonicus*[J]. Acta Oceanologica Sinica, 1999, 21(5): 110-119.
- [29] 张雅芝, 胡家财, 谢仰杰, 等. 浅色黄姑鱼早期发育阶段的摄食习性与生长特性[J]. 热带海洋学报, 2006, (5): 76-81.  
Zhang Yazhi, Hu Jiacai, Xie Yangjie, et al. Feeding habits and growth characteristics of *Nibea chui* in early developmental stages[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2006, (5): 76-81.
- [30] 李大勇, 刘晓春, 何大仁. 真鲷早期发育阶段的摄食节律[J]. 热带海洋, 1994, (2): 82-87.  
Li Dayong, Liu Xiaochun, He Daren. Feeding rhythm of *Pagrosomus major* during the early development stage[J]. Tropical Oceanography, 1994, (2): 82-87.
- [31] Helfmann G S. Fish behaviour by day, night and twilight. In: Pitcher TJ(eds.). The behaviour of teleost fishes[J]. Boston: Springer, 1986, 366-387.
- [32] 张海发, 刘晓春, 刘付永忠, 等. 斜带石斑鱼胚胎及仔稚幼鱼形态发育[J]. 中国水产科学, 2006, 13(5): 689-699.  
Zhang Haifa, Liu Xiaochun, Liu Fuyongzhong, et al. Embryonic development, morphological development of larval, juvenile and young fish of *Epinephelus coioides*[J]. Journal of Fishery Sciences of China. 2006, 13(5): 689-699.
- [33] 汪留全, 程云生. 池养条件下革胡子鲶仔幼鱼摄食习性与生长的初步研究[J]. 水产学报, 1990, 14(2): 105-113.  
Wang Liuquan, Cheng Yunsheng. On the feeding habits and growth for larval of *Clarias lazera* under pond nursery[J]. Journal of Fisheries of China, 1990, 14(2): 105-113.
- [34] 邹桂伟, 潘光碧, 胡德高, 等. 大口鮰仔鱼摄食行为的初步观察[J]. 水利渔业, 1994, (6): 15-17.  
Zou Guiwei, Pan Guangbi, Hu Degao, et al. Preliminary observation on feeding behavior of larval *Silurus meridionalis*[J]. Reservoir Fisheries, 1994, (6): 15-17.
- [35] 周洁, 谢从新. 乌鳢仔鱼摄食节律和日摄食率的初步研究[J]. 华中农业大学学报, 1996, 15(1): 64-67.  
Zhou Jie, Xie Congxin. Preliminary observation on day-and-night rhythm and daily feeds intake rate for snake-head fish fry[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 1996, 15(1): 64-67.
- [36] 章晓炜, 汪雯翰, 郑聰. 黄颡鱼仔鱼食性及生长的研究[J]. 水产科学, 2002, 21(3): 13-15.  
Zhang Xiaowei, Wang Wenhan, Zheng Cong. Study on feeding and growth of *Pseudobagrus fulvidraco* larva[J]. Fisheries Science, 2002, 21(3): 13-15.
- [37] 郑微云, 苏永全, 李文权, 等. 真鲷幼体的摄食与营养[J]. 水产学报, 1994, 18(2): 124-130.  
Zheng Weiyun, Su Yongquan, Li Wenquan, et al. Studies on the feeding and nutrition of *Pagrosomus major* larvae[J]. Journal of Fisheries of China, 1994, 18(2): 124-130.
- [38] Brett J R, Groves T D. Physiological energetics[J]. Fish Physiology, 1979, 8: 279-352.
- [39] 王立新, 华元渝. 暗纹东方鲀仔幼鱼的形态、摄食与生长的初步研究[J]. 水产养殖, 1998, (2): 16-19.  
Wang Lixin, Hua Yuanyu. A preliminary study on morphological characteristics and feeding habits and growth of *Takifugu obscurus* during early stages[J]. Journal of Aquaculture, 1998, (2): 16-19.
- [40] Holmes R A, Gibson R N. Visual cues determining prey selection by the turbot, *Scophthalmus maximus* L[J]. Journal of Fish Biology, 2006, 29(sA): 49-58.
- [41] 施兆鸿, 马凌波, 高露娇, 等. 人工育苗条件下银鲳仔稚幼鱼摄食与生长特性[J]. 渔业科学进展, 2007, 28(4): 38-46.  
Shi Zhaohong, Ma Lingbo, Gao Lujiao, et al. Feeding habits and growth characteristics of larva and juvenile of *Pampus argenteus* under artificial rearing condition[J]. Progress in Fishery Sciences, 2007, 28(4): 38-46.
- [42] Tanaka M. Studies on the structure and function of digestive system in teleost larvae-IV[J]. Japanese Journal of Ichthyology, 1972, 19(1): 15-25.
- [43] Barahona-Fernandes M H. Effect of aeration on the survival and growth of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) larvae: A preliminary study[J]. Aquaculture, 1978, 14(1): 67-74.
- [44] Chatain B. A sorting method for eliminating fish larvae without functional swim bladders[J]. Aquaculture, 1992, 107(1): 81-88.
- [45] 雷霁霖, 马爱军, 刘新富, 等. 大菱鲆(*Scophthalmus maximus* L.)胚胎及仔稚幼鱼发育研究[J]. 海洋与湖

- 沼, 2003, 34(1): 9-18.
- Lei Jilin, Ma Ajun, Liu Xinfu, et al. Study on the development of embryo, larval and juvenile of turbot *Scophthalmus maximus* L[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2003, 34(1): 9-18.
- [46] 殷名称. 鱼类仔鱼期的摄食和生长[J]. *水产学报*, 1995, 19(4): 335-342.
- Yin Mingcheng. Feeding and growth of the larva stage of fish[J]. *Journal of Fisheries of China*, 1995, 19 (4): 335-342.
- [47] 张孝威, 何桂芬, 沙学绅. 黑鲷卵子及仔、稚、幼鱼的形态观察[J]. *动物学报*, 1980 (4): 331-336, 399-400.  
Zhang Xiaowei, He Guifen, Sha Xueshen. Morphological studies of the eggs, larvae and young fish of the black porgy, *Sparus macrocephalus*[J]. *Acta Zoologica Sinica*, 1980 (4): 331-336, 399-400.
- [48] 陈国华, 张本. 点带石斑鱼仔、稚、幼鱼的形态观察[J]. *海南大学学报(自然科学版)*, 2001, 19(2): 151-156.  
Chen Guohua, Zhang Ben. Observation on the morphology of the larva, juvenile and young fish of *Epinephelus malabaricus* (Bloch & Schneider)[J]. *Natural Science*
- Journal of Hainan University, 2001, 19(2): 151-156.
- [49] 日本水产学会.稚鱼的摄饵和发育[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1979.  
The Japanese Society of Fisheries Science. *Feeding and Development of Juvenile Fish*[M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 1979.
- [50] Lubzens E, Tandler A, Minkoff G. Rotifers as food in aquaculture[J]. *Hydrobiologia*, 1989, 186-187(1): 387-400.
- [51] Su H M, Su M S, Liao I C. Preliminary results of providing various combinations of live foods to grouper (*Epinephelus coioides*) larvae[J]. *Hydrobiologia*, 1997, 358(1-3): 301-304.
- [52] 林锦宗, 张雅芝, 郑金宝, 等. 真鲷(*Pagrosomus major*)秋冬季生殖群育苗技术研究[J]. *集美大学学报(自然科学版)*, 1994, (2): 1-9.  
Lin Jinzong, Zhang Yazhi, Zheng Jinbo, et al. Studies on the fry rearing techniques of the autumn-winter spawning groups of red porgy, *Pagrosomus major* (Temminck et Schlegel)[J]. *Journal of Jimei University (Natural Science)*, 1994, (2): 1-9.

# Growth, development, and feeding characteristics of *Thamnaconus modestus* during early stages

ZHANG Zhe<sup>1</sup>, JIANG Liang-long<sup>1</sup>, WANG Zhen<sup>1</sup>, DU Rong-bin<sup>1</sup>, WU Yan-qing<sup>2</sup>, LIU Li-ming<sup>1</sup>

(1. Ocean School, Yantai University, Yantai 264005, China; 2. East China Sea Fisheries Research Institute, Shanghai 200090, China)

Received: Apr. 28, 2020

Key words: *Thamnaconus modestus*; early stage; growth; development; feeding characteristics

**Abstract:** We investigated the adoption of experimental ecology methods, changes in growth, development and feeding characteristics of larval, juvenile, and young *Thamnaconus modestus* under artificial rearing conditions. Results revealed that the growth indexes of larval, juvenile, and young *T.modestus* fits into 2 or 3 straight lines, with 1 or 2 inflection points including the total length, body length, body weight, pre-anal length, head length, snout length, body depth (which can be fitted in 3 segments), and eye diameter (which can be fitted in 2 segments). The growth rate of head length was significantly higher than that of other indexes, especially at the first inflection point. However, the growth rate of head length and body depth declined after the second inflection point, while the growth rates of all other growth indexes accelerated gradually. In the “feeding initiation stage,” although the feeding incidence and satiation rate of 3dph and 4dph larval were initially lower, they increased gradually overtime. The feeding incidence and the satiation rate reached 100% at 12dph and 25dph (where the fullness degrees were all of level 3 and 4). The larval, juvenile, and young *T.modestus* represented the daytime feeding habit, which accounted for more than 71.6% of daily ration. With an increasing growth, the fullness time of the fry followed an overall declining trend, while the digestion time followed an overall elevating trend. The growth, development and feeding characteristics of *T.modestus* during early stages offers a good reference to the manager of artificial rearing for promotion of growth and survival of fry.

(本文编辑: 杨 悅)