

# 饥饿对大菱鲂(*Scophthalmus maximus*)雌核发育 二倍体仔鱼前期生长的影响\*

丁福红<sup>1</sup> 雷霖霖<sup>1</sup> 刘新富<sup>1</sup> 孟振<sup>1</sup> 刘滨<sup>1</sup> 张和森<sup>2</sup> 马爱军<sup>1</sup>

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛市海水鱼类种子工程与生物技术重点实验室 青岛 266071;

2. 青岛通用水产养殖有限公司 青岛 266404)

**提要** 针对饥饿对大菱鲂雌核发育二倍体仔鱼前期生长发育的影响进行研究,并对仔鱼的饥饿不可逆点进行了测定。结果表明,水温 14.5—16 的培育条件下,大菱鲂雌核发育饥饿仔鱼卵黄于 5—6 日龄消耗殆尽,油球 6—7 日龄消耗殆尽;饥饿仔鱼最高初次摄食率出现在 4 日龄,为 85.3%;仔鱼的饥饿不可逆点出现在 8 日龄;饥饿仔鱼全长生长速度显著慢于投喂仔鱼,6 日龄后全长呈负增长,并且出现胸角突出、体色暗黑、消化道萎缩等较为明显的饥饿特征。本实验同时对大菱鲂常规二倍体仔鱼的饥饿耐受情况对照研究,表明,常规二倍体饥饿仔鱼的卵黄和油球消耗规律、初次摄食率变化、PNR 点及全长生长与雌核发育仔鱼无显著差异。

**关键词** 大菱鲂,雌核发育二倍体仔鱼,饥饿,不可逆点

**中图分类号** S963

鱼类育种工作中,可通过同源或异源精子遗传物质灭活后与卵子结合形成受精卵,受精卵经过冷休克或者静水压等方法处理使卵子的染色体加倍,而形成雌核发育二倍体(戈文龙等, 2005; 许建和等, 2006; Yamakawa *et al.*, 1987; Xu *et al.*, 2008),因此雌核发育仔鱼与常规二倍体仔鱼存在授精生理以及遗传物质组成方面有着显著不同。揭示该差异对仔鱼生长发育的影响,对于雌核发育与常规二倍体仔鱼发育和连续培育技术具有重要的实践意义。Pifferrer 等(2004)对大菱鲂雌核发育技术进行了报道,并且对雌核二倍体仔稚鱼生长进行初步了研究;但是有关雌核发育仔鱼的抗逆特性,如饥饿耐受性等方面的研究尚未见有报道。

饥饿是仔鱼摄食早期发生死亡的主要原因之一。通过饥饿实验可以了解仔鱼耐饥饿胁迫能力,同时可以跟踪了解内源营养物质,卵黄和油球吸收、转化

和消失的情况,对于研究仔鱼营养生理具有重要的理论意义(鲍宝龙等, 1998; 殷名称, 1996)。在饥饿实验中,饥饿不可逆点(PNR)的检测十分重要,它是仔鱼耐受饥饿的时间临界点。饥饿仔鱼达到该点时,还可以继续存活一段时间,但是身体已经非常虚弱,不可能再恢复摄食能力(Blaxter *et al.*, 1963)。该指标的确定对于早期仔鱼培育和饲料的科学投喂具有重要实用价值,类似的研究已在大西洋鲑(Hansen *et al.*, 1985)、大西洋鲱(Yin *et al.*, 1986)、真鲷、牙鲆(鲍宝龙等, 1998; Dou *et al.*, 2005)、杂交鲟(宋兵等, 2004)、黄鲷(夏连军等, 2004)、鳊鱼(万瑞景等, 2004)、黑鲮(单秀娟等, 2008)等多种鱼类上开展。

本文以大菱鲂雌核发育二倍体仔鱼作为研究对象,旨在对饥饿条件下的仔鱼生长及 PNR 点进行检测;并且对投喂的雌核发育二倍体和常规二倍体仔鱼进行饥饿试验的比较研究,以期探明大菱鲂雌核

\* 农业部公益性行业科研重大专项“鲆鲽类全雌苗种大规模培育技术研究”, nyhyzx07-046 号; 国家鲆鲽类产业技术体系建设专项资金, nycytx-50-G2 号; 国家自然科学基金青年项目“下丘脑神经肽(Orexin)及其受体调控大菱鲂仔鱼内-外源营养转换的机制研究”, 30901111 号。丁福红, 博士, E-mail: dingfuhong@hotmail.com

通讯作者: 雷霖霖, E-mail: lejilin@seacul.com

收稿日期: 2009-04-28, 收修改稿日期: 2009-06-26

发育二倍体仔鱼的早期生长发育特征, 指导苗种培育工作。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

实验于 2008 年 11 月在青岛通用水产有限公司进行。大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)雌核发育二倍体仔鱼是利用遗传物质灭活的真鲷冷冻精子诱导大菱鲆卵子开始发育, 并采用冷休克方法获得受精卵染色体加倍; 实验对照组中采用的卵子均来自同一尾雌鱼的同批卵子。雌核发育二倍体仔鱼的制备方法参照 Piferrer 等(2000, 2004)、孟振等<sup>1)</sup>报道。

### 1.2 仔鱼培育

雌核发育二倍体仔鱼饥饿实验分别设置两个实验对照组, 即雌核发育饥饿仔鱼与常规二倍体饥饿仔鱼对照组, 比较两类饥饿仔鱼卵黄和油球吸收、初次摄食率、以及仔鱼体长增长情况; 雌核发育饥饿仔鱼与雌核发育投喂仔鱼对照组, 比较饥饿仔鱼与非饥饿仔鱼的卵黄和油球吸收、体长增长情况; 每个实验组至少培育鱼苗三千尾, 培育方法如下:

**实验 雌核发育二倍体饥饿仔鱼与常规二倍体饥饿仔鱼对照组。** 培育海水温度为 14.5—16, 盐度 30, pH 7.8—8.0。两组饥饿仔鱼培育条件相同, 均置于循环水池的筛绢网袋孵化培养, 每日吸除死亡仔鱼, 不投喂直至仔鱼全部死亡结束实验;

**实验 雌核发育二倍体饥饿仔鱼与雌核发育二倍体投喂仔鱼对照组。** 培育海水温度为 14.5—16, 盐度 30, pH 7.8—8.0。饥饿仔鱼置循环水池的筛绢网袋孵化培养, 每日吸除死亡仔鱼, 不投喂直至仔鱼全部死亡为止。投喂组仔鱼置于大循环水养殖池中培育, 每日 2 次投喂小球藻和轮虫, 轮虫密度约 5—10 个/ml。

采用 Nikon coolpix4500 型数码相机, 每日测量各实验组仔鱼的生长发育情况观察饥饿仔鱼有无明显饥饿特征出现。

### 1.3 饥饿仔鱼初次摄食率及不可逆点(PNR)

从仔鱼孵出后第二日(即 1 日龄)开始摄食实验。每天取 50 尾仔鱼置于 1000ml 烧杯中, 水温稳定在 14.5—16, 黑暗环境培养。每日上午九点投喂小球藻和轮虫, 密度约 5—10 个/ml。四小时后从实验组取仔鱼样品进行检测, 用倒置解剖镜(10×10)逐尾观察

仔鱼的消化道内容物, 判断摄食情况。摄食仔鱼的尾数占取样尾数的百分比即为仔鱼的摄食率。

当所测定的仔鱼初次摄食率下降至最高初次摄食率的 1/2 时, 认定为仔鱼的饥饿不可逆点。

### 1.4 仔鱼全长、卵黄囊和油球测定

每日随机取各实验组 20 尾仔鱼, 在解剖镜(10×4、10×10)下测量和记录仔鱼的全长, 卵黄囊的长径( $R_1$ )和短径( $R_2$ ), 以及油球的直径( $r$ ), 并计算卵黄囊及油球体积。计算公式:

$$\text{卵黄囊体积} = \frac{4}{3} \times 3.14 \times \left(\frac{R_2}{2}\right)^2 \times \frac{R_1}{2}$$

$$\text{油球体积} = \frac{4}{3} \times 3.14 \times \left(\frac{r}{2}\right)^3$$

### 1.5 数据统计

对照组数据采用基于 SNK 函数的双边 ANOVA 方法进行显著性分析, 显著性分析的概率置信度为 95% ( $P < 0.05$ )。所有的统计采用 Windows 版本 SPSS 11.5 软件进行分析。

在卵黄和油球体积变化数据分析中, 以每日龄仔鱼的测量数据占相应初孵仔鱼该指标数据的百分比, 进行数据归一化, 用来反映每日龄仔鱼卵黄和油球的吸收比例。同时, 在卵黄和油球体积变化数据分析中, 采用一组数据的标准差占该组数据均值的百分比, 即差异系数  $C_v$  ( $C_v = \text{STD}/\text{AVER} \times 100\%$ )来反映该组数据的波动幅度, 体现仔鱼个体间的差异。式中, STD 表示标准偏差, AVER 表示均值。

## 2 结果

### 2.1 仔鱼卵黄和油球吸收的动态变化

实验观察表明, 饥饿组大菱鲆雌核发育二倍体初孵仔鱼卵黄囊呈椭圆形或卵圆形个别呈梨形, 长度占仔鱼全长 1/2 多; 油球圆形。仔鱼在水面聚集不游动, 只是偶尔摆动身体, 卵黄囊体积约为 0.20mm<sup>3</sup>。油球体积约为 0.004mm<sup>3</sup>; 1 日龄仔鱼游泳频率和速度加快, 器官发育和生长消耗大量能量, 卵黄体积 0.13mm<sup>3</sup>, 减少 35%, 油球体积减少 40%; 2 日龄仔鱼卵黄消耗速率更快, 体积 0.01mm<sup>3</sup>, 减少 60%; 油球消耗速度变缓, 体积 0.0025mm<sup>3</sup>, 减少 20%; 3 日龄仔鱼消化道前端的口和后端肛门打开, 但此日摄食行为较少, 卵黄仅剩余 5%, 油球 0.0017mm<sup>3</sup>, 剩余 17%; 5 日龄、6 日龄仔鱼卵黄和油球剩余体积已经极小, 分

1) 孟 振, 雷霖霖, 刘新富等, 2008. 大菱鲆雌核发育和不同倍性胚胎发育的比较. 中国海洋大学学报海大学报, 待刊

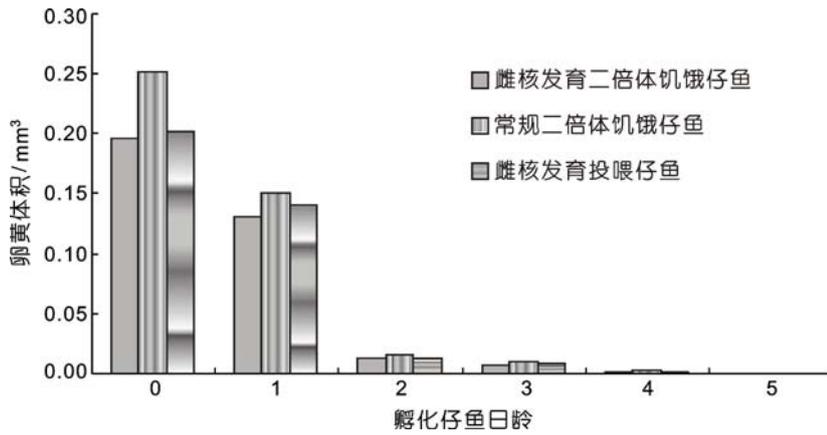


图 1 大菱鲂仔鱼卵黄吸收

Fig.1 The yolk absorption of turbot larvae

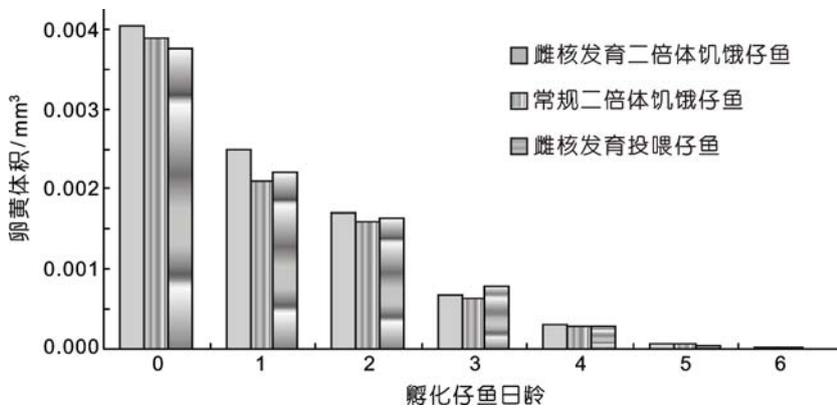


图 2 大菱鲂仔鱼油球吸收

Fig.2 Oil globule absorption of turbot larvae

别为 0.1% 和 1%，一部分仔鱼卵黄和油球已经消失；卵黄和油球最终在 6 日龄、7 日龄全部耗尽。在整个内源营养消耗过程中，卵黄在 1 日龄和 2 日龄消耗最集中，而油球的消耗相对持缓。仔鱼各日龄卵黄和油球的体积值详见图 1 和图 2，消耗百分比见表 1。

实验数据还显示随着仔鱼生长，卵黄和油球消耗的个体间差异也逐渐加大，这一点从差异系数(Cv)反映出来(表 1)。卵黄的差异系数整体上很大，表明仔鱼个体间卵黄体积差异极为明显，而且随仔鱼日龄增长该差异迅速扩大。如，雌核发育二倍体初孵仔鱼卵黄体积 Cv 值为 36.4，在 4 日龄卵黄体积 Cv 值为 56.3；5 日龄卵黄体积 Cv 值达到 180.3，油球体积变化的差异系数相对较小，但也体现出随仔鱼日龄增长而增大的趋势。

常规二倍体饥饿仔鱼和雌核发育投喂仔鱼的卵黄体积和油球变化规律与雌核发育二倍体饥饿仔鱼基本相同，统计结果表明三类仔鱼卵黄和油球体积没有显著差异(P < 0.05)。

表 1 各日龄大菱鲂仔鱼卵黄和油球体积剩余比例(REM%)及个体差异系数(Cv)

Tab.1 The remaining percent (REM%) and coefficient of variation (Cv) in volumes of yolk and oil globule of turbot larvae

仔鱼类别与检测指标		0 日龄	1 日龄	2 日龄	3 日龄	4 日龄	5 日龄	6 日龄
卵黄变化	SGL REM%	100.0	66.8	6.4	5.0	1.3	0.2	0
	SGL Cv	36.4	30.2	58.5	50.0	56.3	180.4	—
	SNL REM%	100.0	59.9	6.4	4.1	1.2	0.1	0
	SNL Cv	20.2	57.3	34.0	44.3	104.9	351.6	—
	FGL REM%	100.0	69.7	6.5	4.2	0.6	0.1	0
	FGL Cv	30.1	30.7	45.4	42.1	63.8	118.8	—
油球变化	SGL REM%	100.0	61.7	42.0	16.7	7.5	1.5	0.5
	SGL Cv	10.5	32.8	34.3	28.0	43.9	89.7	133.2
	SNL REM%	100.0	54.3	41.2	16.1	7.3	1.6	0.7
	SNL Cv	0.0	0.1	18.8	32.1	45.9	129.5	108.9
	FGL REM%	100.0	58.7	43.5	21.1	7.4	1.1	0.1
	FGL Cv	1.9	3.1	24.4	39.0	39.8	70.2	180.0

注：SGL 表示雌核发育二倍体饥饿仔鱼(starved gynogenesis larvae); SNL 表示常规二倍体饥饿仔鱼(starved normal larvae); FGL 表示雌核发育二倍体投喂仔鱼(fed gynogenesis larvae); REM% = 各日龄仔鱼卵黄(油球)体积 / 初孵仔鱼卵黄(油球)体积 × 100%; Cv = STD/AVER × 100%

## 2.2 饥饿仔鱼的初次摄食率及不可逆点

实验从孵化后 2 日龄的仔鱼中观察到了摄食现象。在显微镜下观察到, 摄食仔鱼消化道中可见小球藻团及团状黑色物, 为消化中的轮虫, 有些可见完整的轮虫个体, 且消化道饱满。不同日龄饥饿仔鱼初次摄食率见图 3。雌核发育仔鱼 2 日龄虽然出现摄食行为, 但初次摄食率很低, 仅为 10% 左右; 3 日龄仔鱼初次摄食率显著升高, 4 日龄仔鱼初次摄食率达到最高 85.3%, 5 日龄饥饿仔鱼初次摄食率开始降低; 不可逆点出现在 8 日龄, 8 日龄仔鱼初次摄食率为 30%, 低于最高初次摄食率的 1/2, 确定为雌核发育仔鱼饥饿不可逆点。大菱鲆常规二倍体饥饿仔鱼初次摄食行为出现在 2 日龄; 最高初次摄食率出现在 4 日龄, 达到 80% 以上, 不可逆点也出现在 8 日龄。统计结果表明, 各日龄雌核发育饥饿仔鱼与常规二倍体饥饿仔鱼的初次摄食率没有显著差异( $P < 0.05$ )。

## 2.3 饥饿对仔鱼生长发育的影响

### 2.3.1 生长

雌核发育饥饿仔鱼和常规二倍体饥饿仔鱼的全长生长见图 4。仔鱼全长在初孵至 2 日龄间增长迅速, 全长范围 2.8—3.5mm。3—6 日龄增长减缓, 全长范围 3.5—3.7mm。7 日龄仔鱼生长停滞, 并且在 7—9 日龄间, 仔鱼全长出现负增长, 全长为 3.6—3.7mm。统计结果表明, 两类饥饿仔鱼的全长无显著差异( $P < 0.05$ )。

雌核发育饥饿仔鱼和雌核发育投喂仔鱼的全长生长比较见图 4。雌核发育仔鱼全长变化趋势表明, 投喂仔鱼生长速度在 3 日龄后显著快于饥饿仔鱼。3 日龄投喂仔鱼已经体长达 3.8mm, 此后呈快速增长, 9 日龄达到 4.5mm, 而饥饿 9 日龄仔鱼全长仅约 3.6mm。统计结果表明, 饥饿仔鱼与投喂仔鱼两者全长存在显著差异( $P < 0.05$ )。

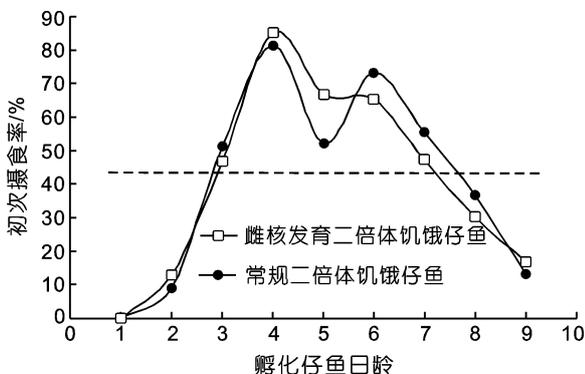


图 3 大菱鲆饥饿仔鱼初次摄食率

Fig.3 The initial feeding rate of starved turbot larvae

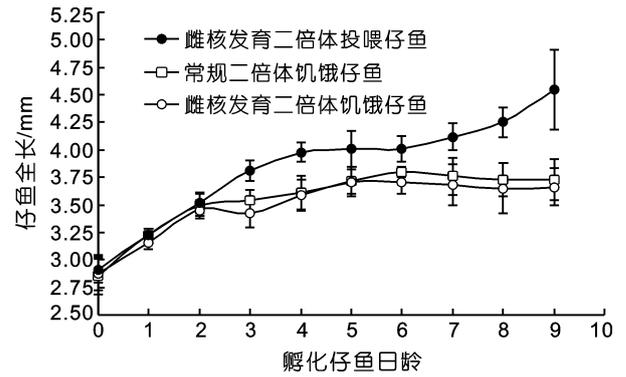


图 4 大菱鲆仔鱼全长生长

Fig.4 Total length development of turbot larvae

### 2.3.2 发育

观察发现, 初孵仔鱼消化道呈线形, 带有钩形末端。随着仔鱼的发育和摄食生长, 仔鱼消化道逐渐变粗、膨大。4—5 日龄仔鱼消化道中前段开始逐渐盘曲, 整个消化道由长形逐渐盘曲为圆形。6 日龄部分饥饿仔鱼出现胸角突出、体色暗黑、身体扭曲, 萎缩、消化道萎缩等特征。7 日龄、8 日龄饥饿仔鱼上述特征更加显著。9 日龄饥饿仔鱼已有大部分死亡, 10 日龄几乎全部死亡。

## 3 讨论

本研究结果表明, 大菱鲆雌核发育二倍体饥饿仔鱼在 1 日龄和 2 日龄卵黄消耗非常集中, 至 2 日龄仔鱼, 卵黄仅剩 6% 左右, 并在 5—6 日龄完全消失。油球的消耗与卵黄消耗规律有所不同, 相对均匀、平缓。同时, 对照实验表明, 雌核发育二倍体投喂仔鱼和常规二倍体饥饿仔鱼的卵黄和油球的消耗与雌核发育二倍体饥饿仔鱼没有显著差异, 因此认为, 饥饿对于大菱鲆雌核发育二倍体仔鱼卵黄和油球的吸收没有产生影响。徐永江等(2007)对漠斑牙鲆饥饿仔鱼和投喂仔鱼进行研究, 结果表明两类仔鱼卵黄和油球的吸收不存在显著差异, 与本实验结果一致。吴莹莹等(2006)对半滑舌鳎研究发现饥饿对卵黄吸收具有延缓作用, 本实验中没有发现该现象。此外, 本研究中卵黄和油球体积变化的差异系数数据表明, 卵黄和油球消耗的个体间差异很大, 而且随仔鱼生长而逐渐加大, 这体现了仔鱼本身生存能力存在差异, 并且在培育过程中逐步体现出来, 这种差异最可能来自于受精卵间的质量差异。

大菱鲆雌核发育仔鱼开口摄食时间为 3 日龄, 内源营养卵黄和油球耗尽时间为 7 日龄, 即混合营养时间为 4 日。单秀娟等(2008)指出混合营养期与仔鱼孵

化后到开口摄食的时间的比率能够较客观的反映仔鱼耐受饥饿的能力。仔鱼开口摄食早,混合营养期长可以充分获取摄食经验和提高摄食能力,因此在自然水域抵抗饥饿的能力较高。该作者对多种鱼类的混合营养期和仔鱼初次摄食时间间比率进行了归纳总结,认为该比率大于 1 的鱼类,属于耐饥饿种类。根据本研究结果,大菱鲂雌核发育仔鱼的该比率参数为 4/3,大于 1,因此可认为是耐饥饿仔鱼。

雌核发育二倍体饥饿仔鱼的不可逆点出现在 8 日龄,仔鱼卵黄和油球完全消失发生在 7 日龄,由此表明,饥饿仔鱼的不可逆点出现在内源营养完全消耗尽的阶段。鲍宝龙等(1998)研究结果表明,真鲷、牙鲆饥饿仔鱼在卵黄囊消失 1—2 天内即进入 PNR 期;夏联军等(2004)研究结果表明,黄鲷饥饿仔鱼卵黄囊和油球全部耗尽在 7 日龄,PNR 点出现在 8—9 日龄。徐永江等(2007)研究结果表明,漠斑牙鲆仔鱼卵黄囊和油球消耗尽的时间为 6 日龄,PNR 点出现在 7 日龄;这些结果归纳起来,得到的规律与本实验相同,即仔鱼内源营养完全消耗尽后,饥饿不可逆点随后而至。这一规律的验证对于仔鱼能量代谢及生长发育的研究具有重要意义。此外,本研究中,大菱鲂仔鱼 4 日龄时初次摄食率达到最大 80% 以上,即在卵黄吸收末期达到摄食高峰,这与真鲷仔鱼的研究结果相同(鲍宝龙等, 1998);而黄鲷仔鱼摄食高峰出现在油球接近耗尽的时候(夏联军等, 2004)。不同鱼类仔鱼营养生理机理方面的差异还有待进一步研究。同时仔鱼内源营养吸收、摄食行为等方面的生理特征与培育条件,尤其是温度密切,因此研究中需充分考虑这些因素造成的差异(Houde, 1974; McGurk, 1984)。

本研究表明,大菱鲂仔鱼在 14.5—16 下,PNR 点出现在 8 日龄,近似于牙鲆仔鱼报道结果,在 15 条件下 PNR 点为 7.7d (Dou *et al*, 2005)。两类仔鱼 PNR 点接近,说明大菱鲂仔鱼抗饥饿胁迫能力与牙鲆类似。不同种类仔鱼 PNR 点存在差异,并受到培养温度的显著影响,PNR 点出现的早晚是仔鱼抗饥饿能力的反映,PNR 点的确定对人工育苗过程中开口饵料的投喂时机具有重要指导意义。

本研究中的仔鱼全长生长结果表明,雌核发育二倍体饥饿仔鱼与投喂仔鱼在 2 日龄之前差异不大,2 日龄开始摄食后,全长差异显著。5—6 日龄卵黄耗尽后,两者差异更突出,6—7 日龄油球耗尽后,正常

投喂仔鱼继续保持正常生长,饥饿仔鱼全长则出现负增长,这些结果分别体现了内源营养及外源营养对生长的重要作用。此外,将本研究中雌核发育投喂仔鱼全长测量结果与雷霆霖(2004)、雷霆霖等(2003)对大菱鲂常规二倍体仔鱼早期培育研究结果比较,发现雌核发育的仔鱼全长生长与常规二倍体仔鱼基本一致,因此初步推测,雌核发育操作对大菱鲂仔鱼前期全长生长没有显著影响,但需要进一步实验验证。据孟振等<sup>1)</sup>对大菱鲂雌核二倍体和正常二倍体胚胎发育的比较研究,雌核二倍体胚胎发育时序和发育特征与常规二倍体没有差异,但孵化时间略长,因此雌核发育对仔鱼生理发育的影响还有待深入研究。

在苗种培育过程中,仔鱼开口后应该给予足够外源营养,以保证仔鱼生长发育所需能量。如果外源性营养缺乏,仔鱼组织器官发育所需的能量不足,就会出现发育缓慢萎缩,甚至会直接导致畸形及苗种大量死亡。本研究中观察到大菱鲂饥饿仔鱼出现显著的饥饿特征,身体弯曲、体色变黑、消化道萎缩、全长负增长等,且 6 日龄部分仔鱼出现了凸出的胸角,随后该现象更普遍,10 日龄饥饿仔鱼绝大多数死亡。胸角的有无在不同鱼类仔鱼中存在差异。徐永江等(2007)发现漠斑牙鲆饥饿仔鱼有明显的胸角凸出特征。万瑞景等(2004)对鲷鱼饥饿仔鱼研究中也观察到了凸出的胸角,但是提出胸角不能作为饥饿仔鱼标志的观点。在牙鲆和真鲷以及钝吻黄盖鲈饥饿仔鱼的相关研究中没有观察到胸角特征(鲍宝龙等, 1998; 周勤等, 1998)。殷名称(1991)认为,仔鱼胸角特征的差异可能与种类、卵黄的消耗速率、开口的时间,或 PNR 期的出现时间早晚等因素有关。

#### 4 小结

雌核发育二倍体仔鱼与常规二倍体仔鱼存在遗传基础上的显著差异。本文针对饥饿对雌核发育二倍体仔鱼前期生长的影响进行研究,与常规二倍体仔鱼进行比较。结果表明,两类仔鱼饥饿状态下生长一致,PNR 点相同,形态变化特征相同,因此认为雌核发育仔鱼对饥饿的耐受性与常规二倍体仔鱼不存在显著差异,这对雌核发育二倍体的苗种人工培育具有指导意义。同时研究结果表明,饥饿对于大菱鲂雌核发育二倍体仔鱼卵黄和油球的吸收没有产生影响。此外还发现,大菱鲂仔鱼卵黄消耗集中于 1 日龄和 2

1) 孟 振, 雷霆霖, 刘新富等, 2008. 大菱鲂雌核发育和不同倍性胚胎发育的比较. 中国海洋大学学报海大学报, 待刊

日龄, 而油球的消耗相对均匀、平缓; 仔鱼内源营养完全消耗后, 饥饿不可逆点随后而至; 大菱鲆仔鱼在卵黄吸收末期达到摄食高峰等规律。这些结果对于深入研究仔鱼能量代谢及生长发育具有重要意义。

### 参 考 文 献

- 万瑞景, 李显森, 庄志猛等, 2004. 鲷鱼仔鱼饥饿试验及不可逆点的确定. 水产学报, 28(1): 79—83
- 戈文龙, 张全启, 齐 洁等, 2005. 异源精子诱导牙鲆雌核发育二倍体. 中国海洋大学学报, 35(6): 1011—1016
- 许建和, 尤 锋, 吴雄飞等, 2006. 大黄鱼雌核发育二倍体的人工诱导. 海洋科学, 30(2): 37—42
- 吴莹莹, 柳学周, 马爱军等, 2006. 饥饿对半滑舌鲷仔鱼生长发育的影响研究. 海洋水产研究, 27(2): 87—93
- 宋 兵, 陈立侨, 高露姣等, 2004. 饥饿对杂交鲟仔鱼摄食、生长和体成分的影响. 水生生物学报, 28(3): 333—336
- 周 勤, 王迎春, 苏锦祥, 1998. 温度对黄盖鲽仔鱼生长、发育、摄食及 PNR 的影响. 中国水产科学, 5(1): 30—37
- 单秀娟, 窦硕增, 2008. 饥饿胁迫条件下黑鲪(*Miichthys miiuy*)仔鱼的生长与存活过程研究. 海洋与湖沼, 39(1): 14—23
- 夏连军, 施兆鸿, 陆建军, 2004. 黄鲷仔鱼饥饿试验及不可逆点的确定. 海洋渔业, 26(4): 286—290
- 徐永江, 蔡文超, 柳学周, 2007. 饥饿对漠斑牙鲆前期仔鱼生长发育的影响. 海洋水产研究, 28(6): 51—55
- 殷名称, 1991. 鱼类早期生活史研究与进展. 水产学报, 15(4): 348—358
- 殷名称, 1996. 鱼类早期生活史阶段的自然死亡. 水生生物学报, 20(4): 211—240
- 雷霖霖, 2004. 大菱鲆养殖技术. 上海: 上海科学技术出版社, 23—25
- 雷霖霖, 马爱军, 刘新富等, 2003. 大菱鲆(*Scophthalmus maximus* L.)胚胎及仔稚幼鱼发育研究. 海洋与湖沼, 34(1): 9—18
- 鲍宝龙, 苏锦祥, 殷名称等, 1998. 延迟投饵对真鲷、牙鲆仔鱼早期阶段摄食、存活及生长的影响. 水产学报, 22(1): 33—38
- Blaxter J H S, Hempel G, 1963. The influence of egg size on herring larvae (*Clupea harengus* L.). Journal du Conseil, Conseil International pour l'Exploration de la Mer, 28: 211—240
- Dou S Z, Masuda R, Tanaka M *et al*, 2005. Effects of temperature and delayed initial feeding on the survival and growth of Japanese flounder larvae. Journal of Fish Biology, 66(2): 362—377
- Hansen T J, Mtiller D, 1985. Yolk absorption, yolk sac constrictions, mortality, and growth during first-feeding of Atlantic salmon (*Salmo salar*) incubated on Astro. turf. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 42: 1073—1078
- Houde E D, 1974. Effects of temperature and delayed feeding on growth and survival of larvae of three species of subtropical marine fishes. Marine Biology, 26: 271—285
- McGurk M D, 1984. Effects of delayed feeding and temperature on the age of irreversible starvation and on the rates of growth and mortality of Pacific herring larvae. Marine Biology, 84: 13—26
- Piferrer F, Cal R M, Blanca Alvarez-bl á zquez *et al*, 2000. Induction of triploidy in the turbot (*Scophthalmus maximus*). Ploidy determination and the effects of cold shocks. Aquaculture, 188(1): 79—90
- Piferrer F, Cal R M, Castora G ó mez *et al*, 2004. Induction of gynogenesis in the turbot (*Scophthalmus maximus*): Effects of UV irradiation on sperm motility, the Hertwig effect and viability during the first 6 months of age. Aquaculture, 238(2): 403—419
- Xu J, You F, Sun W *et al*, 2008. Induction of diploidy gynogenesis in turbot *Scophthalmus maximus* with Left-eyed flounder *Paralichthys olivaceus* sperm. Aquaculture International, 16: 623—634
- Yamakawa T, Matsuda H, Tsujigado A *et al*, 1987. Optimum dose of UV irradiation for induction of gynogenesis in flounder *Paralichthys olivaceus* using red sea bream sperm (In Japanese). Bull Fish Res Ins, 2: 51—53
- Yin M C, Blaxter J H S, 1986. Morphological changes during growth and starvation of larval cod (*Gadus morhua* L.) and flounder (*Platichthysesus* L.). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 104: 215—228

## EFFECT OF STARVATION ON DEVELOPMENT OF EARLY-STAGE LARVAE OF GYNOGENESIS TURBOT (*SCOPHTHALMUS MAXIMUS* L.)

DING Fu-Hong<sup>1</sup>, LEI Ji-Lin<sup>1</sup>, LIU Xin-Fu<sup>1</sup>, MENG Zhen<sup>1</sup>, LIU Bin<sup>1</sup>, ZHANG He-Sen<sup>2</sup>, MA Ai-Jun<sup>1</sup>  
(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao Key Laboratory for Marine Fish Breeding and Biotechnology, Qingdao, 266071; 2. Qingdao General Aquaculture Co. Ltd., Qingdao, 266404)

**Abstract** Starvation is a major reason causing mortality during early feeding stage of fish larvae. We conducted an experiment to study how the larvae endure starvation via absorption, transition, and disappearance of inner nutrition materials, yolk, and oil globule. The diploidy gynogenesis of larvae are different from normal ones in insemination and germ plasm. We studied the effects of starvation on the growth and development of gynogenesis of turbot larvae by detecting the absorption of yolk and oil globule, the first feeding rate, the point of no return (PNR), and the growth and survival rate. During the experiment, the yolk and oil globules of starved gynogenetic larvae were completely disappeared on Day 6 and Day 7 after hatching, respectively. The highest feeding rate of starved larvae was about 85.3% occurred on Day 4, and PNR shown on Day 8. The development stopped and decreased on Day 6 onwards with syndromes of pectoral angle and body atrophy with color darkening. However, no distinct difference was found between starved gynogenetic larvae and the starved normal ones in absorption of yolk and oil globule, the first feeding rate, PNR, and the development length. Starvation did not affect the absorption of yolk and oil globule, which is the same as fed larvae. The consumption of yolk was centralized, while that of oil globule was uniform and mild. The starvation PNR arrived after inner source nutrition in larvae was used up. Feeding rate reached its peak during telophase of turbot larvae yolk absorption. These results are of significance for the study of larvae's energy metabolism and growth.

**Key words** Turbot *Scophthalmus maximus*, Diploidy gynogenesis of larvae, Starvation, Point of no return (PNR)