

# 海蜇浮游幼体形态特征和生长规律的研究

刘顶海<sup>1,2</sup> 张继红<sup>1</sup> 陈四清<sup>1\*</sup> 方建光<sup>1</sup> 燕敬平<sup>1</sup>

刘春胜<sup>1</sup> 张明亮<sup>1</sup> 高亚平<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

(<sup>2</sup>上海海洋大学水产与生命学院, 201306)

**摘 要** 观察描述了海蜇 *Rhopilema esculenta* 从碟状体发育至幼蜇的形态变化特征, 首次观察到了消化腔残留通道口的愈合过程, 并重新对海蜇浮游幼体各个阶段进行了划分和定义。依据苗种培育与生产实际采样, 在水温  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ , 盐度 28~29, pH 为 7.8~8.2 条件下, 初生碟状体(伞径 2~3 mm) 经过 20 d 的培养, 棒状附着器形成, 发育成为幼蜇(15~20 mm)。测定分析了人工培养的初生碟状体到幼蜇的摄食量和生长规律(伞径和体重), 2~20 mm 的海蜇幼体伞径日增长率呈指数增长, 方程为  $y = 2.7488e^{0.1018x}$ , 体重与伞径的关系式为  $y = 6 \times 10^{-5} - 0.5x^{3.5475}$ , 摄食量与伞径呈指数增长, 方程为  $y = 43.537x^{1.775}$ 。

**关键词** 海蜇 伞径 碟状体 稚蜇 幼蜇

**中图分类号** S968.9 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2011)03-0051-06

## Study on the morphological and growth characteristics of *Rhopilema esculenta*: from ephyra to juvenile jellyfish

LIU Ding-hai<sup>1,2</sup> ZHANG Ji-hong<sup>1</sup> CHEN Si-qing<sup>1\*</sup> FANG Jian-guang<sup>1</sup>

YAN Jing-ping<sup>1</sup> LIU Chun-sheng<sup>1</sup> ZHANG Ming-liang<sup>1</sup> GAO Ya-ping<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resources, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(<sup>2</sup>College of Life Science and Technology, Shanghai Ocean University, 201306)

**ABSTRACT** The morphological characteristics of *Rhopilema esculenta* from ephyra to juvenile jellyfish were described, the healing process of residual access mouth of gastrovascular cavity was observed for the first time, and the development phases of jellyfish were redefined. At the water temperature of  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ , salinity 28~29, and pH 7.8~8.2, cultured ephyra(diameter 2~3mm) could grow to juvenile jellyfish (15~20mm) with clubbed subsidiary organ after 20d. The food consumption and growth characteristics (diameter and weight) from newly released ephyra to juvenile jellyfish were analyzed. It was found that the daily growth equation of juvenile jellyfish's diameter(2~20mm) is  $y = 2.7488e^{0.1018x}$ . The relationship between weight and diameter, food consumption and diameter of juvenile jellyfish were  $y = 6 \times 10^{-5} - 0.5x^{3.5475}$ ,

国家重点基础研究发展计划(973)项目(2011cb403605)资助

\* 通讯作者。E-mail: chensq@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2010-11-08; 接受日期: 2011-01-12

作者简介: 刘顶海(1984-), 男, 硕士研究生, 主要从事海洋生态研究。E-mail: liuhai1019@163.com, Tel: (0532)85830494

$y = 43.537x^{1.775}$  respectively.

**KEY WORDS** *Rhopilema esculenta* Diameter Ephyra Jellyfish larva Young jellyfish

海蜇 *Rhopilema esculenta* 隶属腔肠动物门、钵水母纲、根口水母目、根口水母科、海蜇属,是东亚、东南亚地区最重要的食用水母之一,具有很高的经济价值,历来是我国沿岸渔业重要捕捞对象,产量占有所有食用水母的90%以上。海蜇在整个发育过程中经历多次变态过程,生活史中有明显的世代交替现象。近几十年来国内外开展了许多关于海蜇及其他水母类生长发育的研究工作,丁耕芜等(1981)在“海蜇生活史”一文中首次描述了海蜇自螅状体、碟状体、幼水母各发育阶段的形态学变化,对初生碟状体的形态做了详细的描述,并指出初生碟状体经过15 d左右培养可以长成20 mm左右的幼水母,为大家公认的划分碟状体与幼蜇的依据;黄鸣夏等(1994)研究了不同温度和盐度对海蜇胚胎发育的影响;刘春洋等(2009)对黄斑海蜇的生活史及几种钵水母类螅状体形态特征进行比较,并对横裂幼体、碟状幼体和幼水母等多次变态发育过程进行了观察;Mayer(1910)、Uchida(1926)对海蜇不同时期的特征和形态做了概述;更多研究集中在环境条件对海蜇不同发育阶段的影响(陈介康等 1983;鲁南等 1993,1997;黄鸣夏等 1997;王燕青等 2007),而对其幼体发育各阶段的形态特征和区别的描述缺乏详细的资料。

目前海蜇幼体阶段的划分全部采用碟状体、幼蜇两个阶段。本实验观察发现,海蜇早期浮游幼体个体发育经过3个特征明显的阶段,并对其进行描述和划分,同时对其摄食量与生长规律(伞径和体重)进行测定,以期对海蜇早期发育生物学研究提供参考资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

实验于2010年5月18日~6月6日在山东好当家海洋发展有限公司进行。经人工繁殖的海蜇螅状体,在适宜条件下培育并诱导其发生横裂生殖,收集初生碟状体放入育苗车间培养备用。

实验所用海水经沉淀、过滤后使用,水质条件为:盐度28~29,pH 7.8~8.2,氨氮<0.02 mg/L,溶解氧含量>5.0 mg/L。光照为室内自然光,1 000 lx以下。饵料为卤虫无节幼体,每天7:30和17:30左右过量投喂,投喂后2 h换水。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 形态特征的观察

定期从车间培育的备用幼体取样,挑除畸形个体,将健康个体放在显微镜下观察发育情况,并取出30个幼体拍照。

#### 1.2.2 生长测定

定期从车间培育的备用幼体取样,挑除畸形个体,记录健康个体的伞径并称重。计算平均日生长率。

$$\eta = \frac{2(L_2 - L_1)}{(L_2 + L_1)t} \times 100\%$$

其中, $\eta$ 为平均日生长率; $L_2$ 为终平均伞径; $L_1$ 为初始平均伞径; $t$ 为时间。

#### 1.2.3 摄食测定

定期选取不同大小的幼体,分别放入5 L的塑料桶中,投喂2 h后取出,投喂前和投喂后分别在解剖镜下计数卤虫数量并称重,试验持续20 d。

## 2 结果

### 2.1 海蜇浮游幼体不同阶段的划分

#### 2.1.1 碟状体

海蜇的横裂生殖是典型的多碟形,横裂体分节(图 1-1),中间是相通的管道,最上端裂节经过一系列的形态变化,最终从横裂体释放出来。消化腔残留通道口尚未封闭,从口到顶部是一个畅通的开放管道,在顶部中央留有一圆形洞口,此阶段形态与水母的伞形特征有明显区别,所以将之称为碟状体。

1 日龄(碟状体):初生碟状体透明,无色,直径 2~3 mm(图 1-2)。通常具有 8 对感觉缘瓣和 8 个感觉棍,畸形个体有 6~12 对感觉缘瓣,感觉缘瓣末端呈钝圆形;4 条主辐管和 4 条间辐管呈辐射状排列,每条辐管靠近感觉缘瓣的一端都有 1 个感受器,一共 8 个;从辐部位有 8 个由刺细胞组成的刺胞丛(丁耕芜等 1981)。

2 日(碟状体):平均直径 3.5 mm 左右,圆形洞口变小(图 1-3),中央口方形,具柄,似十字形(图 1-4),胃腔略呈八角形,腔中有 2~6 条胃丝。

### 2.1.2 稚蜇

碟状体直径长到 4 mm 左右,消化腔通道口逐渐封闭,在顶部形成一层薄膜,初步形成伞形构造特征,接近成体的伞形水母,将此形态幼体划分为稚蜇。

3 日龄(稚蜇):消化腔通道口封闭,感觉缘瓣末端突起呈叉状,4~6 个分叉;口部开始第 1 次分化,4 对片状口腕锥形顺中央口垂下,形成 8 叶口腕(图 1-5),口腕边缘长出须状触指。

4 日龄(稚蜇):伞径约为 5 mm,两个感觉缘瓣之间长出从辐缘瓣(图 1-6);口腕柄部表面形成芽状突起,肩板锥形形成。

5 日龄(稚蜇):伞径约为 5.5 mm,从辐缘瓣伸长(图 1-7),口腕再次分化而成 16 叶,须状触指增多;胃丝数量 12 条左右。

7 日龄(稚蜇):伞径约为 6.5 mm,感觉缘瓣变宽,基部增厚;从辐缘瓣开始分叉(图 1-8);肩板形成盲管,上有触须;胃丝分成两列,约 20~30 条。

9 日龄(稚蜇):伞径约为 7.5 mm,口腕出现侧沟,在口柄的基部有 8 对翼状肩板,成叉状;感觉缘瓣末端分叉变小,从辐缘瓣末端突起长出 4 个分叉,但无感觉器(图 1-10);辐管连通,出现环管。

11 日龄(稚蜇):伞径约为 10 mm,缘瓣由里向外伸展的同时向两侧扩展,与感觉缘瓣逐渐愈合(图 1-11);胃丝数量 40 条左右。口柄下部各有 8 个口腕,每个口腕又分成三翼,在其边缘上形成很多小孔,称为吸口。

15 日龄(稚蜇):伞径约为 14 mm,各感觉缘瓣和从辐缘瓣逐渐失去锯齿状边缘而逐渐形成光滑的波纹状缘瓣,但缘瓣还没有完全愈合(图 1-12);中胶层鼓起,伞薄(图 1-13),呈草帽状,网管系统复杂。

### 2.1.3 幼蜇

稚蜇伞径长到 15~20 mm,口腕基本愈合,口腕外端长出棒状附着器(图 1-14),只是性腺没有形成或成熟,其形态特征与成体水母基本一致,这个阶段的幼体称为幼蜇。

18 日龄(幼蜇):伞径约为 16.5 mm,幼蜇缘瓣发育完整,伞缘下包成半球状,中胶层较厚。棒状附着器最初为球形,中间有 1 条水管,与腕管相通,数量为 2~3 条,长度大约为 5 mm。

20 日龄(幼蜇):伞径约为 18.5 mm,中胶层变厚,棒状附着器变成圆锥形(图 1-15),数量 7~8 条,长度不均,最长的为 1cm 左右。

## 2.2 海蜇幼体的生长规律

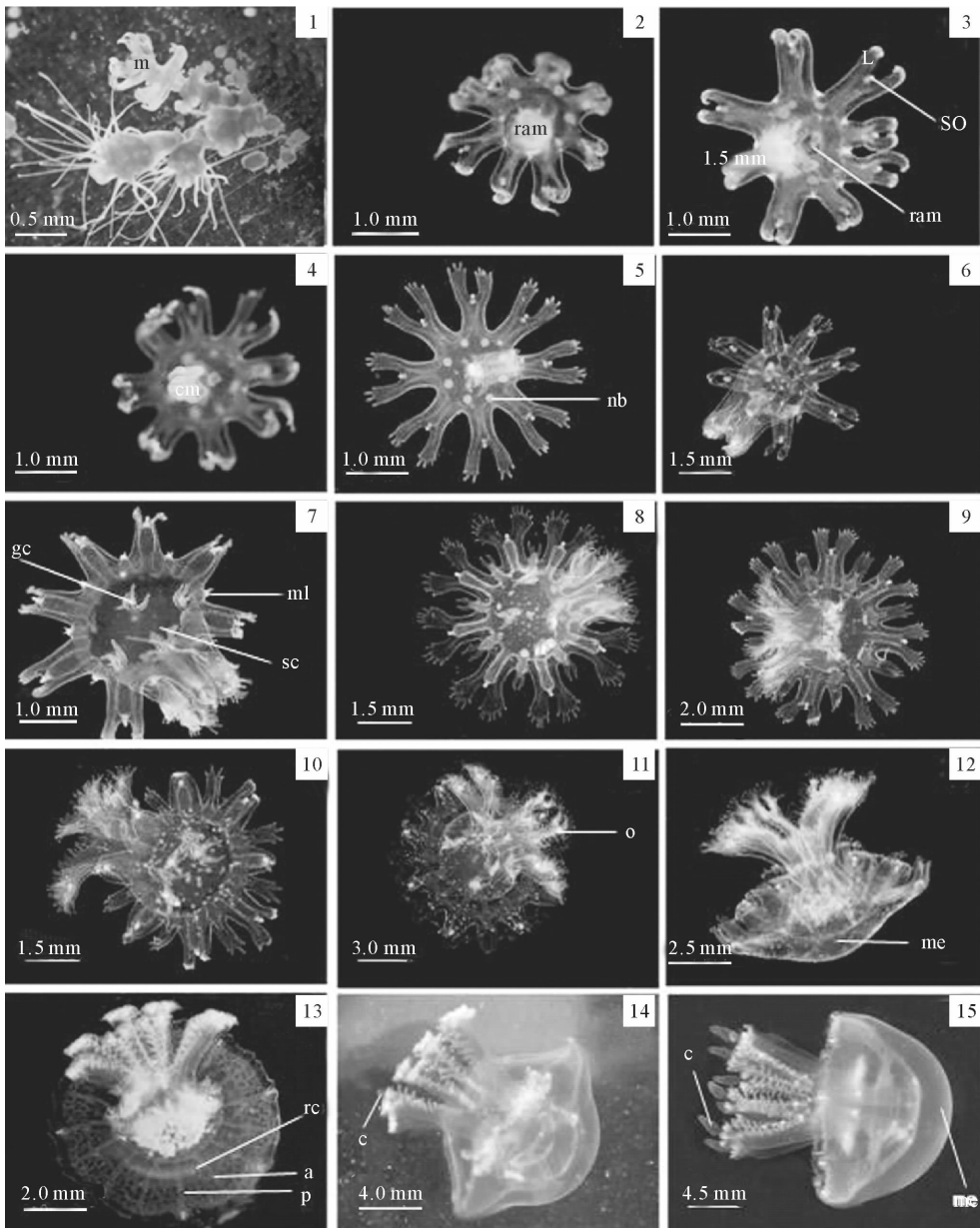
### 2.2.1 海蜇幼体伞径变化

实验发现,初生碟状体大小 2~3 mm,生长 20 d 左右,伞径长到 15~20 mm。由图 2 可以看出,初生碟状体没有形成伞,测量的是体长(感觉缘瓣之间的距离),所以 1~2 d 生长较快;稚蜇前期,每天生长 0.3~0.5 mm;稚蜇后期,生长速度增快,每天生长 0.5~0.8 mm。通过拟合方程可知,平均伞径( $y$ )与生长天数( $x$ )呈指数函数增长,方程为  $y=2.7488e^{0.1018x}$  ( $R^2=0.9734$ )。

### 2.2.2 海蜇幼体体重与伞径的关系

根据不同阶段幼体的体重与伞径的关系作图,结果如图 3 所示。初生碟状幼体个体小,体重 0.4~0.9 mg 左右;生长到 10 mm 左右的稚蜇,体重 0.3 g 左右;长到 20 mm 左右的幼蜇,体重约为 1 g。碟状体身体舒张,体重与伞径的比值较小,反应到体重与伞径曲线中,曲线较平缓;伞径超过 10 mm 的稚蜇,伞缘逐渐下包成半

球状, 体重与伞径的比值较大, 曲线接近线性。通过拟合方程可知, 幼体体重( $y$ )与伞径( $x$ )呈幂函数增长, 方程为  $y = 6 \times 10^{-5} - 0.5x^{3.5475}$  ( $R^2 = 0.9684$ )。



1. 横裂体; 2. 刚释放碟状体; 3. 2日龄碟状体; 4. 碟状体的中央口; 5. 稚蛰; 6. 8叶口腕; 7. 4日龄稚蛰; 8. 5日龄稚蛰; 9. 7日龄稚蛰; 10. 9日龄稚蛰; 11. 11日龄稚蛰; 12. 15日龄稚蛰侧面观; 13. 15日龄稚蛰口面观; 14. 18日龄的幼蛰; 15. 20日龄的幼蛰

1. Strobila; 2. Newly released ephra; 3. 2-day ephra; 4. Central mouth; 5. Jellyfish larva; 6. Eight oral canalis carpi; 7. 4-day jellyfish larva; 8. 5-day jellyfish larva; 9. 7-day jellyfish larva; 10. 9-day jellyfish larva; 11. 11-day jellyfish larva; 12. 15-day jellyfish larva (side view); 13. 15-day jellyfish larva (oral view); 14. 18-day juvenile jellyfish; 15. 20-day juvenile jellyfish

注: m: 口柄; ram: 消化腔残留通道口; cm: 中央口; nb: 刺胞丛; L: 感觉缘瓣; r: 感觉棍; so: 感受器; ml: 从辐缘瓣; sc: 胃腔; gc: 胃丝; o: 口腕; me: 中胶层; P: 主辐管; a: 从辐管; rc: 环管; C: 棒状附着器

Notes: m: Manubrium; ram: Residual access mouth of gastrovascular cavity; cm: Central mouth; nb: Nematocyst cluster; L: Lappet; r: Rhopalium; so: Sensory organ; ml: Marginal lappet; sc: Stomachic cavity; gc: Gastric cilia; O: Oral canalis carpi; me: Mesogloea; P: Perradius; a: Adradius; rc: Ring canal; C: Clubbed attachment organ

图1 海蜇碟状体到幼蛰的发育进程

Fig. 1 The development from ephra to juvenile jellyfish *Rhopilema esculenta*

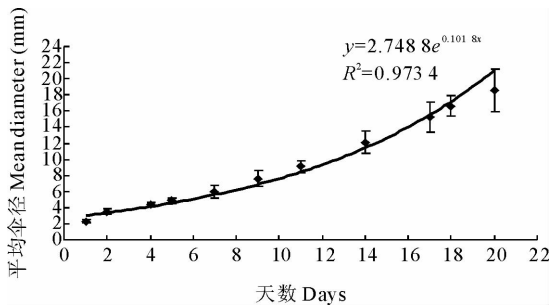


图2 海蜇幼体伞径增长变化

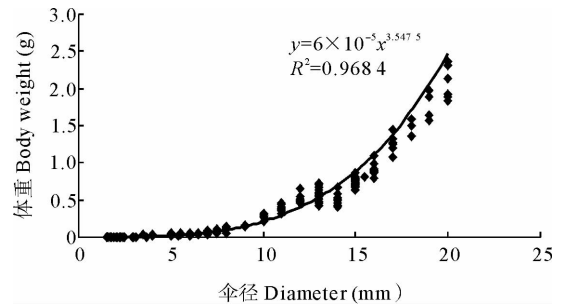
Fig. 2 Growth in diameter of young jellyfish *R. esculenta*

图3 海蜇幼体体重与伞径的关系

Fig. 3 The relationship between diameter and weight of young jellyfish *R. esculenta*

### 2.2.3 海蜇浮游幼体摄食量与伞径的关系

初生碟状体发育到幼蛰,幼体不同阶段的摄食量如图4所示。由图4可以看出,初生碟状体摄食卤虫的量很少,每日仅摄食  $60 \pm 20 \mu\text{g}$  卤虫无节幼体,随着伞径的增长,其摄食量显著提高。伞径10 mm的稚蛰,每日摄食量增加到1.0~1.5 mg 卤虫无节幼体;发育到(15~20 mm)幼蛰,每日摄食量增加到3~4 mg 卤虫无节幼体。通过拟合方程可得,摄食量( $y$ )与伞径( $x$ )呈指数方程增长,方程为  $y = 43.537x^{1.775}$  ( $R^2 = 0.9875$ )。

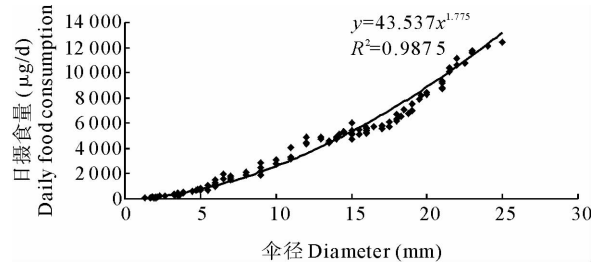


图4 海蜇幼体日摄食量与伞径的关系

Fig. 4 Relationship between daily food consumption and diameter of young jellyfish *R. esculenta*

## 3 讨论

### 3.1 海蜇浮游幼体不同阶段划分

目前对碟状体阶段的划分,黄鸣夏等(1987)研究了不同温度和盐度对碟状体发育的影响,指出碟状体发育经历四叶口腕期与八叶口腕期;王绪峨等(1995)指出碟状体按伞径长度分为前期碟状体、中期碟状体与后期碟状体;孙明等(2010)指出碟状体是沙蜇和海蜇生活史中的一个生长阶段,分为早期、中期和晚期,晚期碟状体是水母从碟状体即将过渡到水母体的阶段,此阶段其中央口还未愈合,但已有水母体的初期形态。同时多把伞径长度为20 mm左右的水母体称为幼蛰(李晓东等 2003;谷丽等 2006)。

上述学者多以生长天数和伞径长度为依据,对碟状体进行阶段划分,但养殖环境的变化(温度、盐度、营养条件等)会对碟状体的生长造成影响,因而使得上述划分可靠性低。本实验是以3个阶段明显的形态特征为依据,对碟状体阶段重新进行了划分并对稚蛰、幼蛰进行了定义,碟状体与稚蛰的主要区别在于,碟状体从中央口到顶部是一个畅通的开放管道,消化腔通道口尚未封闭,在顶部中央留有一圆形洞口;当在顶部形成一层薄膜,消化腔通道口封闭,初步形成伞形构造特征,就称为稚蛰。伞缘逐渐下包,由草帽状变为半球状,口腕愈合,口腕外端长出棒状附着器,我们称之为幼蛰。

### 3.2 海蜇浮游幼体不同阶段的摄食量

饵料的丰度是影响海蜇幼体生长发育及生存的重要因子(鲁南等 1995;Hernorth 1985)。目前以投饵频率表示饵料丰度,经验值是2~3次/d(陈介康 1985;王永顺等 1991;吴颖等 2009)。李晓东等(2003)用褶皱臂尾轮虫、细巧华哲水蚤、近亲真宽水蚤、蒙古裸腹水蚤和卤虫无节幼体投喂2~3 cm的幼蛰,发现其生长率与试验饵料的种类关系不大,而与投喂密度有关。并指出幼蛰培养期间,投喂轮虫密度以  $0.5 \times$

$10^4 \sim 1.0 \times 10^4 / \text{L}$  为宜。

实验发现,刚横裂的碟状体,其器官尚未发育成熟,浮游及捕食能力较弱,在静水中绝大多数沉于水底,主要借助水流波动推动其浮游、摄食,消化能力也较弱,胃腔内食物存留时间长,投喂少量饵料就能满足其生长需求。稚蛰阶段,游动及捕食能力较强,在水中能自由游动,消化能力提高,摄食量显著增大,这个阶段营养对其生长有显著的影响,饵料投喂充足,稚蛰生长迅速,发育整齐,成活率高。幼蛰阶段,口腕和肩板上长出很多吸口及触手,游动及捕食能力显著增强,饱食时整个胃腔被全部填满,还有很多被刺细胞捕食的食物大量粘在口腕上。

从本实验结果可以看出,碟状体时期,投喂卤虫无节幼体的密度以  $0.3 \times 10^2 \sim 0.5 \times 10^2$  个/次比较合适;5~10日龄的稚蛰,投喂密度为  $0.12 \times 10^3 \sim 0.24 \times 10^3$  个/次为宜;11~15日龄的稚蛰,投喂密度为  $0.3 \times 10^3 \sim 0.5 \times 10^3$  个/次为宜;16~20日龄的幼蛰,投喂密度为  $1.0 \times 10^3 \sim 1.4 \times 10^3$  个/次为宜。饵料不足,幼体会停止生长甚至发育为畸形;投饵过量,会消耗海蛰体内物质,容易引起分泌黏液,败坏水质,导致幼体出现厌食现象,也不利于海蛰幼体的生长。因此掌握不同时期的摄食量对幼体的生长具有重要的意义。

## 参 考 文 献

- 丁耕芜,陈介康. 1981. 海蛰的生活史. 水产学报, 5(2): 93~102
- 王永顺,黄鸣夏,孙 忠. 1991. 海蛰的人工工厂化育苗. 水产学报, 15(4): 322~327
- 王绪娥,宋向军,马建新,王炳森,姜福君,李悦春,傅德忠,刘国军. 1995. 海蛰幼体与对虾幼体相食关系的实验观察. 动物学杂志, 30(6): 30~33
- 王燕青,姜连新,董 婧,刘春洋,孙 明,王 彬. 2007. 温盐环境突变对海蛰幼体生存的影响. 上海水产大学学报, 16(3): 259~263
- 刘春洋,王文波,董 婧,王燕青,周 泓,孙 明,鹿志创,于旭光. 2009. 黄斑海蛰的生活史及几种钵水母类蛰状体形态特征的比较. 渔业科学进展, 30(4): 102~107
- 孙 明,董 婧,赵 云,付志璐. 2010. 沙蛰与海蛰晚期碟状体的形态学研究. 渔业科学进展, 31(1): 48~53
- 吴 颖,李惠玉,李圣法,程家骅. 2008. 大型水母的研究现状及展望. 海洋渔业, 30(3): 80~87
- 李晓东,刘铁钢,张长新,李 颖,王海兰. 2003. 几种生物饵料对海蛰幼蛰生长的影响. 水产科学, 22(3): 4~6
- 谷 丽,郭 敏,刘宏艳,刘 军,孙中正,雷衍之. 2005. pH、盐度和溶氧对海蛰幼蛰生长的影响. 大连水产学院学报, 20(1): 41~44
- 陈介康,丁耕芜. 1985. 营养条件对海蛰横裂生殖的影响. 水产学报, 9(4): 321~329
- 陈介康,丁耕芜. 1983. 温度对海蛰横裂生殖的影响. 动物学报, 29(3): 195~206
- 黄鸣夏,王永顺,孙 忠. 1987. 温度和盐度对海蛰碟状体生长及发育的影响. 浙江水产学报, 6(2): 105~110
- 黄鸣夏,王永顺,周永东. 1994. 浙江近海海蛰增殖研究. 海洋水产研究, 15(2): 97~102
- 鲁 男,蒋 双,陈介康. 1993. 温度和相对饵料丰度对海蛰水母体生长的影响. 水产科学, 12(2): 1~4
- 鲁 男,蒋 双,陈介康. 1997. 温度、盐度和光照对海蛰足囊繁殖的影响. 水产科学, 16(1): 3~8
- 鲁 男,蒋 双,陈介康. 1995. 温度和饵料丰度对海蛰水母体生长的影响. 海洋与湖沼, 26(2): 186~190
- Hernorth, H. 1985. On the biology of *Aurelia aurita* (L): 2. Major factors regulation the occurrence of ephyrae and young medusae in Gullmar Fjord, Western Sweden. Bull. Mar. Sci. 37 (2): 567~576
- Mayer, A. G. 1910. Medusae of the world. iii. The scyphomedusae. Washington, 499~735
- Uchida, T. 1926. The anatomy and development of *Rhizostome medusae*, *Mastigias papua* L. Agassiz with observation on the Phylogeny of Rhizostomae. J. Fac. Sci. Imp. Univ. Tokyo Sect. iv. Zool. 1: 45~95