

# 广西沿海海水表层温度分析

## The Research Analysis of Sea Surface Temperatures of the Coastal Region of Guangxi

黄子眉<sup>1,2</sup>, 李小维<sup>1,2</sup>

HUANG Zi-mei<sup>1,2</sup>, LI Xiao-wei<sup>1,2</sup>

(1. 中国海洋大学, 山东青岛 266000; 2. 广西海洋监测预报中心, 广西北海 536000)

(1. Ocean University of China, Qingdao, Shandong, 266000, China; 2. The Ocean Monitors Forecast Center of Guangxi, Beihai, Guangxi, 536000, China)

**摘要:** 根据广西沿海防城港站、北海站和涠洲岛站 3 个海洋观测站的 10 年 (1997~2006 年) 海水表层温度 (以下简称 SST) 资料统计分析广西沿海海水表层温度。结果表明, 广西沿海 SST 旬平均的年变化都呈单峰型, 两旬之间的水温变化取决于本旬水温与上旬气温之差。SST 月平均变化在 3~7 月递增, 在 9 月至翌年 1 月递减。涠洲岛站各月月平均水温之间的差距比较小, 北海站次之, 防城港站各月月平均水温之间的差距比较大。广西沿海 SST 年平均水温都是在 1998 年、2001 年、2003 年和 2006 年出现高峰, 在 2000 年、2005 年出现低谷。

**关键词:** 温度 海水 变化特征

中图分类号: X834 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2008)04-0456-05

**Abstract** According to the sea surface temperature (SST) data at 10 years (1997~2006) of Fangcheng Gang ocean station, Beihai ocean station and Weizhou Dao ocean station in Guangxi, we obtain the following results. The SST in ten days of the coastal region of the Guangxi all appears single type of peak in year variety. The SST in month average changes increase from May to July, gradually decrease in September to next January. The Weizhou Dao station on the average water temperature on the gap is relatively small, followed by the Beihai station. The Fangcheng Gang station on the average water temperature on the gap is relatively large. The high peaks of SST appeared in 1998, 2001, 2003 and 2006 while the valleys in 2000 and 2005.

**Key words** temperatures, sea, variety characteristic

海水表层温度 (SST) 是物理海洋的重要要素, 它是进入国际气象观测网定时观测的少有的海洋要素之一, 也是对物理海洋研究以及全球气候异常研究最有参考价值的海洋要素之一。SST 资料与研究成果广泛应用于海洋、气象、环保、军事、海洋渔业等学科<sup>[1]</sup>。广西沿岸海域水质良好, 海水养殖业、滨海旅游等产业发展迅速, 这些产业受海水温度的影响明显, 因此, 关于广西沿海水温的变化规律的研究显得十分重要。本文收集了广西沿海防城港、北海和涠洲岛 3 个海洋观测站近 10 年 (1997~2006 年) 的海水表层温度资料, 统计分析广西沿海海水表层温度的变化规律。

### 1 资料与方法

#### 1.1 资料收集与处理

为全面反映广西沿海 SST 变化总体特征, 依据海洋站的实际分布原则, 由北向南选取位于北部湾沿岸和外海水系与近岸水系海域间的防城港、北海和涠洲岛 3 个海洋站的 SST 观测资料作为研究对象。SST 资料选用月、旬平均值, 资料序列长度为 10 年 (1997~2006 年), 所有观测资料采集与处理过程均严格按照《海滨观测规范》进行, 所用资料规范、准确, 具有代表性。

#### 1.2 资料分析方法

采用统计分析方法, 假设关系方法和标准差方法对 SST 资料进行分析, 从而总结得出广西沿海表层海水的温度变化规律。

收稿日期: 2008-01-27

作者简介: 黄子眉 (1981-), 女, 助理工程师, 硕士研究生, 主要从事海洋环境预报工作。

假设关系方法<sup>[2]</sup>是根据水温控制方程  $\frac{\partial T}{\partial t} +$

$-\frac{\partial T}{\partial X} + v\frac{\partial T}{\partial Y} = Ar5^{-2}T + \frac{H}{K_k dh}$  ( $K_k$ 为海水比热,  $d_k$ 为海水密度,  $h$ 为水深)和海面热通量  $H = H_1 - H_2 - H_3 - H_4$  ( $H$ 为海面热通量,  $H_1$ 为短波辐射,  $H_2$ 为海面有效回辐射,  $H_3$ 为蒸发潜热,  $H_4$ 为显热通量之和),推出旬平均 SST与旬平均气温之间的假设关系:

$$T_Y - T_Y^* = B_1 + B_2(T^* - T_Y^*), \quad (1)$$

(1)式中  $T_Y$ 为本旬水温,  $T_Y^*$ 为上旬水温,  $T^*$ 为本旬气温,  $B_1$ ,  $B_2$ 为系数。

北海、涠洲岛、防城港3个监测站的 SST资料按春季(3~5月)、夏季(6~8月)、秋季(9~11月)、冬季(12月~翌年2月)划分,以1月、4月、7月、10月作为冬季、春季、夏季、秋季的代表月份,通过(1)式可以分析两旬之间的水温差( $T_Y - T_Y^*$ )与本旬气温与水温之差( $T^* - T_Y$ )、上旬气温及水温之差( $T^* - T_Y^*$ )和本旬气温与上旬水温( $T^* - T_Y^*$ )的相关系数

标准差方法<sup>[3]</sup> ( $S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (S - S_i)^2 / n}$ )能够

反映一个数据集的离散程度。所以,我们利用这个方法来分析3个海洋站月平均水温的离散程度,也就是月平均水温的年际变化情况。

## 2 结果与分析

### 2.1 广西沿海表层海水温度的年变化特征

#### 2.1.1 旬平均 SST的年变化特征

图1结果显示,广西沿海旬平均 SST的年变化因受太阳辐射和气象因素的影响都呈单峰型,最高水温出现在涠洲站的8月下旬,为30.7℃,最低水温出现在防城港站的2月上旬,为14.0℃。由表1可以看出,广西沿海海温的各旬平均温度最高值多出现在8月份,各旬平均温度最低值多出现在1月份或2月份;3个站旬平均 SST最高值多出现在下旬,最低值多出现在上旬。

#### 2.1.2 旬平均 SST与相应气温的关系

广西沿海北海、涠洲岛、防城港多年的月平均水温和气温变化趋势十分一致,水温与气温之间的相关关系良好(表2)。从表2可知,两旬之间的水温之差( $T_Y - T_Y^*$ )与本旬气温与上旬水温之差( $T^* - T_Y^*$ )的相关性最大,其在春、夏、秋、冬的相关系数防城港站分别为0.82、0.80、0.81、0.91,北海站分别为0.90、0.85、0.91、0.96,涠洲岛站分别为0.83、0.80、0.82、0.92,其中各个站都是在冬季相关系数最

大,春季和秋季次之,在夏季相关系数略小。由于在冬季太阳辐射比较小,气温的日变化幅度比较小,海水温度的日变化幅度也比较小,而两旬之间的水温之差与本旬气温与上旬水温之差的相关性大小取决于本旬水温和本旬气温,故在冬季相关性最好;在夏季太阳辐射比较大,气温的日变化幅度比较大,海水温度的日变化幅度比较小,而两旬之间的水温之差与本旬气温与上旬水温之差的相关性大小取决于本旬水温和本旬气温,故在夏季相关性略差。由此得出:广西沿海两旬之间的水温变化取决于本旬水温和上旬气温之差,两旬之间的水温之差与本旬气温与上旬气温之差的相关性最好是在冬季,在夏季相关性略差。

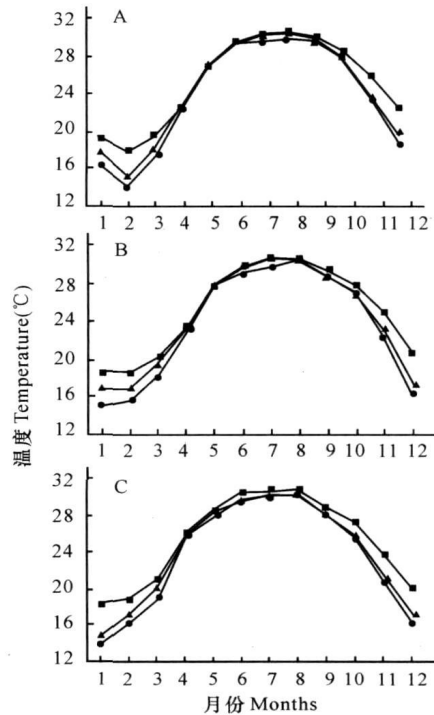


图1 防城港、北海和涠洲岛旬平均 SST随月份变化  
Fig. 1 Variation of average SST of ten days of Fangcheng Gang, Beihai and Weizhou Dao in months  
A 上旬, B 中旬, C 下旬. A: Early month, B: Mid month, C: Late month.

●: 防城港, ▲: 北海, ■: 涠洲岛。

●: Fangcheng Gang, ▲: Beihai, ■: Weizhou Dao.

#### 2.1.3 月平均 SST的年变化特征

广西沿海 SST的年变化趋势近似于正弦曲线(见图2)。防城港、北海和涠洲岛3个台站的月平均 SST都是在3~7月为增温期,在9月至翌年1月为降温期;6、7、8月份水温最高,且水温比较稳定,多年的月平均水温都略大于30.0℃;都是在2月份出现最低水温,以上这些特征都是因为三个站地处亚热带,一年中受太阳辐射的时间比较长,故 SST增温期比较

表1 防城港、北海和涠洲岛旬平均 SST极值及其出现时间\*

Tab. 1 The points of average SST of ten days of Fangcheng Gang, Beihai and Weizhou Dao and a maximum times

站名 Station	上旬平均 SST极值 Average SST of early month(°C)		中旬平均 SST极值 Average SST of mid month(°C)		下旬平均 SST极值 Average SST of late month(°C)	
	最高值 Highest value	最低值 Lowest value	最高值 Highest value	最低值 Lowest value	最高值 Highest value	最低值 Lowest value
	防城港 Fangcheng Gang	30.0(8)	14.0(2)	30.2(8)	15.3(1)	30.2(8)
北海 Beihai	30.2(8)	15.2(2)	30.3(7)	16.8(1)	30.3(6)	14.9(1)
涠洲岛 Weizhou Dao	30.6(8)	17.8(2)	30.6(8)	18.7(2)	30.7(8)	18.1(1)

\* 括号内的数字为极值出现时间,单位是月。Extreme value and its appear time.

表2 两旬之间的水温差与有关要素的相关系数

Table 2 The correlation coefficient of the bad of two the days and the related features

站名 Station	月份 Months	$T_{\Delta} - T_Y$	$T_{\Delta}^* - T_Y^*$	$T_{\Delta} - T_Y^*$
防城港 Fangcheng Gang	1月 Jan.	0.11	0.31	0.82
	4月 April	0.1	0.66	0.80
	7月 July	0.21	0.23	0.81
	10月 Oct.	0.66	0.41	0.91
北海 Beihai	1月 Jan.	0.52	0.36	0.90
	4月 April	0.21	0.76	0.85
	7月 July	0.53	0.45	0.91
	10月 Oct.	0.34	0.34	0.96
涠洲岛 Weizhou Dao	1月 Jan.	0.12	0.31	0.83
	4月 April	0.02	0.69	0.80
	7月 July	0.18	0.24	0.82
	10月 Oct.	0.68	0.42	0.92

长,降温期比较短。涠洲岛站除 4 5月份的月平均水温小于其它两个站外,其余月份的月平均水温在 3 个站中都是最高的,而且在 11月至翌年 2月份水温远远大于其它两个站,这是因为涠洲站在 3个站中纬度最低,整年受太阳辐射比较多,故月平均水温都大于其余两个站

#### 2.1.4 月平均 SST随季节的变化分析

图 3结果显示,春季随着太阳辐射的加强,广西沿沿海区水温普遍升高,防城港水温升高幅度最大,涠洲岛水温升高幅度最小,北海水温升高幅度大于涠洲岛,但各站月平均 SST值相差不大,北海为 24.5°C,涠洲岛为 24.0°C,防城港为 23.7°C;夏季随着太阳的进一步加强,本海区水温进入一年中高温时段,月平均 SST呈南高北低的分布特征,涠洲岛站水温增温最快,出现最高值为 30.5°C;防城港由于受大陆径流的影响,出现最低值为 29.6°C,北海站为 30.2°C。秋季为从夏向冬的过渡季节,太阳辐射逐步减少,冷空气的影响逐步加强,本海区海温也随之降低,北部海区的降温幅度大,与夏季相比防城港站降温幅度为 3.1°C,北海水温降了 2.4°C,涠洲岛水温降了 2.8°C。月平均 SST还是呈南高北低的分布特征,与夏季相仿

冬季为本海区海温最低的季节,广西沿海月平均 SST最低值出现在防城港站为 15.3°C,最高值出

现在涠洲岛站为 18.8°C,北海站水温为 16.6°C。月平均 SST还是呈南高北低的分布特征,完全呈现随纬度降低而升高的分布特征

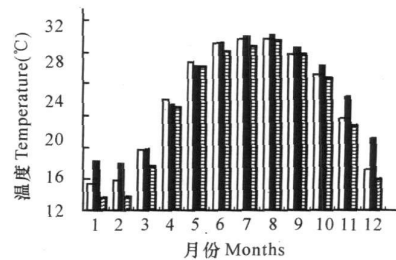


图2 防城港、北海和涠洲岛月平均 SST的随月份变化  
Fig. 2 Variation of month average SST of Fangcheng Gang, Beihai and Weizhou Dao in months

□: 防城港, ■: 北海, ▨: 涠洲岛。  
□: Fangcheng Gang, ■: Beihai, ▨: Weizhou Dao.

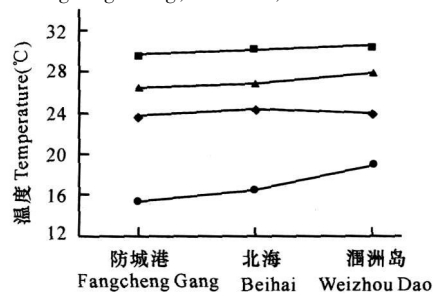


图3 防城港、北海和涠洲岛 SST的季节变化  
Fig. 3 Variation of SST of Fangcheng Gang, Beihai and Weizhou Dao in seasons

●: 1月; ◆: 4月; ■: 7月; ▲: 10月。  
●: Jan.; ◆: April; ■: July; ▲: Oct.

### 2.2 广西沿海表层海水温度的年际变化特征

#### 2.2.1 月平均 SST的年际变化分析

计算得出防城港、北海、涠洲岛 3个海洋站每月月平均水温的标准差分别为 5.65 5.26 4.56 从图 4和图 5可以看出,涠洲岛站各月月平均水温之间的差距比较小,北海站次之,防城港站各月月平均水温之间的差距比较大。这是因为涠洲岛站所在的纬度比较低,常年受太阳辐射比较均匀,表层海水温度变化幅度比较小,相反,防城港站所在纬度比较高一些,常年受太阳辐射不均一,海水温度变化幅度比较大。

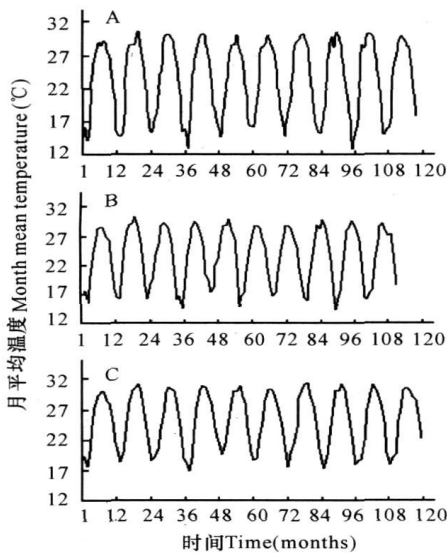


图 4 防城港、北海和涠洲岛月平均 SST 的时间序列

Fig. 4 Time series of month average SST of Fangcheng Gang, Beihai and Weizhou Dao  
A 防城港, B 北海, C 涠洲岛.

A Fangcheng Gang, B Beihai, C Weizhou Dao.

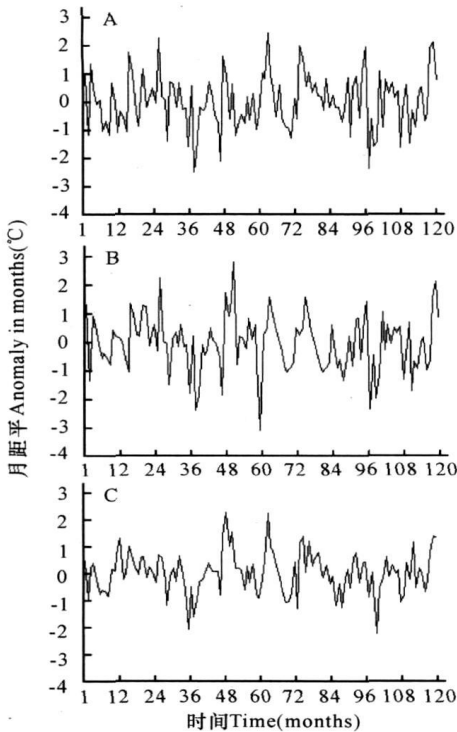


图 5 3 个海洋站 SST 月距平值时间序列

Fig. 5 Time series of SST anomaly in months of Fangcheng Gang, Beihai and Weizhou Dao  
A 防城港, B 北海, C 涠洲岛.

A Fangcheng Gang, B Beihai, C Weizhou Dao.

### 2.2.2 年平均 SST 的年际变化分析

广西沿海各站的年平均 SST 总体上随纬度的增大而减小(见图 6),变化范围为  $23.2^{\circ}\text{C}$  (防城港) ~  $25.6^{\circ}\text{C}$  (涠洲岛),总体平均为  $24.4^{\circ}\text{C}$ 。

近 10 年来,广西沿海 3 个测站 SST 年平均水温的变化规律基本上相似,都是在 1998 年、2001 年、2003 年和 2006 年出现高峰,在 2000 年、2005 年出现低谷。出现高峰是因为上述几年都是厄尔尼诺年,厄尔尼诺是热带大气和海洋相互作用的产物,它原是指赤道海面的一种异常增温,现在其定义为在全球范围内,海气相互作用下造成的气候异常;出现低谷都是因为 2000 和 2005 年是拉尼娜年,拉尼娜与厄尔尼诺现象相反,会导致冷冬和暖夏。

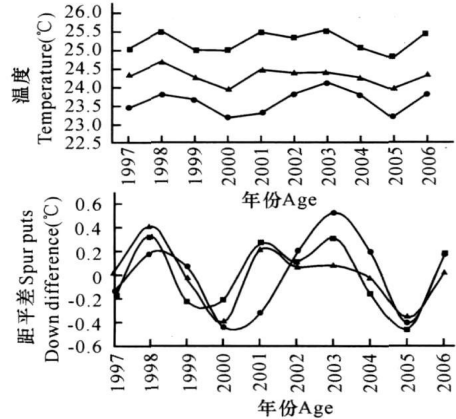


图 6 防城港、北海和涠洲岛年平均 SST 及其距平

Fig. 6 The variation of year average SST and the time series of SST anomaly in years of Fangcheng Gang, Beihai and Weizhou Dao

●: 防城港, ▲: 北海, ■: 涠洲岛.

●: Fangcheng Gang, ▲: Beihai, ■: Weizhou Dao.

北海、涠洲岛、防城港多年年平均水温分别为  $24.3^{\circ}\text{C}$ 、 $25.2^{\circ}\text{C}$ 、 $23.6^{\circ}\text{C}$ ,在 3 个监测站中,涠洲岛的水温总是最高的,防城港的水温总是最低的。涠洲岛多年月平均水温最高,这是因为涠洲岛所处纬度较低,离大陆较远,附近海域受近岸水系影响要小;北部湾终年存在一个逆时针方向的环流,受外海影响较大,因此,其年平均水温变化幅度较沿岸水域要小。防城港站月平均水温半年周期及年周期的振幅都为最大,水温年变化幅度大,这是因为该站地处北部湾西北角,纬度比较高,受地形影响,夏季西南季风较大,对海水升温有利,而冬季东北季风强盛,受大陆冷空气影响较大,表层海水温度较低,因而变幅较大。

### 3 结论

(1) 广西沿海旬平均 SST 的年变化,因受太阳辐射和气象因素的影响都呈单峰型,最高水温出现在 8 月下旬的涠洲岛站,为  $30.7^{\circ}\text{C}$ ,最低水温出现在 2 月上旬的防城港站,为  $14.0^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 广西沿海两旬之间的水温变化取决于本旬

水温与上旬气温之差

(3)北海、涠洲岛和防城港 3 个台站的月平均 SST 都是在 3~7 月为增温期,在 9 月至翌年 1 月为降温期;6 月、7 月、8 月份水温最高,而且水温比较稳定,多年的月平均水温都略大于 30.0℃;都是在 2 月份出现最低水温。

(4)广西沿海海区水温春季随着太阳辐射加强普遍升高,夏季随着太阳的进一步加强,而进入一年中高温时段,月平均 SST 呈南高北低的分布特征。秋季,太阳辐射逐步减少,冷空气的影响逐步加强,广西沿海海区水温也随之降低,北部海区的降温幅度大。冬季,为广西沿海海区水温最低的季节,月平均 SST 还是呈南高北低的分布特征,完全呈现随纬度降低而升高的分布特征。

(5)近 10 年,涠洲岛站各月的月平均水温之间的差距比较小,北海站次之,防城港站各月月平均水温之间的差距比较大,这是由于涠洲岛站所在的纬

度比较低,常年受太阳辐射比较均匀,表层海水温度变化幅度比较小,相反,防城港站所在纬度比较高一些,常年受到的太阳辐射不均一,海水温度变化幅度比较大。

(6)近 10 年,广西沿海 3 个测站 SST 年平均水温的变化规律基本上相似:都是在 1998 年、2001 年、2003 年和 2006 年出现高峰,在 2000 年、2005 年出现低谷。但是,在 3 个监测站中,涠洲岛的水温总是最高的,防城港的水温总是最低的。

参考文献:

- [1] 郭伟其,沙伟,沈红梅,等.东海沿岸海水表层温度的变化特征及变化趋势[J].海洋学报,2005,27(5): 1-8.
- [2] 夏华永,古万才.广西沿海海洋站观测海水温度的统计分析[J].海洋通报,2000,19(4): 15-21.
- [3] 吴迪生,闫敬华,张红梅,等.南海夏季风爆发日期与次表层水温对夏季风的影响[J].热带海洋学报,2004,23(1): 9-15.

(责任编辑: 邓大玉)

(上接第 451 页 Continue from page 451)

行投喂的处理组 b 和处理组 c,在 Z<sub>5</sub>~M 的变态发育阶段,死亡率显著低于不经鱼油强化丰年虫投喂的处理组 a 和对照组。青蟹幼体发育过程中,甘油三酯和磷脂是主要的脂类组成,两者在总脂中的比例呈现出相反的变化趋势<sup>[7]</sup>。由于青蟹幼体在变态到大眼所需要的大量能量来源于甘油三酯,而甘油三酯主要积累于溞状幼体阶段<sup>[5]</sup>。鱼油的特征脂肪酸是富含 ω<sub>3</sub> 系的多不饱和脂肪酸(PUFA),如 EPA(二十碳五烯酸)和 DHA(二十二碳六烯酸)。在青蟹幼体发育过程中,一般认为饵料中 DHA 含量不足是影响幼体存活、发育和变态的关键因子之一<sup>[8]</sup>。在用鱼油强化丰年虫后对幼体进行投喂,从而使幼体对 PUFA 有了更多积累的可能,而同时使降低 Z<sub>5</sub> 变态到 M 的死亡率成为可能。

### 3.3 螺旋藻和鱼油强化丰年虫共同投喂的效果

处理组 c 在投喂螺旋藻和鱼油强化的丰年虫后,在 Z<sub>5</sub>~Z<sub>6</sub> 的变态过程中,死亡率仅为 2.96%,明显低于分别投喂螺旋藻和鱼油强化丰年虫的处理组。这可能与螺旋藻所含的某些营养元素与鱼油所含的一些营养元素协同作用,降低了幼体的变态死亡率。而在 Z<sub>4</sub>~Z<sub>5</sub> 和 Z<sub>5</sub>~M 的变态过程中死亡率则为 4.49% 和 9.05%,与投喂螺旋藻处理组 a 并无显著差异,其可能原因是幼体对某些营养元素的积累而降低了这种协同作用,从而表现不明显。然而,是协同作用还是其他原因引起的这种结果则需更多的实验进行验证分析。

### 3.4 生产建议

综上所述,螺旋藻和鱼油对锯缘青蟹苗种培育具有重要作用。在该实验中,结合螺旋藻和鱼油投喂能提高 Z<sub>5</sub>~M 幼体变态率,实验效果最好。在生产应用中的 Z<sub>5</sub>~M 的培育过程中,可以在不同阶段对投喂进行合理调整,如在 Z<sub>3</sub>~Z<sub>4</sub> 利用两种营养进行补充, Z<sub>4</sub>~Z<sub>5</sub> 单纯以螺旋藻作为补充营养,而在 Z<sub>5</sub>~M 在两种营养共同对幼体进行补充,降低青蟹苗种生产过程的变态死亡率,稳定生产。

参考文献:

- [1] 曾朝曙,李少菁.锯缘青蟹幼体实验生态研究 I. 饵料对幼体存活与发育的影响[C].甲壳动物学论文集:第三辑.青岛:青岛海洋大学出版社,1990: 85-94.
- [2] 刘惠芳.螺旋藻在饲料工业中的应用[J].动物科学与动物医学,2001,18(2): 62-65.
- [3] 顾天青,张慧苗,张金星,等.螺旋藻在对虾育苗中的应用[M].海洋科学,1989,5(3): 48-51.
- [4] 陈国俊.螺旋藻在河蟹育苗中的应用[J].科学养鱼,1995(12): 34.
- [5] 翁幼竹.锯缘青蟹幼体物质代谢与营养需求的研究[D].厦门:厦门大学博士学位论文,1999.
- [6] 戴卫平,顾建洪,杨信明.螺旋藻在河蟹育苗上的应用[J].淡水渔业,2000,30(9): 28-29.
- [7] 艾春香,林琼武,王桂忠,等.锯缘青蟹的营养需求及其健康养殖[J].福建农业学报,2005,20(4): 222-227.
- [8] 翁幼竹,李少菁,王桂忠.从锯缘青蟹幼体及饵料的含脂情况探讨其脂肪需求[J].海洋学报,2003,25(Sup2): 88-94.

(责任编辑: 邓大玉)