

## 鳌山湾增殖放流中国明对虾的研究

李忠义, 金显仕, 吴强, 栾青杉, 陈瑞盛, 王俊\*

(中国水产科学研究院黄海水产研究所,农业部海洋渔业可持续发展重点实验室,  
山东省渔业资源与生态环境重点实验室,山东青岛 266071)

**摘要:**为优选青岛市沿海中国明对虾的港湾增殖放流点,本实验于2010年6月至9月采用拖网调查,对鳌山湾渔业资源生物背景、放流中国明对虾的资源量和生长特性进行了研究。结果显示:(1)5个航次拖网调查的渔获物组成中与中国明对虾食性类似的口虾蛄捕获量最大,占总捕获量的46.66%,中国明对虾的天敌鳊虎鱼和鲷的捕获量很少,占总捕获量的1.28%。浮游植物生物水平评价等级为V级;(2)中国明对虾的资源调查回捕率约为0.10%,偏低,港口码头走访调查回捕率为1.20%,属正常值,但相对偏低;(3)中国明对虾生长速度较快,具有雌雄差异,最大体质量日增长量分别为0.88和0.47 g。生长初期雄虾生长较快,但后期雌虾生长速度更快,且能达到更大的规格,其渐近体质量与体长雌虾为: $L_{\infty} = 200.83 \text{ mm}$ 、 $W_{\infty} = 104.05 \text{ g}$ ;雄虾为: $L_{\infty} = 172.64 \text{ mm}$ 、 $W_{\infty} = 38.81 \text{ g}$ 。开捕时雌雄中国明对虾的平均体质量分别为43.25和34.20 g左右,已达到捕捞规格。鳌山湾渔业资源种类组成、浮游植物生物水平等级、放流中国明对虾的资源量、生长特性等重要数据证实鳌山湾适合中国明对虾的放流。

**关键词:**中国明对虾;增殖放流;资源量;生长特性;鳌山湾

**中图分类号:**S 931.5

**文献标志码:**A

渔业资源的过度开发和日趋严重的环境污染,使海洋生态环境遭到破坏,渔业资源日益衰退。为满足人们对水产品的需求,国家采取了对重要海产品进行增殖放流的应对措施。

鳌山湾位于青岛即墨市东部,面向东南,宽约11 km。海湾面积164.02 km<sup>2</sup>,其平均水深4 m左右,最大水深13 m,岸线长度64.59 km。海底地势平缓地向东南(湾口)倾斜,底质为泥沙,近岸多为砂质,少部分为岩礁,自然环境适合中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)等放流对象的生长繁殖。近岸无工业集中地,水环境质量良好,盐度、pH值适中,溶解氧含量较高。浮游植物年平均细胞数 $10 \times 10^6$ 个/m<sup>3</sup>,以中国明对虾幼体和仔虾成长所需的甲藻和硅藻为优势种。浮游动物有28种,浮游幼虫有8大类,平均生物量358.7 mg/m<sup>3</sup>,包含大量中国明对虾幼成虾的摄食对象甲壳类生物。湾内水动

力活跃,水体交换条件较好,自净能力较强,是海洋生物增殖和繁殖的理想场所<sup>[1-3]</sup>。

增殖放流作为中国明对虾恢复资源和优化资源结构的有效手段被广泛采用,放流前后的综合研究已是屡见不鲜。此前研究多集中在放流苗种生产技术、放流资源预报与效果评价及基础遗传信息等即时研究方面<sup>[4-10]</sup>,缺乏中国明对虾增殖放流的整体效果研究,如深层次上的增殖容量与遗传瓶颈测试等<sup>[11-12]</sup>。鳌山湾中国明对虾的增殖放流虽已开展多年,但因种种原因,其不同年份放流效果评价由不同单位执行,诸多放流情况没有统一进行分析,例如不重视种苗场的繁育和饲养等基本情况;没有对放流海域及放流即时死亡率进行研究;种苗场由行政单位招标选择,无法对中国明对虾的亲本持续追根溯源,对其子代的存活率和基因多样性没有追踪研究<sup>[11,13]</sup>;缺乏增殖容量的持续研究。

收稿日期:2013-10-17 修回日期:2013-12-15

资助项目:国家自然科学基金面上项目(31072250);国家重点基础发展计划项目(2011CB409805);农业部公益性行业科研专项(201303050);山东省泰山学者工程专项

通信作者:王俊,E-mail:wangjun@ysfri.ac.cn

本研究对鳌山湾渔业资源生物种类组成、中国明对虾放流群体的资源量和生长特性几个方面开展研究,以期为青岛市沿岸海域中国明对虾的增殖放流整体效果评价提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 调查方法与站位

2010年6月9日和2010年6月13日,在鳌山湾海域进行了2次源自同一种苗场中国明对虾的增殖放流。放流装船时随机取样3~4袋,倒入盘中混匀,测量样品虾苗的体长、体质量,2批虾苗的平均体长为 $(11.50 \pm 1.22)$  mm,体质量约为0.016 g。

根据湾内水深设置了4个放射调查断面(图1),每个断面设置3个调查站位;租用19.73~29.42 kW单拖渔船为调查船,每站拖网0.5 h,拖速2.5 kn,游泳生物调查网具的囊网网目尺寸为13 mm,浮游植物只进行了6月5日的调查,调查筛绢网目规格为0.077 mm。跟踪调查中国明对虾的分布及生长情况,但由于湾内遍布养殖区

和定置网,每次调查的站位因定置网的改变而有所不同,但偏离位置不大。2010年7月8日至2010年8月30日中国明对虾开捕前,共进行了5个航次的调查。

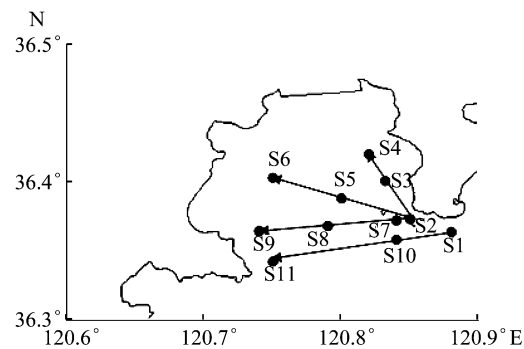


图1 调查站位图

Fig. 1 Sampling stations

### 1.2 浮游植物水平分级评价

采用五级水平评价法对浮游植物生物水平进行评价<sup>[14]</sup>。

表1 饵料生物水平分级评价标准

Tab. 1 The evaluation standard of biomass tophytoplankton

评价等级 evaluation grade	I	II	III	IV	V
浮游植物栖息密度/ $(\times 10^4/m^3)$ abundance of phytoplankton	<20	20~50	50~75	75~100	>100
分级描述 evaluation	低 very low	较低 low	较丰富 high	丰富 a little high	很丰富 very high

### 1.3 中国明对虾资源量

中国明对虾资源密度的计算公式如下:

$$D = \frac{\bar{C}}{a \cdot q}$$

式中, $D$ 为资源密度,单位为千克每平方千米或尾每平方千米( $kg/km^2$ 或尾/ $km^2$ ); $\bar{C}$ 为平均每小时拖网渔获量,单位为千克每小时或尾每小时( $kg/h$ 或尾/h); $a$ 为每小时拖网面积,单位为平方千米每小时( $km^2/h$ ); $q$ 为可捕系数,中国明对虾的逃逸率为0.7<sup>[15-16]</sup>。

### 1.4 中国明对虾群体判断

采用SPSS 16.0软件对网获中国明对虾体长正态概率进行检验,剔除偏离值。然后再对剩余中国明对虾的体长进行正态分布检验,符合正态分布,可看作同一放流群体。

## 2 结果

### 2.1 渔业资源种类组成

5个航次所捕获的渔业生物隶属于9目22

科33属,其中鱼类20种,隶属于4目12科19属,占渔获种类数52.63%,包括15种中上层鱼类,5种底层鱼类;甲壳类共15种,隶属于2目9科12属,其中虾类12种,蟹类3种,头足类3种。

2010年鳌山湾5个航次渔业资源网获总量为36.87 kg/h,依捕获量对渔获物总量的百分比贡献进行判别,其优势种类为口虾蛄(*Oratosquilla oratoria*)、长吻红舌鲷(*Cynoglossus lighti*)、白姑鱼(*Argyrosomus argentatus*)、斑鲹(*Clupanodon punctatus*)、日本枪乌贼(*Loligo japonica*)、日本螯(*Charybdis japonica*)、双斑螯(*Charybdis bimaculata*)、关公蟹(*Dorippe* sp.)和中国明对虾,其网获量分别为17.20 kg/h、4.09 kg/h、2.27 kg/h、2.03 kg/h、1.91 kg/h、0.96 kg/h、0.91 kg/h、0.83 kg/h、0.75 kg/h和0.67 kg/h。此10种生物的捕获量分别占总捕获量的46.67%、11.09%、6.15%、5.49%、5.17%、2.61%、2.46%、2.24%、2.02%和1.80%,合计为85.69%。

## 2.2 浮游植物生物水平评价等级

2010年6月份调查共发现浮游植物57种,包括硅藻47种,甲藻9种,硅鞭藻1种。鳌山湾浮游植物生态类型多为温带近岸种和浮游广布种,浮游植物总丰度变化为 $2.21 \times 10^2 \sim 2.47 \times 10^6$ 个/ $m^3$ ,各站位浮游植物细胞丰度平均值为 $1.71 \times 10^6$ 个/ $m^3$ ,生物水平评价等级为V级;硅藻在各站位的平均细胞丰度为 $8.94 \times 10^5$ 个/ $m^3$ ,甲藻的平均细胞丰度为 $8.18 \times 10^5$ 个/ $m^3$ ,分别占浮游植物总丰度的52.37%和47.37%。硅藻和甲藻的生物水平评价等级同为IV级,表明中国明对虾仔虾的饵料很丰富。在硅藻门中,密联角毛藻(*Chaetoceros densus*)的丰度居首位,为 $2.58 \times 10^5$ 个/ $m^3$ ,占浮游植物总丰度的16%;甲藻门中,夜光藻的丰度居首位,为 $7.88 \times 10^5$ 个/ $m^3$ ,占浮游植物总丰度的46.19%。

## 2.3 中国明对虾的群体分析

巨大的捕获压力使得多数放流海域的中国明对虾基本上为放流群体,偶尔也能发现野生对虾个体。通常中国明对虾的放流在5月下旬至6月上旬左右进行,放流群体的体长明显大于当年野生群体的体长,通常采用体长频数分布法来区分野生群体与放流群体。同一群体的中国明对虾,其体长处于同一正态图内,但该方法样本数量需求大<sup>[17]</sup>。

本研究采用SPSS 16.0软件先对网获中国明对虾体长正态概率进行检验,剔除3个偏离较大值。然后对剩余中国明对虾的体长再进行正态分布检验,2种检验方法的显著性值都大于0.05(表2),证实剩余中国明对虾的体长符合正态分布,可看作同一放流群体。

表2 中国明对虾体长正态检验

Tab.2 The test of normality to the body length of *F. chinensis*

柯尔莫哥洛夫-斯米尔诺夫检验 Kolmogorov-Smirnov test			夏皮罗-威尔克检验 Shapiro-Wilk test		
统计量 statistic	自由度 df	显著性 sig.	统计量 statistic	自由度 df	显著性 sig.
0.107	97	0.081	0.976	97	0.275

## 2.4 中国明对虾的资源量

在5个航次的调查中,除2010年7月8日的

第1航次外,其他4个航次都捕获有中国明对虾(表3)。

表3 中国明对虾调查取样时间、体长及体质量

Tab.3 The date of sampling time and the body length and weight for *F. chinensis*

时间 date	6月9日-6月13日 June 9th - June 13th	7月24日 Jul 24th	8月2日 Aug 2nd	8月27日 Aug 27th	8月30日 Aug 30th
生长日龄/d growing age	1	44	54	79	82
尾数 number	100	24	27	3	4
雌性 female		14	18	2	5
雌性 female	体长/cm body length ~0.02	114.20 ± 11.03	134.40 ± 10.06	155.00 ± 35.54	160.25 ± 14.61
雌性 female	体质量/g body weight	13.30 ± 4.26	24.80 ± 5.13	42.30 ± 23.07	43.25 ± 10.56
雄性 male	体长/cm body length ~0.02	124.70 ± 6.38	127.40 ± 4.71	153.00 ± 4.24	153.20 ± 3.70
雄性 male	体质量/g body weight	15.60 ± 5.01	20.70 ± 5.26	34.50 ± 4.95	34.20 ± 4.32

增殖放流中国明对虾的资源量应以临近开捕时的调查数据为依据。本研究开捕前最后2次的资源调查,因天气原因,评估量不能完全反映中国明对虾在鳌山湾的资源量,故中国明对虾的资源量评估以8月2日航次的捕捞数量为计算基准。经评估,鳌山湾中国明对虾的资源量约为49762尾,回捕率为0.10%。

## 2.5 中国明对虾 von Bertalanffy 生长方程

将捕获的中国明对虾样品带回实验室进行体长、体质量和性别等生物学测定。按雌、雄分析同一群体中国明对虾体质量与体长关系,并采用 von Bertalanffy 生长方程拟合其体长与体质量的函数关系<sup>[18]</sup>。8月27日所捕5尾中国明对虾的平均体质量为39.2g,平均体长为154.2mm;8月30日所捕9尾中国明对虾的平均体质量为38.2g,平均体

长为 156.3 mm。此 2 个航次中国明对虾的体质量与体长无显著差异 ( $P > 0.05, n = 14$ ), 同时因捕获数量相对较少, 所以为拟合其体长与体质量函数关系, 将此 2 个航次的中国明对虾雌雄分别合并。

根据表 3 中国明对虾生物学数据, 雌雄中国明对虾 von Bertalanffy 生长方程如下:

$$\text{雌性: } W = 2 \times 10^{-5} L^{2.9165} \quad R^2 = 0.9521$$

$$\text{雄性: } W = 2 \times 10^{-5} L^{2.8107} \quad R^2 = 0.9035$$

式中,  $W$  代表体质量,  $L$  代表体长。

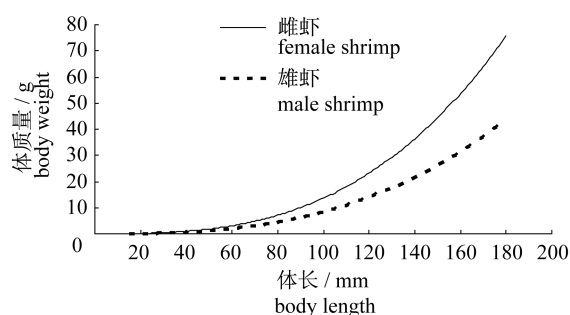


图 2 中国明对虾体质量与体长关系图  
Fig. 2 The relationship between weight and length of *F. chinensis*

鳌山湾放流中国明对虾群体体质量与体长呈幂函数关系, 在体长超过 35 mm 后, 同体长的雌、雄个体体质量差别较大, 但没有显著性差异 (雌虾  $n = 25$ , 雄虾  $n = 36$ ; 幂指数  $b$  检验:  $P = 0.067 > 0.05$ ; 生长因子  $a$  检验:  $P = 0.087 > 0.05$ ) (图 2)。

## 2.6 中国明对虾时间生长方程

中国明对虾生活周期短, 生长迅速。尤其是仔、幼虾在同样的时间分布不同海区, 同一批虾苗和不同批次虾苗之间个体大小都有较大差异。根据雌雄虾 von Bertalanffy 生长方程来描述中国明对虾体长与体质量随时间的生长规律。采用 SPSS 16.0 拟合中国明对虾的体长生长方程, 体质量生长方程由体长体质量关系式直接换算求得。

放流中国明对虾随时间的生长方程为:

$$\text{雌性 } L_t = 200.83 [1 - \exp^{-0.019(t-23.70)}]$$

$$W_t = 104.05 [1 - \exp^{-0.019(t-23.70)}]^{2.9165}$$

$$\text{雄性 } L_t = 172.64 [1 - \exp^{-0.026(t-24.17)}]$$

$$W_t = 38.81 [1 - \exp^{-0.026(t-24.17)}]^{2.8107}$$

式中, 时间  $t$  表示日龄,  $t_0$  即中国明对虾开始生长时的年龄<sup>[18]</sup>。

放流中国明对虾生长速度方程, 用导数方法求得:

$$\text{雌性 } dL_t/dt = 200.83 \times 0.019 \exp^{-0.019(t-23.70)}$$

$$dW_t/dt = 2.9165 \times 104.05 \times 0.019 \exp^{-0.019(t-23.70)} [1 - \exp^{-0.019(t-23.70)}]^{1.9165}$$

$$\text{雄性 } dL_t/dt = 172.64 \times 0.026 \exp^{-0.026(t-24.17)}$$

$$dW_t/dt = 2.8107 \times 38.81 \times 0.026 \exp^{-0.026(t-24.17)} [1 - \exp^{-0.026(t-24.17)}]^{1.8107}$$

从放流中国明对虾的体长生长速度曲线可见, 雌虾和雄虾的体长生长速度都随时间的增加而递减并趋向于零, 49 d 之前雄虾体长生长较雌虾快, 雌、雄对虾体长生长速度均递减最后趋向于 0 (图 3)。雌虾体长快速增长的时间较雄虾迟, 但持续的时间长, 能达到更大的个体 ( $L_\infty = 200.83$  mm); 雄虾快速增长的时间虽较早, 但其持续的时间短, 并以较短的时间接近渐近值 ( $L_\infty = 172.64$  mm)。由体质量生长速度曲线可知, 雌虾和雄虾的体质量生长速度呈不对称倒二次曲线型 (图 4), 有生长高峰。雌虾体质量生长拐点为第 80 天, 最大日增长量 0.88 g; 雄虾体质量生长拐点为第 77.2 天, 最大日增长量 0.47 g。

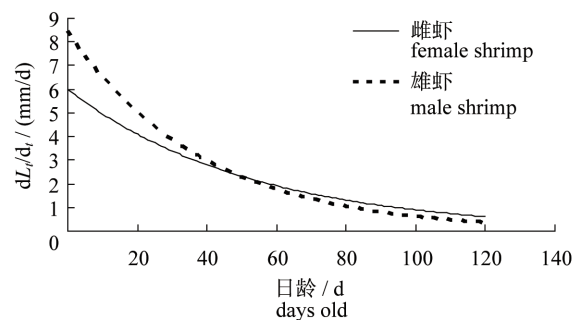


图 3 鳌山湾放流中国明对虾体长生长速度曲线  
Fig. 3 Length growth curve of *P. chinensis*

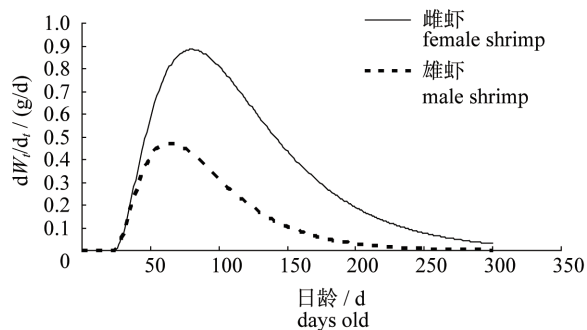


图 4 鳌山湾放流中国明对虾体质量生长速度曲线  
Fig. 4 Weight growth curve of *P. chinensis*

### 3 讨论

#### 3.1 中国明对虾的放流环境

鳌山湾5个航次拖网调查的渔获物组成中口虾蛄捕获量最大,占总捕获量的46.66%;鳌山湾中国明对虾的主要天敌鰕虎鱼和鲷(*Platycephalus indicus*)捕获量很少,二者捕获量占总捕获量的1.28%。中国明对虾和口虾蛄的食性十分类似,口虾蛄、鰕虎鱼和鲷的生物量说明鳌山湾的生物环境适合中国明对虾的生长。鳌山湾浮游植物生物水平评价等级为V级,浮游植物很丰富,饵料基础适合中国明对虾的放流。

同期环境监测数据表明鳌山湾6—9月的水温为19.62~25.26℃,平均水温22.94℃;盐度30.88~31.15,平均盐度31.0;pH 8.08~8.24,平均pH 8.16;溶解氧7.23~9.73 mg/L,平均值为8.48 mg/L,属正常范围,鳌山湾的水化学环境适合中国明对虾的放流与生长。

#### 3.2 中国明对虾的资源量

历史资料表明,中国明对虾在渤海的放流回捕率为1.24%~4.60%。与其相比,2010年鳌山湾中国明对虾资源调查的回捕率相对较低。可能与鳌山湾沿岸遍布定置网,中部水域存在流刺网和蟹笼等作业工具及最后2次调查的天气有关,使得调查结果不能完全反映鳌山湾中国明对虾真实的资源量。开捕后对鳌山湾周边港口码头进行中国明对虾的生产走访调查,中国明对虾的回捕率为1.20%,在正常范围之内,但相对偏低<sup>[7]</sup>。因鳌山湾湾外为开放性海域,生产船只较多,分属不同的港口与码头,所以鳌山湾周边港口码头中国明对虾的生产调查数据也相对偏低。综合考量,鳌山湾放流中国明对虾的资源量属正常范围。

另因当年鳌山湾中国明对虾是中午放流,当日气温较高,虾苗死亡率较高,也使得鳌山湾中国明对虾资源量偏低。按回捕率为1.20%计算,2010年鳌山湾中国明对虾的投入产出比为1:5.6,其捕捞量和投入产出比证实中国明对虾应是鳌山湾长期的放流品种。

#### 3.3 中国明对虾的生长

生物的生长是随时间而变化的生命过程,是种群的生物学特征。生物的生长是影响种群数量变动的4个因素之一,对中国明对虾的生长进行探讨是研究其种群数量的依据<sup>[18]</sup>。

根据鳌山湾中国明对虾的放流时间及其生长特性,雌、雄个体体质量增长的拐点分别在8月3日和7月18日前后,即在8月初已经越过了生长迅速的阶段。8月27日所捕中国明对虾的平均体质量为39.2 g,平均体长为154.2 mm;8月30日所捕中国明对虾的平均体质量为38.2 g,平均体长为156.3 mm。8月底中国明对虾的体质量与体长无显著变化( $P > 0.05$ )。9月初雄性中国明对虾基本不增加体质量,雌性中国明对虾体质量生长也渐趋缓慢。因此根据其生长特性,若在其快速生长转入缓慢生长以后加以利用可获得较高的回捕产量,故合理的开捕日期应控制在9月初为宜,这与青岛市海域伏季休渔的开捕时间9月1日相吻合。此时雌雄中国明对虾的体质量分别约为43.25和34.20 g,体长分别为160.3和153.2 mm,已达到捕捞规格。

从生长速度曲线可知,鳌山湾放流雌雄中国明对虾的体质量增长速度不一。生长最快时,雌雄中国明对虾体质量日增长量分别为0.88和0.47 g。雌雄个体生长速度差异较大,雄性比雌性 $K$ 值大,以较快速度接近渐近值,但雌性个体较大。楼宝<sup>[19]</sup>在1998年和张澄茂<sup>[4]</sup>在2001年分别对浙江象山港和闽东海区放流中国明对虾的渐近体质量进行了研究,其雌虾的渐近体质量分别为105.8和108.4 g,与本实验雌虾的研究结果104.05 g接近;而雄虾的渐近体质量分别为61.2和62.9 g,高于本研究雄虾的研究结果38.81 g。象山港和闽东海区放流中国明对虾的渐近体长比本实验的研究结果都稍大,闽东海区雌雄虾的渐近体长分别为210.2和175.9 mm,象山港雌雄虾的渐近体长分别为214.1和180.9 mm<sup>[4,19]</sup>,本实验雌雄虾的渐近体长研究结果分别200.83和172.64 mm。1990年渤海野生中国明对虾的渐近体质量与体长如下,雌虾: $L_{\infty} = 201.3$  mm、 $W_{\infty} = 91.8$  g;雄虾为: $L_{\infty} = 163.5$  mm、 $W_{\infty} = 49.1$  g<sup>[18]</sup>,雌虾的渐近体长与体质量都比鳌山湾的小,雄虾的渐近体长比鳌山湾的小,但渐近体质量大。

李旭杰等<sup>[20]</sup>对青岛市古镇口湾增殖放流日本对虾(*Marsupenaeus japonicus*)的生长特性进行了研究,发现其雌雄体质量日增长量分别为0.43和0.33 g。这也证实资源调查结果,即当年中国明对虾比日本对虾的体形更大,生长速度更快。

张澄茂<sup>[4]</sup>研究发现 2001 年闽东海区放流雌雄中国明对虾的体质量生长拐点分别为第 105.3 和第 97.9 天,最大日体质量增长量分别为 0.61 和 0.36 g;1990 年渤海野生雌雄中国明对虾的体质量生长拐点分别为第 86 和第 75 天,最大日体质量增长量分别为 0.74 和 0.35 g<sup>[18]</sup>;鳌山湾 2010 年放流雌雄中国明对虾的生长拐点分别为第 80 和第 77.2 天,最大日体质量增长量分别为 0.88 和 0.47 g。1998 年王文波等<sup>[21]</sup>调查发现黄海中部放流中国明对虾自放流到捕捞期间的平均体长增长速度为 1.51 mm/d,低于鳌山湾的调查研究结果 1.74 mm/d。对比发现,鳌山湾中国明对虾放流后的生长速率明显高于其他海域。

鳌山湾放流中国明对虾的生长拐点、最大日体质量增长量、日平均增长速度、渐近体长与体质量等生长参数大多高于目前已发表的浙江象山港、闽东海区、渤海和黄海中部放流中国明对虾的相应生长参数,少数几个生长参数相对偏低,但十分接近。这些重要数据证实鳌山湾适宜中国明对虾生长,是合适的中国明对虾放流点。

#### 4 结论

综上所述,鳌山湾水化学环境、渔业资源种类组成、放流中国明对虾的资源量、生长特征等重要数据证实鳌山湾适合中国明对虾的放流。根据鳌山湾的自然环境、天气与海况条件及本实验研究结果,可以将放流时间提前到 5 月中下旬,降低放流时因天气炎热造成的死亡率。提前放流还有可能避开敌害生物,降低捕食死亡率,以获得更好的增殖效果。

目前鳌山湾中国明对虾增殖效果整体研究对种苗的放流批次、亲本质量、种苗场的环境和饲料质量、饲养方法都较少涉及<sup>[22]</sup>;缺乏中国明对虾放流后不同发育阶段对栖息地的适应性研究<sup>[23-24]</sup>,没有开展放流河口常年断流对虾苗生长的影响研究<sup>[25-26]</sup>等等,这些都是鳌山湾中国明对虾增殖放流今后面临的任务。

#### 参考文献:

- [1] Chen B J, Li Y P, Xing H Y, *et al.* Study on the ecological characteristics of phytoplankton in the Aoshan Bay[J]. Marine Fisheries Research, 2003, 24(2): 18-24. [陈碧鹃, 李云平, 邢红艳, 等. 鳌山湾浮游植物的生态特性. 海洋水产研究, 2003, 24(2): 18-24.]
- [2] Chen J F, Zhao J. Distribution and variation of hydrographic factors in the Aoshan Bay[J]. Marine Fisheries Research, 2004, 25(2): 66-72. [陈聚法, 赵俊. 鳌山湾水文要素的分布及变化特征. 海洋水产研究, 2004, 25(2): 66-72.]
- [3] Ding X G, Ye S Y, Gao Z J. Analysis of nutrient structure and assessment of nutritive status in the aoshan bay, Qingdao[J]. Journal of Zhanjiang Ocean University: Natural Science, 2006, 26(1): 22-26. [丁喜桂, 叶思源, 高宗军. 青岛鳌山湾海区营养结构分析与营养状况评价. 湛江海洋大学学报, 2006, 26(1): 22-26.]
- [4] Zhang D M. Growth characteristics of releasing *Penaeus orientalis* in the Mindong waters[J]. Journal of Fisheries of China, 2001, 25(2): 116-119. [张澄茂. 闽东海区中国明对虾放流虾的生长特性. 水产学报, 2001, 25(2): 116-119.]
- [5] Lin J, An S S. Discussion on the descending cause of the recapture rate of the Chinese shrimp enhancement in Northern Yellow Sea[J]. Fisheries Science, 2002, 21(3): 43-44. [林军, 安树升. 黄海北部中国明对虾放流增殖回捕率下降的原因. 水产科学, 2002, 21(3): 43-44.]
- [6] Zhang T S, Wang Q Y, Liu P, *et al.* Genetic diversity analysis on selected populations of shrimp *Fenneropenaeus chinensis* by microsatellites [J]. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 2005, 36(1): 72-80. [张天时, 王清印, 刘萍, 等. 中国明对虾 (*Fenneropenaeus chinensis*) 人工选育群体不同世代的微卫星分析. 海洋与湖沼, 2005, 36(1): 72-80.]
- [7] Zhou J, Li Y Q, Zhang H P, *et al.* Releasing a follow-up survey and effect evaluation of *Fenneropenaeus chinensis*[J]. Hebei Fisheries, 2006(7): 27-30. [周军, 李怡群, 张海鹏, 等. 中国明对虾增殖放流跟踪调查与效果评估. 河北渔业, 2006(7): 27-30.]
- [8] Qiao F Q, Qiu S Y, Zhang J H, *et al.* Community structure of fishery resources in the bays of southern shandong peninsula pre-and post-releasing of chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis* [J]. Fisheries Science, 2012, 31(11): 651-656. [乔凤勤, 邱盛尧, 张金浩, 等. 山东半岛南部中国明对虾放流前后渔业资源群落结构. 水产科学, 2012, 31(11): 651-656.]
- [9] Luan S, Jin W, Kong J, *et al.* Genetic evaluation and investment appraisal of the multi-trait selection

- breeding program in Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis* [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2013, 35 (2): 133 - 142. [栾生, 金武, 孔杰, 等. 中国对虾 (*Fenneropenaeus chinensis*) 多性状复合育种方案的遗传和经济评估. 海洋学报, 2013, 35 (2): 133 - 142.]
- [10] Wu Y Y, Meng X H, Kong J, *et al.* Application of unlabeled probe by HRM in development of EST-SNPs in *Fenneropenaeus chinensis* [J]. *Marine Fisheries Research*, 2013(1): 111 - 118. [吴莹莹, 孟宪红, 孔杰, 等. 非标记探针 HRM 法在中国对虾 EST-SNP 筛选中的应用. 渔业科学进展, 2013, 34 (1): 111 - 118.]
- [11] Kitada S, Shishidou H, Sugaya T, *et al.* Genetic effects of long-term stock enhancement programs [J]. *Aquaculture*, 2009, 290(1 - 2): 69 - 79.
- [12] Lin Q, Li X S, Li Z Y, *et al.* Ecological carrying capacity of Chinese shrimp stock enhancement in Laizhou Bay of East China based on ecopath model [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2013, 24 (4): 1131 - 1140. [林群, 李显森, 李忠义, 等. 基于 Ecopath 模型的莱州湾中国对虾增殖生态容量. 应用生态学报, 2013, 24(4): 1131 - 1140.]
- [13] Shishidou H, Kitada S, Sakamoto T, *et al.* Genetic variability of wild and hatchery-released red sea bream in Kagoshima Bay, Japan, evaluated by using microsatellite DNA analysis [J]. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 2008, 74(2): 183 - 188.
- [14] Tang Q S. Marine resources and habitats in Chinese exclusive economic zone [M]. Beijing: Science Press, 2006: 433. [唐启升. 中国专属经济区海洋生物资源与栖息环境. 北京: 科学出版社, 2006: 433.]
- [15] Yu C G, Song H T, Yao G Z. Assessment of the crab stock biomass in the continental shelf waters of the East China Sea [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2004, 28(1): 41 - 46. [俞存根, 宋海棠, 姚光展. 东海大陆架海域蟹类资源量的评估. 水产学报, 2004, 28(1): 41 - 46.]
- [16] Huang Z R, Zhang H H. Composition and distribution of *Squilla* in the continental shelf waters of northern South China Sea [J]. *Marine Fisheries Research*, 2009, 30(6): 125 - 130. [黄梓荣, 张汉华. 南海北部陆架区虾蛄类的种类组成和数量分布. 渔业科学进展, 2009, 30(6): 125 - 130.]
- [17] Ye C C, Deng J Y. Fishery Resources [M]. Chongqing: Chongqing Publishing House, 2001: 300 - 302. [叶昌臣, 邓景耀. 渔业资源学. 重庆: 重庆出版社, 2001: 300 - 302.]
- [18] Deng J Y, Ye C C, Liu Y C. Shrimp and resource management in the Bohai Sea and the Yellow Sea [M]. Beijing: China Ocean Press, 1990. [邓景耀, 叶昌臣, 刘永昌. 渤海黄海的对虾及其资源管理. 北京: 海洋出版社, 1990.]
- [19] Lou B. The study on growth characteristics of artificial release *Penaeus orientalis* in Xiangshan Bay [J]. *Journal of Zhejiang Fisheries University*, 1998, 17(1): 51 - 58. [楼宝. 象山港人工放流中国对虾的生长特性研究. 浙江水产学院学报, 1998, 17 (1): 51 - 58.]
- [20] Li X J, Ren Y P, Xu B D, *et al.* The growth characteristics of *Penaeus japonicus* in the Guzhenkou Bay of Qingdao [J]. *South China Fisheries Science*, 2008, 4(4): 26 - 29. [李旭杰, 任一平, 徐宾铎, 等. 青岛市古镇口湾增殖放流日本对虾的生长特性. 南方水产, 2008, 4(4): 26 - 29.]
- [21] Wang W B, Shao W G, Lin Y, *et al.* Research of Chinese shrimp releasing shrimp growth in northern the Yellow Sea [J]. *Fisheries Science*, 1998, 17(1): 3 - 5. [王文波, 邵武功, 林源, 等. 黄海北部中国对虾放流虾生长的研究. 水产科学, 1998, 17(1): 3 - 5.]
- [22] Le Vay L, Carvalho G R, Quintio E T, *et al.* Quality of hatchery-reared juveniles for marine fisheries stock enhancement [J]. *Aquaculture*, 2007, 268(1 - 4): 169 - 180.
- [23] Bell J D, Bartley D M, Lorenzen K, *et al.* Restocking and stock enhancement of coastal fisheries: Potential, problems and progress [J]. *Fisheries Research*, 2006, 80(1): 1 - 8.
- [24] Stottrup J G, Sparrevohn C R. Can stock enhancement enhance stocks? [J]. *Journal of Sea Research*, 2007, 57(2 - 3): 104 - 113.
- [25] Kitada S, Kishino H. Lessons learned from Japanese marine finfish stock enhancement programmes [J]. *Fisheries Research*, 2006, 80(1): 101 - 112.
- [26] Davenport J, Ekaratne S U K, Walgama S A, *et al.* Successful stock enhancement of a lagoon prawn fishery at Rekawa, Sri Lanka using cultured post-larvae of penaeid shrimp [J]. *Aquaculture*, 1999, 180 (1 - 2): 65 - 78.

## Studies on the *Fenneropenaeus chinensis* released in the Aoshan Bay

LI Zhongyi, JIN Xianshi, WU Qiang, LUAN Qingshan, CHEN Ruisheng, WANG Jun\*

(Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture,  
Key Laboratory for Fishery Resources and Eco-environment, Yellow Sea Fisheries Research Institute,  
Chinese Academy of Fishery Sciences, Shandong Province, Qingdao 266071, China)

**Abstract:** In order to select suitable sea gulfs from the coastal waters of Qingdao for the growing of released *Fenneropenaeus chinensis*, we studied the species composition of fishery resources, stock biomass and growth characteristics of released *F. chinensis* in the Aoshan Bay from June to September 2010. The results showed that: (a) five bottom trawl surveys showed that the *Oratosquilla oratoria* had the highest catch, being 46.66% of all species' catches, while the catches of *Cryptocentrus hexanema* and *Platycephalus indicus* that are the predators of *F. chinensis* were 1.28%. The evaluation grade to biomass of phytoplankton was V; (2) The trawl surveys showed that the recapture rate of *F. chinensis* was 0.10%, while the recapture rate of *F. chinensis* from production investigation of fisherman was 1.20%, a little lower than the results of most surveys in Bohai Sea. (3) The *F. chinensis* had fast growth rate, the male and female *F. chinensis* had different growth pattern during their growth period, the maximal  $dW_1/dt$  of female *F. chinensis* was 0.88, and male was 0.47 g. The growth rate of male was faster than that of the female at early growth period. In late growth period, the growth rate of male and female *F. chinensis* ran counter to that of male and female *F. chinensis* in the early growth period. The body length of female *F. chinensis* was larger than that of male *F. chinensis* in catchable time. The body length asymptotic values of female and male *F. chinensis* were  $L_\infty = 200.83$  mm and  $L_\infty = 172.64$  mm respectively, while the weight asymptotic values of female and male *F. chinensis* were  $W_\infty = 104.05$  g and  $W_\infty = 38.81$  g respectively. The average weights of male and female *F. chinensis* in catchable time were 34.20 and 43.25 g respectively, reached the optimum catchable size. According to the species composition of fishery resources and the evaluation grade to biomass of phytoplankton in the Aoshan Bay, the growth characteristics and stock biomass of the released *F. chinensis*, we think that the Aoshan Bay is the suitable growth area for releasing *F. chinensis*.

**Key words:** *Fenneropenaeus chinensis*; enhancement and releasing; stock biomass; growth characteristics; Aoshan Bay

**Corresponding author:** WANG Jun. E-mail: wangjun@ysfri.ac.cn