

胶州湾移植底播菲律宾蛤仔的生长和死亡特性

任一平,徐宾铎,郭永禄,杨 鸣

(中国海洋大学 水产学院,山东 青岛 266003)

摘要:2004年5月至2005年4月对胶州湾菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)底播增殖区进行了逐月定点采样,将样品带回放于实验室内水族箱暂养,每站随机取样,共对3269个个体进行了基本生物学特性测定,研究了移植底播菲律宾蛤仔的生长、死亡等渔业生物学特性。结果表明,底播增殖菲律宾蛤仔苗种的平均个体质量0.26 g、平均壳长11.1 mm;底播蛤仔与野生蛤仔在生长规律上基本一致,春末至秋初(4~9月)是其主要生长期;1~3龄期间个体生长速度较快,1~2龄、2~3龄,个体质量分别增长3.88 g和4.02 g;1~2龄生物量增长最快,2~3龄由于死亡率增大,其生物量增长缓慢;1~3龄蛤仔软体部的生长速度快于贝壳,5~6月是菲律宾蛤仔的繁殖肥育期。根据个体生长特性,3龄为最佳采捕年龄,根据目前的养殖状况,2龄蛤仔已达到商品规格,从生物量上分析,采捕2龄蛤仔收益最高;6月是最佳的捕获时期。蛤仔生长具有明显的季节变化,水温是影响菲律宾蛤仔生长的主要环境因子。[中国水产科学,2006,13(4):642-649]

关键词:菲律宾蛤仔;移植底播;生长和死亡;胶州湾

中图分类号:S968.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8737-(2006)04-0642-08

菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*),属于软体动物门(Mollusca)、双壳纲(Bivalvia)、帘形目(Veneroida)、帘蛤科(Veneridae)、蛤仔属(*Ruditapes*)^[1-3],是中国主要的海产经济贝类之一,曾在胶州湾水域分布甚广,由于自然种群资源严重衰退,近年来以底播增殖为主。以2003年为例,胶州湾菲律宾蛤仔增殖面积1万余hm²,增殖产量32万t,占胶州湾海水养殖总产量的45%以上,占贝类养殖总产量的60%以上^[1],可见菲律宾蛤仔的底播增殖在胶州湾海水养殖中的重要地位。对于胶州湾菲律宾蛤仔的调查研究,主要集中在胶州湾自然种群的生物量与资源评估研究^[4-7];而对增殖菲律宾蛤仔的研究多集中于增殖技术^[2-3,8]和生理生态学方面,如呼吸与排泄^[9-11]、摄食生理生态^[12-13]和能量代谢^[14-15]等。自2000年以来,胶州湾底播增殖菲律宾蛤仔苗种主要来自福建,但这些移植苗种的生长、死亡等渔业生物学特征至今未见有关报道。本研究根据2004年5月至2005年4月对胶州湾移植底播菲律宾蛤仔的周年定点取样调查,研究了其生长、死亡等渔业生物学特性,以期为

胶州湾菲律宾蛤仔增殖业的可持续发展提供一定的技术支持和决策依据。

1 材料与方法

1.1 取样

2004年5月至2005年4月,租用鲁城渔2065渔船,对胶州湾菲律宾蛤仔的主要底播增殖区进行了逐月定点采样,采样地点位于36°08'30"N-36°09'40"N,120°14'30"E-120°19'30"E的区域内,采样区苗种来自福建莆田,采样区水深为4~7 m,周年水温2.1~25.6℃,盐度26.0~34.3,底质为砂泥底。根据放养时间和位置不同共设7个站位区(图1),站1、站2、站4为1龄蛤区域;站3、站5、站6为2龄蛤区域;站7为3龄蛤区域(3龄蛤养殖面积很少,仅取1个点)。至10月采捕盛期结束后,2、3龄蛤仔区域均已有过采捕,仅零星采捕样品。取样工具为宽41 cm的蛤筛,每次拖距1 m,拖底深度为7 cm左右,每站位区域多次取样,取其平均值。同时对采样区域的水温、盐度及溶解氧等环境因子进行了周年观测。

收稿日期:2005-07-29;修订日期:2006-01-16。

基金项目:中国海洋大学引进人才科研启动基金项目(813759)。

作者简介:任一平(1964-),男,硕士,副教授,从事渔业资源方面的研究。E-mail:rmyp@ouc.edu.cn

1) 青岛市渔业统计年鉴(2004年)。

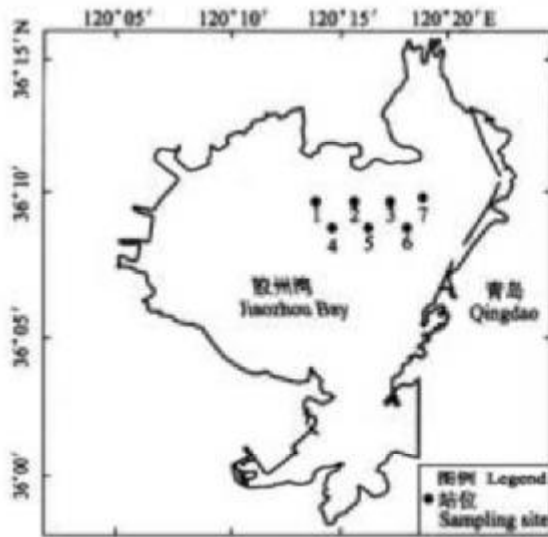


图1 胶州湾菲律宾蛤仔采样站位示意图

Fig.1 Sampling sites of manila clams *Ruditapes philippinarum* in Jiaozhou Bay

1.2 生物学测定

将样品带回放入实验室内水族箱暂养,每站随机取样,进行基本生物学特性测定,每月取样个数1龄蛤仔为62~124个,2龄为55~120个,3龄为107~120个,共计3269个。用游标卡尺测量壳长、壳高和壳宽,精确到0.1 mm。用电子天平测定个体质量、软体质量,精确到0.01 g。对每一站位计算个体数量并称总质量,精确到0.1 g。

1.3 数据分析

(1) 蛤仔的增长率、死亡率,按下列公式计算^[16]:

$$\text{壳长月增长率 } R_L = \frac{L_t - L_{(t-1)}}{L_{(t-1)}} \times 100\%$$

$$\text{体质量月增长率 } R_W = \frac{W_t - W_{(t-1)}}{W_{(t-1)}} \times 100\%$$

$$\text{软体质量月增长率 } R_{FW} = \frac{W_{Ft} - W_{F(t-1)}}{W_{F(t-1)}} \times 100\%$$

$$\text{月死亡率 } R_D = \frac{D_{t-1} - D_t}{D_{(t-1)}} \times 100\%$$

其中 L 为蛤仔月平均壳长, W 为月平均个体质量, W_F 为月平均软体质量, D 为月平均密度, t 为月。

(2) 蛤仔生物量及密度估算按下列公式计算:

$$D = \frac{N_S}{A \times p}$$

$$B = \frac{W_S}{A \times p}$$

式中,取样个数 N_S 和取样重量 W_S 为每站带回实验室的蛤仔个数和重量,采样面积 A 为每站蛤仔取样的面积(0.41 m²),取样比例 p 为每站带回实验室的蛤仔占所获蛤仔的比例。各月各龄资源密度 D 和生物量 B 为同龄各站位平均值。种群年死亡率和生物量年增长率以放苗1周年为基准,取5月调查的各龄密度和生物量数据进行估算。

(3) 肥满度和出肉率的计算

对2龄成蛤进行肥满度及出肉率的测定,通常采用肥满度指数来表示^[17-20],其计算方法为:

$$CI = (DW_F / DW_S) \times 100\%$$

其中 CI 为肥满度指数,软体部干重 DW_F 为蛤仔软体部煮熟干制后的质量,贝壳干重 DW_S 为贝壳干制处理后的质量。

考虑到蛤仔生产现状并便于生产参考,本研究其干出肉率计算公式如下:

$$R_{NF} = (DW_F / W) \times 100\%^{[5]}$$

其中 R_{NF} 为干出肉率, DW_F 为软体部干重, W 为蛤仔个体质量。

2 结果

2.1 蛤仔的个体生长

假设不同年份放养的蛤仔生长特性相似,所以将各龄蛤仔放在一起分析,以便反映整个养殖周期的生长情况(图2和图3)。

胶州湾菲律宾蛤仔5月底播投苗,苗种平均个体质量0.26 g、平均壳长11.1 mm。1龄幼蛤(上一年10~11月繁殖,5月放苗时为6~7个月)生长较快;壳长、个体质量和软体质量保持同步增长,5~9月是生长最快的时期,个体质量月平均增长0.32 g,月平均增长率达123%,壳长4个月增长率达到83.8%;进入10月,尤其是到了11月至翌年1月后蛤仔增长甚微,几乎停止生长,3月后蛤仔又进入快速生长期(图2)。

1龄蛤月增长率的周年变化中,个体质量比同期壳长增长快。10月以前(8月除外)壳长、个体质量和软体质量保持了较高的增长率,10月至翌年1月增长甚微,此后增长率又有所回升。在8月蛤仔出现了生长相对较缓的现象(图3)。

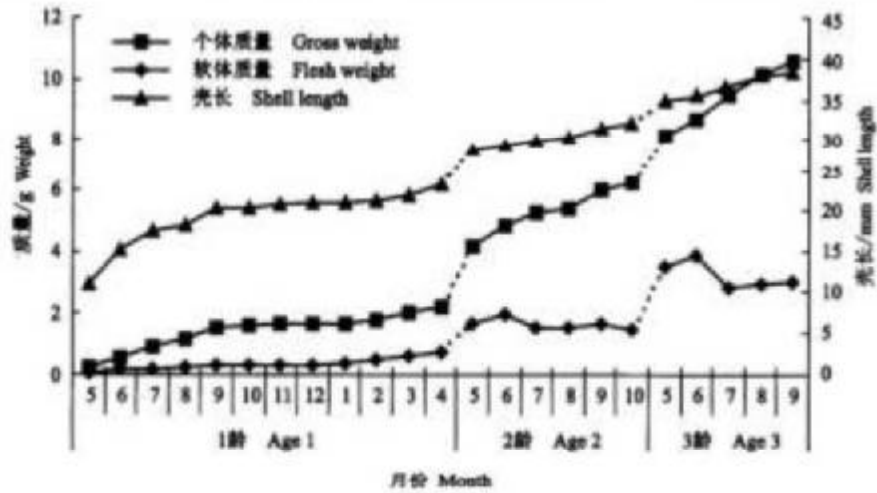


图2 胶州湾各龄菲律宾蛤仔养殖周期各月生长

Fig.2 Monthly growth of the manila clam at each age in Jiaozhou Bay

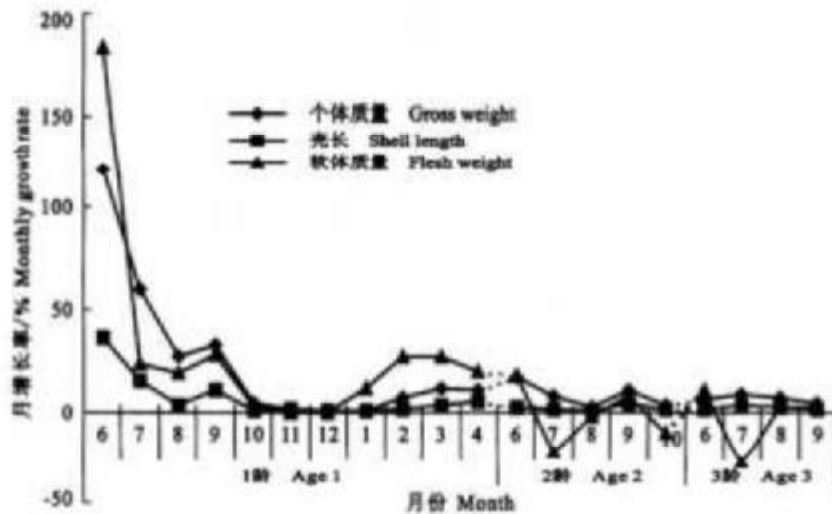


图3 胶州湾各龄蛤仔壳长、体质量和软体质量的养殖周期各月增长率

Fig.3 Monthly growth rates of shell length, gross weight and flesh weight of manila clam at each age in Jiaozhou Bay

2龄蛤仔在11月至翌年4月数据显示其生长变化不规则,这与2龄蛤仔采样区在10月后已经被大量捕获,仅能在其邻近地区零星采样样品有关。此外3龄蛤在5月进入捕获期后,9月已被捕获殆尽,没有10月至翌年4月份数据资料。因此,仅对2龄蛤仔5~10月,3龄蛤仔5~9月的生长情况进行分析(图2和图3)。

从图2和图3可以看出,2、3龄蛤仔与1龄蛤仔类似,蛤仔个体质量和壳长在5~9月保持了较快

的生长,月平均个体质量分别增长了0.50 g和0.48 g,月平均增长率2龄为12%,3龄为6%;2龄和3龄蛤仔壳长4个月增长率分别为12.0%和9.7%。个体质量与壳长生长趋势一致,个体质量较同期壳长生长迅速。2龄蛤仔在8月也出现了与1龄蛤类似的生长放缓现象,而在3龄蛤中没有出现。软体质量在6月达到最高值后开始下降,增长率为负值,主要原因是性腺发育,其繁殖盛期在5~6月,6月过后蛤仔软体质量迅速下降。

2.2 年龄与生长的关系

菲律宾蛤仔属终生生长型贝类^[16,21]。对5月1~3龄进行各年龄壳长和个体质量分析,1~2龄个体质量增长了近15倍,壳长增长156%,2~3龄个体质量增长了97%,壳长增长了22.9%;从绝对增长量

来看,2龄和3龄的个体质量增长量分别为3.88g和4.02g,壳长增长分别为17.3mm和6.5mm,说明其生长情况良好,1~3龄生长速度与年龄负相关,随着年龄的增长生长放缓,1~3龄的菲律宾蛤仔正处于快速生长阶段(表1)。

表1 菲律宾蛤仔各年龄壳长和个体质量
Tab.1 Shell length and body weight of *Ruditapes philippinarum* at each age

年龄 Age	样本数量 n	壳长/mm Shell length $\bar{X} \pm SD$	壳长增长 长度/mm Increment of shell length	壳长增长率/% Growth rate of shell length	个体质量/g Gross weight $\bar{X} \pm SD$	个体质量 增长量/g Increment of gross weight	个体质量 增长率/% Growth rate of gross weight
1	62	11.1 ± 1.97	11.1	/	0.26 ± 0.13	0.26	/
2	55	28.4 ± 3.14	17.3	156	4.14 ± 1.25	3.88	1492
3	107	34.9 ± 3.62	6.5	22.9	8.16 ± 2.27	4.02	97

2.3 蛤仔生物量变化及死亡率估算

图4和图5为各龄菲律宾蛤仔的密度和生物量的月变化(因10月取样区2龄蛤仔已被捕捞,3龄蛤5月后开始捕捞,生物量和密度无法计算)。以放苗1周年为1个生长周年,由各龄5月资源密度可知,菲律宾蛤仔随着年龄的增大,自然死亡率增大,密度减小,1~2龄自然死亡率为35%,2~3龄的自然死亡率为47%。从生物量上看,生物量随个体的增长不断增大,1~2龄和2~3龄增长量分别为5922g/m²,309g/m²,增长率分别为938%和4.7%,表明菲律宾蛤仔1~2龄生物量增长率最大,达9倍多;2~3龄期间,由于资源密度下降,使得生物量增

长缓慢。根据目前的养殖状况,2龄蛤仔已达到商品规格,采收2龄蛤仔产品的经济收益最高。

1龄蛤5月放苗后生长迅速,生物量大幅度提高,5~6月自然死亡率仅为13.2%,表明福建首种能够很快适应胶州湾水域环境;5~8月蛤仔死亡率相对较高,9月后随着水温下降死亡率维持在2%左右的较低水平(图6)。9月前生物量月增长率较高,10月后呈增长停滞的状况,甚至负增长(12月),在翌年3月后,蛤仔生物量又开始进入快速增长期(图7)。2龄蛤生物量变化范围不大,死亡率升高导致资源密度下降和个体生长相对缓慢是其主要原因之一。从生物量分析,6月是最佳的捕获期。

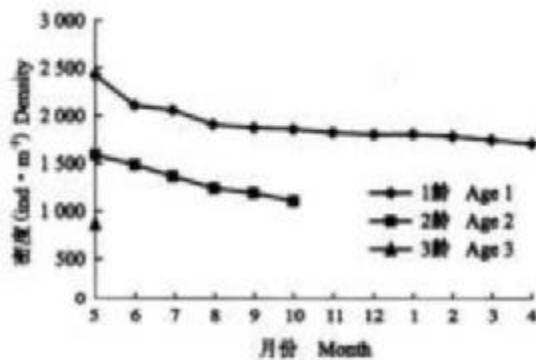


图4 胶州湾各龄蛤仔周年密度变化

Fig.4 Monthly variation of the density at different ages in Jiaozhou Bay

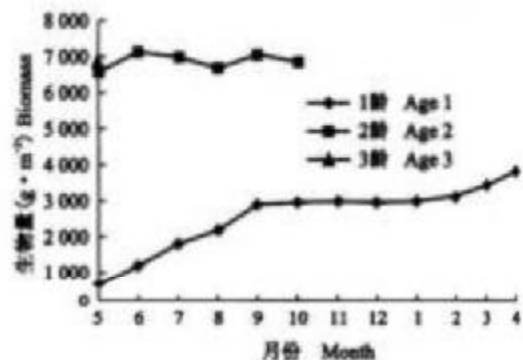


图5 胶州湾各龄蛤仔周年生物量变化

Fig.5 Monthly variation of the biomass at different ages in Jiaozhou Bay

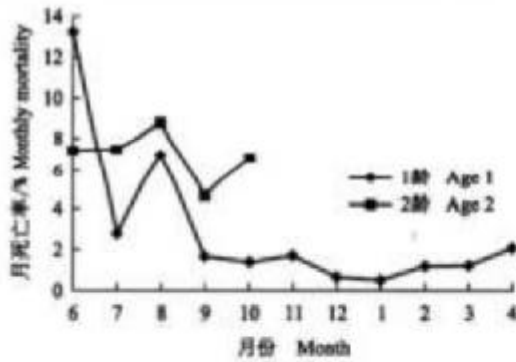


图6 蛤仔月死亡率

Fig.6 Monthly mortality of Manila clam

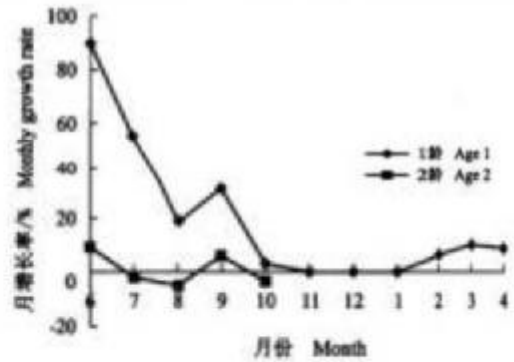


图7 蛤仔生物量月增长率

Fig.7 Monthly growth rate of biomass of Manila clam

2.4 蛤仔的肥满度

1~3龄蛤仔软体质量比例月变化趋势基本一致,仅2、3龄蛤仔软体质量比例成极显著正相关($r = 0.998, P < 0.01$)。在大多数月软体质量比例与年龄成正相关,仅在2~4月1龄蛤软体质量比例超过2龄蛤(图8),表明在1~3龄随着蛤仔的生长软体的生长速度要大于贝壳的生长速度。造成2~4月1龄蛤仔软体质量比例超过2龄蛤的原因可能主要与1龄蛤较早进入快速生长期,而2龄蛤尚未进

入繁殖肥育期(5~6月)有关。

2龄蛤仔的不同月的软体质量比例、干出肉率和肥满度两两之间成极显著正相关($P < 0.01$),月变化趋势基本一致。5~9月相关指数均较高,其中6月蛤仔质量最高,这主要与5月开始进入繁殖期有关,6月繁殖期过后肥满度逐渐下降,9月的仅为6月的51%,10月至翌年2月蛤仔各指数较低,其中12月至翌年1月最低,肥满度仅为6月的1/3左右(图9)。

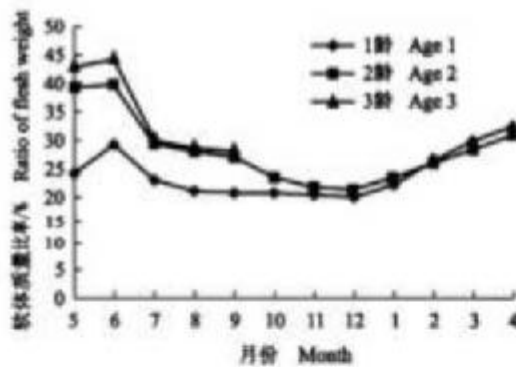


图8 1~3龄蛤仔软体质量比例月变化

Fig.8 Monthly changes in ratio of flesh weight of Manila clam at each age

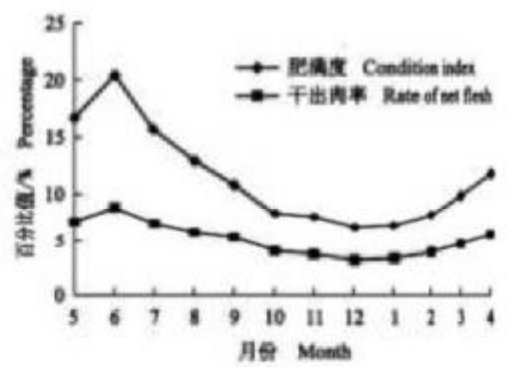


图9 2龄蛤仔周年肥满度和干出肉率月变化

Fig.9 Monthly changes in condition index, rate of net flesh of 2-year-old Manila clam

2.5 环境因子对蛤仔的影响

图10为调查采样区域环境因子周年变化情况,盐度和溶解氧成极显著正相关($r = 0.792, P < 0.01$),变化趋势一致;二者与水温成极显著负相关(水温和盐度 $r = -0.817, P < 0.01$;水温和溶解氧 $r = -0.950, P < 0.01$),变化趋势相反。胶州湾1龄蛤仔的生长受水温影响比较明显,蛤仔生长体

现出明显的季节性。5、6月随着水温回升,蛤仔生长较快,开始进入繁育期,肥满度较高。7~9月是胶州湾1年中温度最高的时期,尤其8月受高温影响,且进入繁育后期,肥满度开始不断下降,生长变慢,死亡率也比较高。水温不仅对蛤仔死亡产生直接影响,而且还会增加其他化学物质的毒性,促使微生物的繁殖,加剧蛤仔的死亡^[22],蛤仔8月死亡率

升高,水温是主要影响因子。9月蛤仔生长略有回升,此后随着温度下降,蛤仔生长率降至最低,生长近乎停滞,群体死亡率也保持在较低水平。翌年2月后,水温缓慢回升,蛤仔也再次进入较快生长期。

盐度和溶解氧变化与1龄蛤仔的生长趋势关系不明显,蛤仔生长适宜盐度为23~35.5^[22],适宜溶解氧含量高于4 mg/L^[8],而调查区均在蛤仔适宜生长范围之内。在自然海域如无异常情况,盐度和溶解氧含量不是影响蛤仔生长的主要原因。

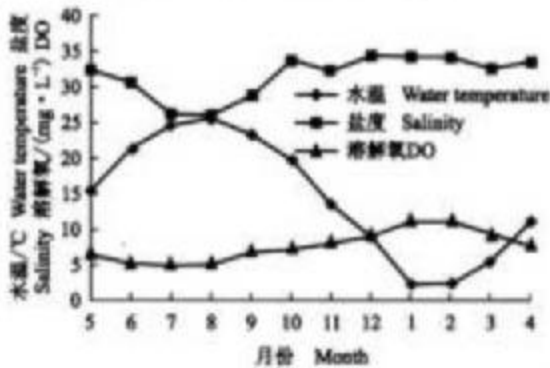


图10 采样区水温、盐度和溶解氧周年变化

Fig.10 Monthly variations in water temperature, salinity and DO in the sampling area

3 讨论

从底播增殖菲律宾蛤仔的周年生长状况来看,其个体生长与胶州湾野生蛤仔的周年生长规律基本一致^[5]。5~9月,刚放苗幼蛤及2、3龄蛤仔均生长迅速,10月后随水温下降蛤仔进入缓慢生长期,在11月至翌年1月期间甚至停止生长,3月以后随水温回升,蛤仔又开始快速生长。因此,春末至秋初(4~9月)是其主要生长期,这与野生蛤仔的主要生长期在5~10月^[5]基本一致。底播蛤仔1~3龄生长速度与年龄成负相关,随着年龄的增大而生长放缓,与野生蛤仔一致^[5]。1~2龄蛤仔在8月出现生长相对放缓的现象,而据1989~1990年的资料^[5],1989年野生幼蛤在1990年8月也出现了类似状况,原因应与水温有关,8月水温超过25℃,而且养殖区水深较浅,只有5m左右,持续高温造成蛤仔生长进入相对缓慢状态。

1~3龄野生蛤仔的壳长分别为21.6 mm、33.7 mm和43.8 mm^[5],底播增殖蛤仔(蛤仔10~11月

繁殖,取10月壳长数据)分别为20.3 mm、31.9 mm、38.4 mm(9月数据),表明野生蛤仔生长较快,年龄越大差距越明显。据吴耀泉调查^[5],1989年4月和9月不足1龄蛤仔密度分别为1580个/m²,而成蛤密度不足50个/m²,所以这应与底播密度(2500个/m²)远高于自然种群密度有关,福建蛤仔在胶州湾水域的适应能力也可能是造成生长差异的原因之一。

一般胶州湾野生蛤仔繁殖期1年2次(5~6月和9~10月)^[2],福建种群繁殖期一般在9~11月^[2],而对胶州湾底播增殖蛤仔周年性腺显微镜观察和软体质量变化发现,底播蛤仔的繁殖期应在5~6月,期间蛤仔性腺发育达到成熟状态,6月繁殖后蛤仔软体部变得消瘦,软体质量比例呈逐渐下降趋势;肥满度指数与1990年胶州湾自然种群同期数据相比^[5],未出现5月和9月2个峰值期,而其峰值仅出现在6月,这可能与不同年度的生态环境与饵料的变化有关,也可能是由于福建种群和本地种群的地理差异所致,是福建种群对胶州湾生态环境的适应性响应。

据当地养殖户反映,近5年来福建苗种在胶州湾生长良好,但未见蛤仔繁殖幼苗,究其原因可能与胶州湾底质遭受破坏有关,蛤仔在匍匐幼虫期后有一个附着变态的过程,这需要有合适的附着基为其提供附着载体。但20世纪90年代以来对蛤仔进行的毁灭性采捕,尤其是目前的轮采制,完全改变了整个蛤仔养殖区的底质环境。天然附着基遭到了严重破坏,蛤仔繁殖后匍匐幼虫找不到附着基附着,只能随海水漂流直至死亡。随着野生种的逐渐消失,移植种群能否在胶州湾繁殖,以及如何采用人工措施使之繁殖发育,以便能够提供大量的补充群体,达到真正的资源增殖,还需要进一步的综合调查研究。

目前在胶州湾海区,水温应是影响菲律宾蛤仔生长的主要环境因子,蛤仔生长体现出明显的季节性。盐度和溶解氧、底质中硫化物含量^[22]以及重金属离子含量^[8]等因子也是影响蛤仔的重要因素,尤其是个别环境因子的突然大幅变化将会导致蛤仔极不适应而停止生长乃至死亡^[8]。但在自然海域,单个环境因子尚不能完全决定蛤仔的生长发育,而是多种因素共同作用的结果。

参考文献:

- [1] 庄启谦. 中国动物志 软体动物门 双壳纲 帘蛤科[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [2] 王加才, 王昭祥. 海水贝类养殖学[M]. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1993.
- [3] 谢志明. 海水经济贝类养殖技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [4] 吴耀泉, 潘辉明. 胶州湾菲律宾蛤仔资源及捕捞前景[J]. 中国水产, 1992(3): 34-35.
- [5] 吴耀泉, 吕锡耀, 孙道元, 等. 菲律宾蛤仔生物学与资源[A]. 刘瑞玉. 胶州湾生态学和生物资源[M]. 北京: 科学出版社, 1992. 339-351.
- [6] 吴耀泉. 胶州湾菲律宾蛤仔繁殖与资源补充量关系的研究[J]. 海洋科学集刊, 1998, 40: 193-197.
- [7] 韩庆喜, 高雯芳, 李宝泉, 等. 胶州湾菲律宾蛤仔生物量与资源评估[J]. 动物学杂志, 2004, 39(5): 60-62.
- [8] 吴耀泉, 吕锡耀. 菲律宾蛤仔的养殖现状和技术[J]. 齐鲁渔业, 1993(2): 19-20.
- [9] 王芳, 董双林, 李德尚. 菲律宾蛤仔和栉孔扇贝的呼吸与排泄的研究[J]. 水产学报, 1997, 21(3): 252-257.
- [10] 王芳, 董双林, 王博, 等. 菲律宾蛤仔呼吸和排泄规律的研究[J]. 海洋科学, 1998(2): 1-3.
- [11] 姜祖辉, 王俊, 唐启升. 菲律宾蛤仔生理生态学 I. 温度、体重及摄食状态对耗氧率及排泄率的影响[J]. 海洋水产研究, 1999, 20(1): 40-44.
- [12] 王俊, 姜祖辉, 张波, 等. 菲律宾蛤仔生理生态学 II. 温度、饵料对同化率的影响[J]. 海洋水产研究, 1999, 20(2): 42-47.
- [13] 董波, 薛秋娟, 李军. 温度对菲律宾蛤仔摄食率、排泄率和吸收率的影响[J]. 海洋水产研究, 2000, 21(1): 37-41.
- [14] 董波, 李军, 王海燕, 等. 不同温度与饵料浓度下菲律宾蛤仔的能量收支[J]. 中国水产科学, 2003, 10(5): 398-403.
- [15] 张继红, 方建光, 金显仕, 等. 低温对菲律宾蛤仔能量收支的影响[J]. 水产学报, 2002, 26(5): 423-427.
- [16] 齐秋贞, 杨明月. 菲律宾蛤仔的生长发育[J]. 水产学报, 1988, 12(1): 1-11.
- [17] 张福绥, 马江虎, 何义朝, 等. 胶州湾海湾扇贝总产量的研究[J]. 海洋与湖沼, 1991, 22(2): 97-103.
- [18] Baird R H. Measurement of condition in mussels and oysters[J]. Journal du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer, 1958, 23: 249-257.
- [19] Cooper R A, Marshall N. Condition of the bay scallop *Argopecten irradians* in relation to age and the environment[J]. Chesapeake Science, 1963, 4(3): 126-134.
- [20] Maclean J. Mussel culture: Methods and prospects[J]. Austr Fish, 1972, 20: 1-3.
- [21] 田村正. 浅海增殖学[M]. 东京: 恒星社厚生集, 1973.
- [22] 马绍善, 陈耀法, 陈姗姗, 等. 菲律宾蛤仔死亡环境条件效应模拟试验[J]. 海洋水产研究, 1997, 18(2): 9-12.
- [23] 王军, 王志松, 董颖, 等. 盐度对菲律宾蛤仔浮游幼体存活和生长的影响[J]. 水产科学, 2003, 22(2): 12-14.

Growth and mortality of the transplant enhanced manila clam *Ruditapes philippinarum* in the Jiaozhou Bay

REN Yi-ping, XU Bin-duo, GUO Yong-lu, YANG Ming
(College of Fisheries, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Abstract: Manila clam *Ruditapes philippinarum* is one of the important marine mollusks in China. It ever distributed extensively in the Jiaozhou Bay. Due to overexploitation and environmental changes, local wild manila clam stocks declined badly. Presently the farmed and enhanced clams played an important role in the Jiaozhou Bay. For example, the enhanced area covered more than 10 000 hectare in the Jiaozhou Bay, and yield exceeded 320 000 tons, which accounting for above 45% of the total farmed output in the Jiaozhou Bay in 2003. The enhanced clam seedings were mainly from Fujian Province after 2000 in the Jiaozhou Bay, however, the fishery biology including growth and mortality of the transplant enhanced clams were not still examined yet. In this paper the growth and mortality of the enhanced manila clams were studied in order to provide some support for the sustainable development of the aquaculture and enhancement of the clams in the Jiaozhou Bay. Samples were collected monthly at 7 fixed sites in the Jiaozhou Bay from May 2004 to April 2005, and the samples were brought to laboratory breeding temporarily in the aquarium. The clams were sampled stochastically at each sampling site in each month, and the biological characteristics in-

cluding weight, shell length, and flesh weight of 3 269 in total clams were measured, and then the growth and mortality of enhanced manila clam were examined. The results showed that the manila clam seedlings mainly from Fujian province had an average body weight of 0.26 g, and average shell length of 11.1 mm. The enhanced clam had a similar growth trend with the local wild clams. The clams at different ages grew fast during May to September, and grew slower after October and even ceased growth between November and next January with the decreasing temperature. So the main growth periods lasted from April to September, which was same as that of the wild clams. As to the monthly growth rate, the gross weight was faster than that of shell length. The shell length, gross weight and flesh weight kept at relatively higher growth rates before October except for August, and the growth rates were low from October to next January and increased thereafter. A relative low growth rate occurred in August for clams of age 1 and age 2, which was probably due to the high temperature. The clams grew fast between age 1 and age 3, and the individual mean gross weight increments were 3.88 g and 4.02 g for age 1 and age 2, respectively. The biomass of age 1 had the fastest growth rate; the biomass increase was getting slower due to the increased mortality for age 2. The flesh grew faster than the shell between age 1 and age 3, and the main breeding period for the manila clam was from May to June. Based on the individual growth, the best harvest age was 3; according to the analysis of the highest biomass output, the best capture age was 2. The best harvesting period was June. The water temperature was the main environmental factor that affected the farmed clam growth in the Jiaozhou Bay, and there was an evident seasonal change in the growth. [Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(4): 642 - 649]

Key words: *Ruditapes philippinarum*; transplant enhancement; growth and mortality; Jiaozhou Bay

(接 678 页 Page 678 continued)

1.12:1 in all samples, the female bigeye tuna accounts for 52.08% (52.59%) in the fork length from 100 to 120 cm (120 cm to 140 cm), the female bigeye tuna accounts for 35.14% in the fork length over 1.40 m. (5) The dominant fork length is from 110 to 140 cm, with a mean value of 129 cm. The catch's fork length is a little smaller than the other scientists' investigation result. It might be caused by the different sampling areas, time, depth or the resource depleted. (6) The relationship between fork length and gilled and gutted weight of mixed, male and female bigeye tuna shows: $GWT = 2.0615 \times 10^{-5} FL^{2.9487}$, $GWT_M = 2.1405 \times 10^{-5} FL_M^{2.9413}$ and $GWT_F = 1.9566 \times 10^{-5} FL_F^{2.9592}$ respectively. If the FL is smaller than 151 cm, the female bigeye tuna's GWT is a little lighter than the male's, and vice versa. It might be caused by the longer fork length female accumulating the more nutrition and energy. The port sample GWT also can be converted to the FL by the formula of mixed bigeye tuna's relationship between fork length and gilled and gutted weight. [Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(4): 674 - 678, 649]

Key words: *Thunnus obesus*; biological characteristics; longlining; the Maldives waters