

菲律宾蛤仔莆田群体与大连群体生物学比较

闫喜武^{1,2}, 张国范¹, 杨凤², 梁峻¹

(1. 中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 大连水产学院辽宁省省级高校水生生物重点实验室, 辽宁 大连 116023)

摘要: 对菲律宾蛤仔莆田和大连群体形态及生物学进行了比较。菲律宾蛤仔大连群体和莆田群体的生物学零度(BZP)分别为 6.77 和 10.99; 有效积温(EAT)分别为 315.21 和 172.79。通过人工促熟, 大连群体繁殖期比自然海区提早 1 个月, 莆田群体比自然海区提早 5 个月。莆田的蛤仔第 1 次最高产卵量可达 104 万粒, 大连的蛤仔最高产卵量可达 65 万粒, 大连的蛤仔卵径(66.13 ± 2.40) μm ($n=40$), 莆田的蛤仔卵径(71.88 ± 3.14) μm ($n=40$), 二者差异显著($p < 0.01$)。大连的蛤仔 D 形幼虫大小平均 $96.13 (\pm 5.83) \mu\text{m} \times 76.75 (\pm 4.46) \mu\text{m}$ ($n=40$); 莆田的蛤仔 D 形幼虫大小平均 $107.63 (\pm 5.55) \mu\text{m} \times 82.88 (\pm 4.22) \mu\text{m}$, 二者差异显著($p < 0.01$)。莆田的蛤仔幼虫整个浮游期平均日增长 $9.63 \mu\text{m} \times 9.79 \mu\text{m}$, 大连的蛤仔幼虫整个浮游期平均日增长 $12.20 \mu\text{m} \times 12.47 \mu\text{m}$, 后者快于前者($p < 0.01$)。大连的蛤仔在水温 25 以上条件下, 浮游期为 10d 左右, 附着大小为 $179.9 \mu\text{m} \times 174.4 \mu\text{m}$, 附着至变态需 8~9d, 变态大小 $230.0 \mu\text{m} \times 220.0 \mu\text{m}$, 相同条件下, 莆田的蛤仔浮游期仅 5~6d, 附着至变态只需 4~5d, 附着大小为 $174.9 \mu\text{m} \times 171.4 \mu\text{m}$, 变态大小仅为 $196.7 \mu\text{m} \times 190.8 \mu\text{m}$ 。

关键词: 菲律宾蛤仔; 群体; 生物学零度; 有效积温; 生长发育

文章编号: 1000-0933(2005)12-3329-06 中图分类号: Q959 文献标识码: A

Biological comparisons between putian population and dalian population of Manila clams *Ruditapes philippinarum*

YAN Xi-Wu^{1,2}, ZHANG Guo-Fan¹, YANG Feng², LIANG Jun¹ (1. Institute of Oceanography of Chinese Academy of Science, Qingdao, Shandong 266071, China; 2. Key Lab of Hydrobiology in Liaoning Province' University of Dalian Fisheries University, Liaoning Dalian 116023 Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(12): 3329~ 3334

Abstract This study compared the morphology and biology of Manila Clam *Ruditapes philippinarum* between Putian (Fujian Province) and Dalian populations (Liaoning Province). The biological zeros point of gonadal development for the Dalian population was found to be 6.77 and that for the Putian population was 10.99. The mean effective accumulative temperature for the Dalian population in different experiments was 315.21 day and that for the Putian population was 172.79 day. With indoor artificial conditioning, the first spawning of Dalian and Putian clams occurred one and five months earlier than in natural waters, respectively. The fecundities of Dalian and Putian clams were 6.5×10^5 and 1.04×10^6 eggs per clam, respectively. The eggs produced by Dalian clam were smaller than those by Putian clam (66.1 ± 2.4) μm vs. (71.9 ± 3.1) μm ; $p < 0.01$). D-larvae from the Dalian population were also smaller than those from Putian population (shell length \times width = $(96.1 \pm 5.8) \times (76.8 \pm 4.5)$ vs. $(107.6 \pm 5.6) \mu\text{m} \times (82.9 \pm 4.2) \mu\text{m}$; $p < 0.01$). However, larvae of the Dalian population grew faster than those of the Putian population ($12.20 \mu\text{m} \times 12.47 \mu\text{m}$ vs. $9.63 \mu\text{m} \times 9.79 \mu\text{m}$ per day; $p < 0.01$). At water temperatures of > 25 , the swimming stage of larvae from Dalian population lasted about 10 days, while the duration from setting to metamorphosis lasted 8~9 days; setting and metamorphosis sizes were $179.9 \mu\text{m} \times 174.4 \mu\text{m}$ and $230.0 \mu\text{m} \times 220.0 \mu\text{m}$, respectively. Under similar conditions, the swimming stage and duration from setting to metamorphosis of larvae from the Putian population lasted 5~6 and 4~5 days, respectively; setting and metamorphosis sizes were 174.9×171.4 and $196.7 \mu\text{m} \times 190.8 \mu\text{m}$, respectively.

基金项目: 辽宁省科技攻关资助项目(2003203001); 中国科学院知识创新工程资助项目(zkcx2-211)

收稿日期: 2005-09-25; 修订日期: 2005-10-31

作者简介: 闫喜武(1962~), 男, 内蒙突泉人, 博士, 主要从事贝类养殖与繁育及遗传育种研究 E-mail: Yanxiwu2002@163.com

Foundation item: Science and Technology of Liaoning Province (No. 2003203001), the Key Project of CAS (No. zkcx2-211)

Received date: 2005-09-25; Accepted date: 2005-10-31

Biography: YAN Xi-Wu, Ph. D., mainly engaged in shellfish culture and breeding E-mail: Yanxiwu2002@163.com

Key words *Ruditapes philippenarum*; population; biological zero point; effective accumulative temperature; growth; development

菲律宾蛤仔 *Ruditapes philippenarum* 属双壳纲帘蛤科, 缀锦亚科, 蛤仔属, 属于广温、广盐性品种, 我国宜养面积广大, 我国是世界菲律宾蛤仔养殖大国, 世界近 200 万 t 蛤仔产量主要来自我国大陆近海的养殖^[1]。随着人民生活水平的提高, 国内外市场均供不应求, 市场潜力巨大。由于不注重资源保护, 乱采滥捕, 其天然产量呈逐年下降趋势。目前苗种严重不足, 是制约我国北方地区蛤仔养殖业发展的“瓶颈”; 我国地域辽阔, 南北方自然条件存在巨大差异, 由于长期地理隔绝, 不同地理群体之间在形态、生物学及遗传特性上均可能存在差异。我国北方每年从南方购进的苗种数以千亿粒, 南方群体移到北方后, 对当地群体结构可能产生影响, 其本身也可能产生某些适应性变化。开展有关这方面的研究对于指导“南苗北养”, 保护种子资源和开展不同群体之间杂交育种无疑都具有重要指导意义。

Mattoccia 等^[2]用电泳分析法和多因子分析法研究了意大利菲律宾蛤仔 5 个天然群体和 4 个养殖群体形态学变化, 庄启谦^[3]对我国沿海 3 个菲律宾蛤仔群体形态学和南北方群体繁殖期进行了比较, 刘仁沿等^[4]对我国沿海 6 个菲律宾蛤仔群体形态性状与遗传变异的关系进行了研究。目前在双壳类中对性腺发育的生物学零度及有效积温已报道的种类有牡蛎^[5,6]、贻贝^[7]、海湾扇贝^[8,9]、西施舌^[10], 所采用的研究方法也较多。毕庶万等^[11]分别用二点法、最小二乘法、积温仪计数法, 周纬^[8]、刘德经等^[10]通过室内调温, 根据 $K = H(T - t)$ 有效积温公式, 利用线性函数规律, 探讨了海湾扇贝、西施舌性腺发育的生物学零度和产卵的有效积温。但有关菲律宾蛤仔不同群体之间性腺发育的生物学零度、有效积温、卵径、D 形幼虫大小、幼虫、稚贝生长和壳色差异的研究国内外尚未见报道。

1 材料与方

1.1 性腺发育的生物学零度

实验所用菲律宾蛤仔为 2 龄个体, 分别从福建莆田、大连庄河取回。取自福建的亲贝平均壳长 × 壳高为 $(30.6 \pm 1.90)\text{mm} \times (21.9 \pm 1.2)\text{mm}$; 取自大连的亲贝平均壳长 × 壳高为 $(28.4 \pm 2.3)\text{mm} \times (20.7 \pm 1.1)\text{mm}$, 2004 年所取亲贝在大连瓦房店前哨育苗场促熟, 2005 年在大连庄河海洋村贝类育苗场促熟, 培育用水为沙滤控温海水。生物学零度的计算方法是, 记录两批亲贝从开始促熟到自然产卵的日平均水温, 根据积温公式 $K = H(T - t)$ 拟合 2 个试验的线性升温曲线 L1 和 L2 (图 1, 图 2), 其中 K 为积温, H 为产卵时间, T 为生境水温, t 为生物学零度。利用积温 K 值相同原理, 即 $S_1 = S_2$, 采用数理统计方法即可得出生物学零度。两批亲贝人工促熟过程中实施了相同的投饵、清污等管理措施。此外, 试验前期每 5d 取样 1 次, 后期每 3d 取样 1 次, 雌雄各 5 个, 性腺采用 Bouin's 液固定和常规石蜡切片^[12], 切片厚 $5\mu\text{m}$, H.E 染色, 在 Olympus 光学显微镜观察和照相, 根据组织学手段判断性腺开始发育的起始温度——生物学零度。

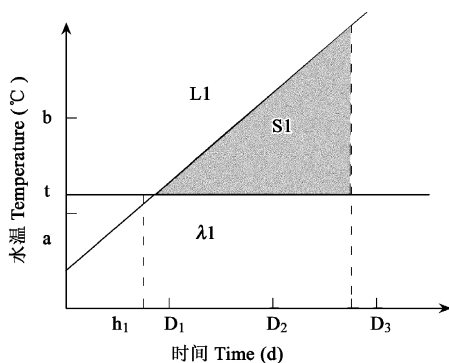


图 1 第 1 批试验的积温

Fig 1 EAT of conditioning experiment 1

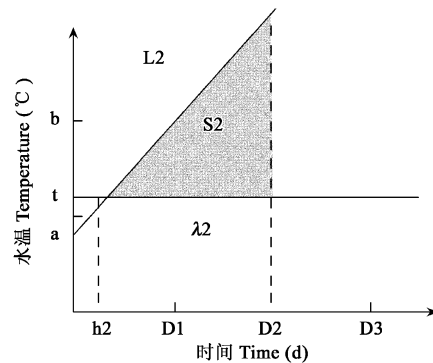


图 2 第 2 批试验的积温

Fig 2 EAT of conditioning experiment 2

1.2 产卵的有效积温

积温由公式 $K = H(T - t)$ ^[13] 求出。式中, T 、 t 含义同上, H 为 $T > t$ 的累积时间(d)。

1.3 生长、性比

实验于 2002 年 5 月~ 2004 年 10 月在大连海日水产食品有限公司育苗场进行。卵、幼虫和稚贝(壳长 < 300 μm) 在显微镜下用目微尺(100 \times) 测量, 壳长 > 300 μm , < 3.0mm 的稚贝测量在体视显微镜下用目微尺(20~ 40 \times) 进行, 壳长 > 3.0mm 的稚贝和成体测量用游标卡尺。每次测量设 2~ 6 个重复, 每个重复随机测量 20 个个体; 雌雄鉴别方法: 用电钻(钻头直径 0.6mm) 在性腺部位钻孔, 然后用微型注射器(青霉素皮试用) 抽取精或卵在显微镜下观察。

1.4 数据处理

统计分析采用 SPSS(11.5) 软件, 如无特殊说明, 显著性为 $p < 0.05$ 。

2 结果

2.1 形态学差别

大连群体和莆田群体 2 龄菲律宾蛤仔形态测量结果见表 1。由表可见, 大连群体壳长和壳高与壳厚的比值大于莆田群体, 但壳长与壳高比值差异不显著 ($p < 0.01, n = 100$), 即外观上看起来, 莆田群体较大连群体更厚一些。

表 1 两个菲律宾蛤仔群体形态比较

Table 1 Morphological comparison of two populations

项目 Item	大连群体 Dalian population	莆田群体 Putian population
壳长 \times 壳宽 \times 壳高 (mm ³) Shell length \times width \times height	(35.16 \pm 5.27) \times (23.59 \pm 3.46) \times (14.58 \pm 2.51)	(35.41 \pm 3.10) \times (23.79 \pm 2.32) \times (15.53 \pm 1.58)
壳长 壳高 壳宽 length width height	2.41 1.62 1	2.28 1.53 1
重量 (g/粒) Weight (g/ind)	7.14	6.94

2.2 壳色及壳面花纹

由表 2 可见, 斑马蛤和红色蛤在天然群体中所占比例两个群体相似, 其它壳色或壳面花纹蛤仔在天然群体中所占比例两个群体差异很大。不同群体菲律宾蛤仔壳色差异国内外尚无研究和报道。据笔者研究和观察, 莆田群体壳色比大连群体更为丰富, 壳面花纹更细腻清晰。另外, 莆田群体中有一种壳色非常鲜艳的“两道红”在大连群体中并不存在。该种壳色在天然群体中所占比例仅为 0.92%。

表 2 不同群体中几种壳色所占比例 (%)

Table 2 The proportions of clams with different shell colors in two populations (%)

群体 Population	斑马蛤 Zebra clams	白色蛤 White clams	红色蛤 Red clams	两道纵纹蛤 Clams with two longitudinal strops	三道纵纹蛤 Clams with three longitudinal strops
大连群体 Dalian population	0.20	16.20	0.40	4.50	17.00
莆田群体 Putian population	0.24	3.80	0.43	0.92	0.00

2.2 生物学差异

2.2.1 生物学零度和有效积温 莆田群体 2 批亲贝从促熟到产卵分别历时 45、39d, 大连群体 2 批亲贝从促熟到产卵分别历时 45、35d, 根据每日的平均水温拟合两个试验的升温曲线, 再根据积温公式 $K = H(T - t)$ 和产卵时有效积温值 K 为一定值, 即 2 批促熟试验中产卵时的有效积温相等的原理, 求得莆田群体性腺发育的生零度为 10.99, 大连群体性腺发育的生物学零度为 6.77。将生物学零度 (t) 及超过生物学零度 t 的天数 H (d) 和超过生物学零度 t 的日平均水温 T ($^{\circ}\text{C}$) (表 3, 表 4) 代入积温公式, 得出大连群体两次实验有效积温平均为 315.21 ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$), 莆田群体平均为 172.79 ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$)。

2.2.1 繁殖期 莆田群体每年有 1 个繁殖季节^[14]。据笔者观察, 大连群体 1 年有两个繁殖季节, 分别为 6~ 7 月份和 9 月份, 但 5 月底人工催产即可产卵。虽然莆田群体繁殖期为 9~ 11 月份^[14], 但 2003 年 4 月 4 日将莆田群体移到庄河室内, 种贝经 25d 促熟于 5 月 1 日、5 月 5 日分别第 1 次自然产卵, 5 月 18 日第 2 次产卵, 比莆田自然海区提早了 5 个月。

根据本试验性腺发育的组织学研究结果, 人工控温促熟条件下莆田群体性腺发育经过增殖、生长、成熟、排放和生殖后期五个阶段, 大连群体性腺在排放后并不象莆田群体那样进入生殖后期而是进入休止期。二者的区别在于, 处于休止期的性腺滤泡排空, 滤泡壁萎缩, 而处于生殖后期的性腺又分化出原生殖细胞, 属于边退化边增殖状态^[1]。

据笔者观察, 7 月份莆田群体 2 龄蛤仔性比 χ / 为 319/220, 约等于 3/2, 大连群体为 351/209, 也大约等于 3/2。不同壳色蛤仔的性比不同, 以莆田群体为例, 白色蛤仔 χ / 为 14/12, 约等于 1/1, 而两道红和斑马蛤 χ / 接近 3/1, 分别为 13/4 和 11/3。

莆田群体 2 龄蛤仔第 1 次最高产卵量可达 104 万粒, 大连群体 2 龄蛤仔最高产卵量可达 65 万粒, 二者相差很大。孵化率莆田群体为 73.4%, 大连群体为 73.6%, 大连群体卵径 $\Phi = (66.13 \pm 2.40) \mu\text{m}$ ($n = 40$), 莆田群体卵径 $\Phi = (71.88 \pm 3.14) \mu\text{m}$

($n=40$), 二者差异显著 ($p < 0.01$)。

表 3 两批试验中大连群体菲律宾蛤仔有效积温

Table 3 The effective accumulative temperatures of Manila clam from Dalian in two conditioning experiment

项目 Item	第 1 批促熟试验 Conditioning experiment 1	第 2 批促熟试验 Conditioning experiment 2
总促熟天数 The total conditioned duration (d)	45	35
超过生物学零度 t 的天数 H The days higher than BZP tH (d)	39	33
超过生物学零度 t 的日平均水温 T The average daily water temperature higher than BZP tT ()	15.07	15.77
有效积温 K EA $T K$ (.d)	323.54	306.88

表 4 两批试验中莆田群体菲律宾蛤仔有效积温

Table 4 the effective accumulative temperatures of Manila clam from Putian in two conditioning experiment

项目 Item	第 1 批促熟试验 Conditioning experiment 1	第 2 批促熟试验 Conditioning experiment 2
总促熟天数 The total conditioned duration (d)	45	39
超过生物学零度 t 的天数 H The days higher than BZP tH (d)	29	31
超过生物学零度 t 的日平均水温 T The average daily water temperature higher than BZP tT ()	17.54	16.01
有效积温 K EA $T K$ (.d)	189.95	155.62

2.2.2 D 形大小及幼虫生长 大连群体 D 形幼虫大小平均为 $96.13 (\pm 5.83) \mu\text{m} \times 76.75 (\pm 4.46) \mu\text{m}$ ($n=40$); 莆田群体 D 形幼虫大小平均为 $107.63 (\pm 5.55) \mu\text{m} \times 82.88 (\pm 4.22) \mu\text{m}$ ($n=40$), 二者差异显著 ($p < 0.01$)。莆田群体幼虫整个浮游期平均日增长 $9.63 \mu\text{m} \times 9.79 \mu\text{m}$, 大连群体幼虫整个浮游期平均日增长 $12.20 \mu\text{m} \times 12.47 \mu\text{m}$, 后者快于前者 ($p < 0.01$)。浮游期(从 D 形幼虫到出足)幼虫成活率, 莆田群体为 34.65%, 大连群体为 25.93%, 变态率二者分别为 40.4% 和 60.6%。

2.2.3 稚贝生长 大连群体在水温 25 以上条件下, 浮游期为 10d 左右, 出足大小为 $179.9 \mu\text{m} \times 174.4 \mu\text{m}$, 下潜至变态需 8~9d, 变态时大小为 $230 \mu\text{m} \times 220 \mu\text{m}$; 相同条件下, 莆田群体浮游期仅 5~6d, 下潜至变态只需 4~5d, 出足大小为 $174.9 \mu\text{m} \times 171.4 \mu\text{m}$, 变态时大小为仅为 $196.7 \mu\text{m} \times 190.82 \mu\text{m}$ 。在室外条件下, 平均规格为 1cm 左右的莆田苗种在大连庄河当年即可达到商品规格(3.0cm 以上), 大连相同规格的苗种达到商品规格(3.0cm 以上)则需 2a 左右。同一海区, 大连群体高温季节(7~8 月份)常出现大批死亡, 而莆田群体并不发生这种情况, 表现出“移植”优势。

3 讨论

对河北北戴河、山东荣成和福建平潭潮间带上部及山东青岛、浙江嵊山和福建平潭潮间带下部和潮下带菲律宾蛤仔的测量表明, 生活在不同海区和同一海区不同潮带的菲律宾蛤仔在壳形上有所不同^[3], 本研究结果, 大连群体和莆田群体在壳形上存在明显差异。这说明壳形作为数量性状符合数量性状的一般特征, 即是可以度量的, 呈连续性变异, 其表现容易受到环境的影响, 遗传基础是多基因系统(polygenic system)^[35]。

贝类壳色和壳面花纹作为可遗传的质量性状除受遗传控制外, 还与贝类本身生态行为、生长存活、生理特性以及生态环境有关^[15-24], 如 Newkirk^[36]注意到, 由于壳色深浅影响对光和热的吸收, 不同壳色的贻贝 *Mytilus edulis* 在高温季节生长快慢不同; 作者也注意到, 莆田海区蛤仔壳色比北方要浅些, 自然海区的红色蛤仔拿到室内遮光条件下培育一段时间有退色现象, 底播养殖比网袋吊养的蛤仔壳色更深。这是因为浅壳色能减少对光和热的吸收, 有利于抵抗南方海区夏季常常出现高温; 而室内遮光条件下的退色显然是对光照条件变化的暂时适应; 底播养殖比网袋吊养的蛤仔壳色更深则是对光照和温度条件共同适应的结果。本研究结果莆田和大连群体不仅壳色和壳面花纹存在差异, 某些壳色和壳面花纹在天然群体中所占比例也不尽相同, 这与两个群体的遗传差异有关, 也与它们生活的海区条件不同有关, 这种现象在海湾扇贝中也存在^[25]。

大连群体和莆田群体性腺发育的生物学零度分别为 6.77 和 10.99, 这与组织学研究结果基本吻合。根据组织学观察, 当升温促熟至 7 时, 大连群体有多于一半个体进入增殖期, 即性腺开始发育, 说明生物学零度为 7 左右。当升温促熟至 10.1 时, 莆田群体有多于一半个体进入增殖期, 初步认定其生物学零度为 10.1 左右。大连群体和莆田群体产卵的有效积温分别为 315.21 和 172.79 (.d)。前者大大高于后者, 这不仅与前者的生物学零度低于后者有关, 也与性腺排放后所处的阶段有关, 大连群体性腺在排放后并不象莆田群体那样进入生殖后期而是进入休止期。处于休止期的性腺滤泡排空, 滤泡壁萎缩, 而处于生殖后期的性腺又分化出原生殖细胞, 属于边退化边增殖状态。

根据观察, 无论莆田群体还是大连群体雄性均多于雌性。这与以前的研究结果不符。据齐秋贞, 杨月明^[14], 福建菲律宾蛤仔雌性多于雄性。之所以出现这种情况可能与海况差异有关。本研究所用亲贝取自福建莆田, 而齐秋贞所用材料采自福建长乐和晋江。

蛤仔的繁殖期在不同海区有差异^[27-34]。菲律宾蛤仔在福建海区有一个繁殖季节^[14], 在胶州湾有两个繁殖季节^[28,29]。据观察, 大连群体 1 年有两个繁殖季节, 分别为 6~7 月和 9 月份, 并且 5 月底人工催产即可产卵。虽然莆田群体繁殖期为 9~11 月

份,但 2003 年 4 月 4 日将莆田群体移到庄河室内,种贝经 25d 促熟于 5 月 1 日、5 月 5 日分别第 1 次自然产卵,5 月 18 日第 2 次产卵,比福建自然海区提早了 5 个月;2004 年 4 月 23 日,将福建厦门海区 2 龄蛤仔 3000kg 调入庄河室内(当时厦门海区水温 21℃,庄河室内水温 15~17℃),4 月 25 日开始产卵。当时解剖观察,约 50% 的精巢精子已开始活动,大部分卵巢中的卵已变圆,卵中间透明,卵径 70 μm ,已进入繁殖期。根据齐秋贞和杨月明^[26],莆田群体在 4~6 月份,月平均水温 16.0~19.9~23.6℃ 的条件下进入生长期,卵母细胞体积逐渐增大,胞径为 44 μm ×29.6~76.6 μm ×79.5 μm ,在月平均水温 26.1~27.1℃ 的 7~9 月份进入成熟期,卵母细胞体积明显增大,为 58.5 μm ×58.5 μm ~80.5 μm ×68.6 μm 。这些事实似乎说明,在福建自然海区,菲律宾蛤仔在 4~6 月份也应该有一个繁殖季节,即象在大连海区和胶州湾一样,周年有两个繁殖季节而非文献记载的只有 1 个。是福建海区在 4~6 月份不具备蛤仔繁殖所需的环境条件(如水温、盐度变化及潮差等),还是其它原因看来还有待进一步研究。但一个不争的事实是,将自然海区的菲律宾蛤仔提前移到室内进行人工促熟,其繁殖期可大为提前,这对缩短菲律宾蛤仔的养殖周期具有重要意义。此外,低温条件下不易发生病害,这为健康苗种的大规模繁育提供了保证。

莆田群体在大连海区生长速度快于大连群体,高温期不发生大量死亡,所以北方地区进行菲律宾蛤仔苗种繁育时应从南方调入种贝。通过室内促熟可使繁殖期比在南方提前 5 个月以上,并可使繁殖期从 5 月份甚至更早一直延续到 10 月份。这对缩短菲律宾蛤仔养殖周期,保证苗种供应无疑具有十分重要的意义。

大连群体高温期大量死亡的现象时有发生。原因可能是多方面的。2002 年 7、8 月份大连庄河海洋村大连蛤仔发生大面积死亡,但同一海区的莆田群体却安然无恙;在室内人工育苗过程中发现,不单是 7、8 月份高温期,在其它月份凡是产过卵的大连群体均出现大批死亡,而莆田群体却没有这种现象。或许繁殖后大批死亡是大连群体所特有的。7、8 月份恰好是大连蛤仔繁殖期过后,高温期的大批死亡可能是由于繁殖而引起,与病害和赤潮也许并无直接关系。

References

- [1] Gouilletquer P. A Bibliography of the Manila clam *Tapes philippinarum*. *La Tronche France Ifremer*, 1997. 122
- [2] Mattoccia M, Cesaroni D and Matarazzo P. Genetic changes in the Manila clam, *Tapes philippinarum*: Temporal and spatial variation. *Aquaculture and the Environment*, 1991, **14**: 210~211.
- [3] Zhuang Q Q. *Fauna Sinica, Phylum Mollusca, Class Bivalvia, Family Veneridae*. Beijing: Science Press, 2001. 278
- [4] Liu R Y, et al. Study on the correlation between morphological characters and genetic variation of *R. philippinarum*. *Marine Environmental Science*, 1999, **18**(2): 5~10.
- [5] Loosanoff V L. Spawning of *Ostrea virginica* at low temperature. *Science*, 1939, **89** (2304): 177~178.
- [6] Loosanoff V L and Davis H C. Temperature requirements for maturation of gonads at northern oysters. *Biol Bull*, 1952, **103**(1): 80~86.
- [7] Zhang F S, He Y C, Liu X S. Reproductive season of mussel (*Mytilus Edulis*) in Jiaozhou Bay. *Oceanol et Limnol Sin*, 1980, **11**(4): 342~350.
- [8] Zhou W. Biological zero temperature of gonad development of Bay scallop *Argopecten irradians* Lamark (1819). *J. Fish. China*, 1991, **15** (1): 82~84.
- [9] Zhou W, et al. Effective accumulated temperatures of spawning of Bay scallop *Argopecten irradians* Lamark (1819). *J. Fish. China*, 1999, **30**(5): 564~567.
- [10] Liu D J, et al. A elementary study on the biological zero temperature and effective accumulated temperature of gonad development of *Coelmaetra antiquata* (Springler). *Research of special local products*, 2003, (4): 22~24.
- [11] Bi S W. Method to predict spawning time for Bay scallop *Argopecten irradians* under the condition of temperature controlling breeding. *Oceanol et Limnol Sin*, 1996, **1**(27): 93~97.
- [12] Rui J S, et al. *Technique of tissue section*. Beijing: Higher Education Press, 1984. 223.
- [13] He Y C, Zhang F S. *Volume of conchology* (1). Beijing: Science Press, 1983. 133~144.
- [14] Qi Q Z. Life history of Manila clam *Ruditapes philippinarum*. *J. Fish. China*, 1987, **11**(2): 111~118.
- [15] Yonge C M. On the habits and adaptations of *Aloidia* (*Corbula*) *gibba* J. *Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 1946, **26**: 358~376.
- [16] Smith D A S. Polymorphism and selective predation in *Donax faba* (Bivalva: Tellinacea). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 1975, **17**: 89~94.
- [17] Mitton J B. Shell color and pattern variation in *Mytilus edulis* and its adaptive significance. *Chesapeake Sci*, 1977, **18**: 387~390.
- [18] Raffaelli D. Colour polymorphism in the intertidal snail *Littorina rudis* Manton. *Zool Anzeiger*, 1979, **202**: 65~73.
- [19] Raffaelli D. Recent ecological research on some European species of *Littorina*. *J. Moll. Stud.*, 1982, **48**: 342~354.
- [20] McMahon R F, McMahon C O' B. Leaping and swimming as predator escape response in the jackknife clam, *Ensis minor* Dall (Bivalve: Pharellidae). *The Nautilus*, 1983, **97**: 55~58.

- [21] Beukema J J, Meehan B W. Latitudinal variation in linear growth and other shell characteristics of *Macoma balthica*. *Mar Biol*, 1985, **90**: 27~ 33
- [22] Wolff M, Garrido J. Comparative study of growth and survival of two color morphs of Chilean scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck) in suspended culture. *J Shellfish Res*, 1991, **10**(1): 47~ 53
- [23] Alfonsi C, Perez J E. Growth and survival in the scallop *Nodipecten nodosus* as related to self-fertilization and shell colour. *Biol Inst Oceanology Venez*, 1998, **37**(1-2): 69~ 73
- [24] Sokolova IM, Berger V Ja. Physiological variation related to shell color polymorphism in White Sea *Littorina saxatilis*. *J. Exp. Mar Biol Ecol*, 2000, **245**: 1~ 23
- [25] Zheng H P, et al. Establishment of different shell color lines of Bay scallop *Argopecten irradians* Lamarck (1819) and their development. *Oceanol et Limnol Sin*, 2003, **34**(6): 632~ 638
- [26] Qi Q Z and Yang M Y. Growth and development of Manila clam *Ruditapes philippinarum*. *J. Fish. China*, 1988, **12**(1): 1~ 11.
- [27] Liu Y F, et al. Study on reproductive cycle of Manila clam *Ruditapes philippinarum*. *J. Zoology*, 1979, (4): 1~ 4
- [28] Wu Y Q et al. Biology and resource of Manila clam *Ruditapes philippinarum*. *Ecology and Biological resource in Jiaozhou Bay*. Beijing: Science Press, 1992 339~ 351.
- [29] Liang X M and Fang J G. Gonad development of short-necked clam in Jiaozhou Bay. *Marine Fisheries Research*, 1998, **19**(1): 18~ 23
- [30] Laruelle F, Guillo J, Paulet Y M. Reproductive pattern of the clams, *Ruditapes decussatus* and *R. philippinarum* on intertidal flats in Britain. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 1994, **74**: 351~ 366
- [31] Kim W S, Huh H T, Huh S H, et al. Effects of salinity on endogenous rhythm of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum* (Bivalvia: Veneridae). *Mar. Biol*, 2001, **138** (1): 157~ 162
- [32] Goshima S, Ide N, Fujiyoshi Y, et al. Reproductive cycle and shell growth of transplanted Manila clam *Ruditapes philippinarum* in Saroma Lagoon. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1996, **62** (2): 195~ 200
- [33] Toba M, Natsume Y, Yamakawa H. Reproductive cycles of Manila clam collected from Funabashi waters, Tokyo Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi Bull. Jap. Soc. Fish.*, 1993, **59** (1): 15~ 22
- [34] Rodriguez M E, Pazo J P, Fernandez C F. Reproductive cycle of Manila clam, *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve 1850) in Ria of Vigo (NW Spain) growth of transplanted Manila clam *Ruditapes philippinarum* in Saroma Lagoon. *Nippon Sci. Mar. Biorc*, 1992, **56** (1): 61~ 67.
- [35] Sheng Z L, Chen Y S. *Quantitative genetics*. Beijing: Science Press, 2001. 444.
- [36] Newkirk G F. Genetics of shell color in *Mytilus edulis* L. and the association of growth rate with shell color. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol*, 1980, **47**: 89~ 94

参考文献:

- [3] 庄启谦. 中国动物志, 软体动物门, 双壳纲, 帘蛤科. 北京: 科学出版社, 2001. 278
- [4] 刘仁沿, 等. 菲律宾蛤仔形态性状及与遗传变异的关系研究. *海洋环境科学*, 1999, **18**(2): 5~ 10
- [7] 张福绥, 何义朝, 刘祥生. 胶州湾贻贝的繁殖期. *海洋与湖沼*, 1980, **11**(4): 342~ 350
- [8] 周玮. 海湾扇贝性腺发育的生物学零度. *水产学报*, 1991, **15**(1): 82~ 84
- [9] 周玮, 等. 海湾扇贝产卵的有效积温. *水产学报*, 1999, **30**(5): 564~ 567.
- [10] 刘德经, 等. 西施舌生殖腺发育生物学零度和有效积温的初步研究. *特产研究*, 2002, (4): 22~ 24
- [11] 毕庶万. 海湾扇贝控温育苗采卵时间的预报方法. *海洋与湖沼*, 1996, **1**(27): 93~ 97.
- [12] 芮菊生, 等. 组织切片技术. 北京: 高等教育出版社, 1987. 331.
- [13] 何义朝, 张福绥. 贝类学论文集(第1集). 北京: 科学出版社, 1983. 133~ 144
- [14] 齐秋贞. 菲律宾蛤仔的生活史. *水产学报*, 1987, **11**(2): 111~ 118
- [25] 郑怀平, 等. 不同贝壳颜色海湾扇贝(*Argopecten irradians*)家系的建立及生长发育研究. *海洋与湖沼*, 2003, **34**(6): 632~ 638
- [26] 齐秋贞, 杨明月. 菲律宾蛤仔的生长发育. *水产学报*, 1988, **12**(1): 1~ 11.
- [27] 刘永峰, 等. 蛤仔生殖期的研究. *动物学杂志*, 1979, (4): 1~ 4
- [28] 吴耀泉, 等. 菲律宾蛤仔生物学与资源. 胶州湾生态学和生物资源. 北京: 科学出版社, 1992. 339~ 351.
- [29] 梁兴明, 方建光. 胶州湾菲律宾蛤仔的性腺发育. *海洋水产研究*, 1998, **19**(1): 18~ 23
- [35] 盛志廉, 陈瑶生. 数量遗传学. 北京: 科学出版社, 2001. 444