

虾夷扇贝耐高温育种家系的建立与早期筛查

王庆志, 李石磊, 付成东, 张明*, 滕炜鸣,
刘忠颖, 刘卫东, 李文姬, 谭克非

(辽宁省海洋水产科学研究院, 辽宁省应用海洋生物技术开放实验室, 辽宁 大连 116023)

摘要: 对于贝类选择育种, 维系大量家系养殖设施的成本巨大, 如果能在贝类早期发育阶段对生长、存活进行筛查, 提前舍弃那些存活率低、生长慢的家系, 将有助于节约家系育种的成本。本实验通过室内模拟升温, 比较了 10 个稚贝期全同胞家系在不同温度下存活率的差异, 并对这 10 个家系在自然海区的生长、存活进行了一周年连续监测。结果表明: 在室内 8、13、18 和 23 °C 4 个温度梯度下, 10 个家系经蓄养 15~20 d 后, 18 和 23 °C 实验组的稚贝存活率差异显著, 其中 A08 和 A09 家系的存活率最高, 即为提前筛选出的耐高温家系; 经自然海区一周年养成后, 存活的 4 个家系 (A01、A03、A08 和 A09) 的存活率分别为 $0.9\% \pm 0.1\%$ 、 $0.5\% \pm 0.1\%$ 、 $34.3\% \pm 3.5\%$ 和 $46.5\% \pm 5.3\%$, 但家系间壳高差异不显著, 表明家系生长与存活无明显相关性; 而 A08 和 A09 为耐高温家系, 这与室内稚贝期升温筛选的结果一致。本实验验证了高温是导致虾夷扇贝夏季大规模死亡的主要原因, 并提供了一种在家系稚贝期进行耐高温性提前筛查的方法, 将为虾夷扇贝耐高温品系的选育提供参考依据。

关键词: 虾夷扇贝; 家系; 育种; 耐高温; 早期筛查

中图分类号: S 917.4

文献标志码: A

虾夷扇贝 (*Mizuhopecten yessoensis*) 原产于俄罗斯千岛群岛南部、日本北海道及本州北部以及朝鲜半岛东部海域, 其肉质鲜美, 营养丰富, 是适于增养殖的优良扇贝品种之一。自 20 世纪 80 年代从日本引入我国并开展人工育苗和增养殖以来, 虾夷扇贝养殖在我国黄海北部和山东半岛北部部分沿海已形成产业规模^[1-4]。近年来, 养殖虾夷扇贝连年在夏季高温季节暴发大规模死亡, 给养殖者带来巨大经济损失的同时, 也制约了我国扇贝养殖业的健康发展。尽管目前虾夷扇贝夏季出现大规模死亡的原因尚无定论, 夏季高温、高密度养殖、种质衰退、抗逆力下降及病原生物在一定条件下的滋生与虾夷扇贝死亡均有一定的关系^[5-11], 但虾夷扇贝属冷水性双壳贝类, 适宜生长水温为 5~20 °C, 正常活动的温度上限为 23 °C^[2], 且发生大规模死亡年份的水温高于 23 °C 的持续时间明显长于正常年

份, 因此一般认为在持续夏季高温下, 扇贝的生理代谢失常、抗逆力下降和免疫应答水平受到抑制, 使得宿主脆弱的免疫系统难以抵挡病原的侵袭, 最终导致大规模患病和死亡^[12-14]。

在 20 世纪 80 年代虾夷扇贝引种初期, 张福绥等^[3]通过虾夷扇贝在青岛、烟台地区的试养结果, 提出选育耐高温品系将是提高其耐高温性的有效途径。选择育种是使经济动植物在生长速度、产量、抗病、抗逆性等方面获得显著改良的有效方法。我国对重要经济扇贝如海湾扇贝 (*Argopecten irradians*)^[15]、栉孔扇贝 (*Chlamys farreri*)^[16] 和虾夷扇贝^[17-20] 等的选择育种已取得了较好进展, 已成功选育出“中科红”、“蓬莱红”及“海大金贝”等新品种, 但选育目标主要集中在生长、壳色和抗病等方面, 有关扇贝耐高温遗传育种的报道相对较少, 而且多局限于遗传学研究和分子标记筛选等方

收稿日期: 2013-11-04 修回日期: 2013-12-16

资助项目: 国家海洋公益性行业科研专项 (201205023); 辽宁省农业攻关计划 (2011203003); 现代农业产业技术体系建设专项 (nycyt-47); 辽宁省海洋与渔业科学技术计划项目 (201209)

通信作者: 张明, E-mail: sunmoon-zhang@163.com

面。我们在虾夷扇贝引种、育种工作的基础上,自2011年开始开展虾夷扇贝耐高温品系的选育工作,用家系选育方法构建了大量家系,并以存活率为指标对家系的耐高温性在实验室内进行了提前筛查,同时对家系在自然海区的生长、存活及海区水温变化进行了周年的连续监测分析,旨在为虾夷扇贝耐高温品系的选育提供参考依据。

1 材料与方 法

1.1 家系构建

实验所用的虾夷扇贝亲本为大连长海县的底播增殖群体。于2011年4月,选取性腺发育成熟、性状优良的个体为亲本,参考张存善等^[18]和梁峻等^[20]的亲本促熟、家系构建和稚贝保苗方法获得虾夷扇贝全同胞家系35个。幼虫培育和稚贝保苗在辽宁省海洋水产科学研究院育种中心的育苗车间和海上围堰完成,并在长海县大长山岛海域进行浮筏养成。

1.2 取样测量

当稚贝的壳长达到10 mm以上时,从网袋移入扇贝笼(网孔径0.5 cm,带标记牌)进行海上养成,每层200个,用Sea-Bird水温记录仪(美国)连续监测扇贝养殖筏区3 m水层的水温变化。随着扇贝的生长,每层降至100、50和30个,并更换适宜网孔径的扇贝笼。每次换笼时,每个家系随机取样30个,用游标卡尺(精确度为0.01 mm)测量壳长和壳高,用电子天平称全湿重(精确度为0.1 g);记录各家系的死亡个体数,并将其剔除,重新分层,保持各层数密度相同,并按如下公式计算家系的存活率:

$$SR(\%) = n/N \times 100$$

式中, SR 为存活率, n 是分笼测量时家系的存活个体数, N 是上次分笼时家系的总个体数。

1.3 家系耐高温性早期筛查

2011年12月,当家系的壳长生长至2~3 cm,自然海区水温5~6℃时,随机选取10个家系(编号为A01~A10)运回至辽宁省海洋水产科学研究院海水养殖实验室,利用容积为2 m³的控温玻璃钢水槽,设置5、13、18和23℃4个温度梯度,各梯度设3个重复,每个家系取80枚扇贝置于分别标记好的塑料筐中。蓄养2~5 d后,分别对处理组进行升控温,日升温1~2℃,当水温升至设定温度时,设定每处理组的起始密度为50枚/筐,恒温连

续蓄养20 d。蓄养期间连续充气,以单细胞藻类或螺旋藻粉为饵料,每日全量换水1次,并记录各实验组不同家系的死亡个体数,计算存活率。

1.4 数据分析

用单因素方差分析(One-Way ANOVA)分别对不同家系间存活率和壳高的差异进行比较,以SNK法进行事后检验,显著性水平为 $P < 0.05$ 。为了增加数据的正态性和方差齐性,进行方差分析前,将壳长转化为自然对数、存活率转化为反正弦函数。所有统计分析均由SPSS 16.0分析软件完成。

2 结果

2.1 家系耐高温性的早期筛查

在8和13℃温度下,10个家系在第5天和第10天时存活率的差异不显著($P > 0.05$);第15天和第20天时,A05和A10家系的存活率显著低于其它家系($P < 0.05$),其它家系存活率的差异不显著($P > 0.05$)(图1)。在18和23℃温度下,从第5天至第20天,家系A05、A06、A07和A10的存活率一直显著低于其它家系($P < 0.05$),而A08和A09家系始终表现出最高的存活率。在第15天和第20天时,18和23℃温度下的一些家系如A05、A06、A07和A10的存活率已近为0,而A08和A09的存活率在所有家系中最高,18℃时分别为64.7%±3.1%和68.7%±2.0%,23℃时分别为44.7%±3.1%和54.7%±5.0%,因此A08和A09为经室内升温提前筛查出的耐高温家系。

2.2 家系在自然海区的存活率

2011年10月至2012年10月的大长山岛海区水温的最高值出现在2012年8月,平均值为(22.4±1.1)℃(图2)。在2011年11月和2012年5月即夏季高温季节来临之前,不同家系的存活率表现出显著差异($P < 0.05$),A01、A02、A03、A08和A09家系一直保持约80%的较高存活率;而A04、A05、A06和A07的存活率较低,范围为30%~60%(图3)。2012年10月即夏季高温之后,A02、A04、A05、A06、A07和A10家系的存活率为0,A01和A03家系的存活率已近为0,分别为0.9%和0.5%,但A08和A09家系仍保持较高的存活率,分别为34.3%±3.5%和46.5%±5.3%,因此,在海区经自然高温筛选出的耐高温家系为A08和A09,与2011年12月在室内进行的家系耐高温性提前筛查结果一致。

2.3 家系在自然海区的生长

2011年11月和2012年5月,不同家系的壳高总体上存在一定差异,如2011年11月A03和A10的壳高显著低于其它家系($P < 0.05$),2012年5月

A03、A06和A09家系的壳高显著低于其它家系($P < 0.05$),但未发现生长优势特别明显的家系(图4)。2012年10月,存活下来的4个家系A01、A03、A08和A09的壳高差异不显著($P > 0.05$)。

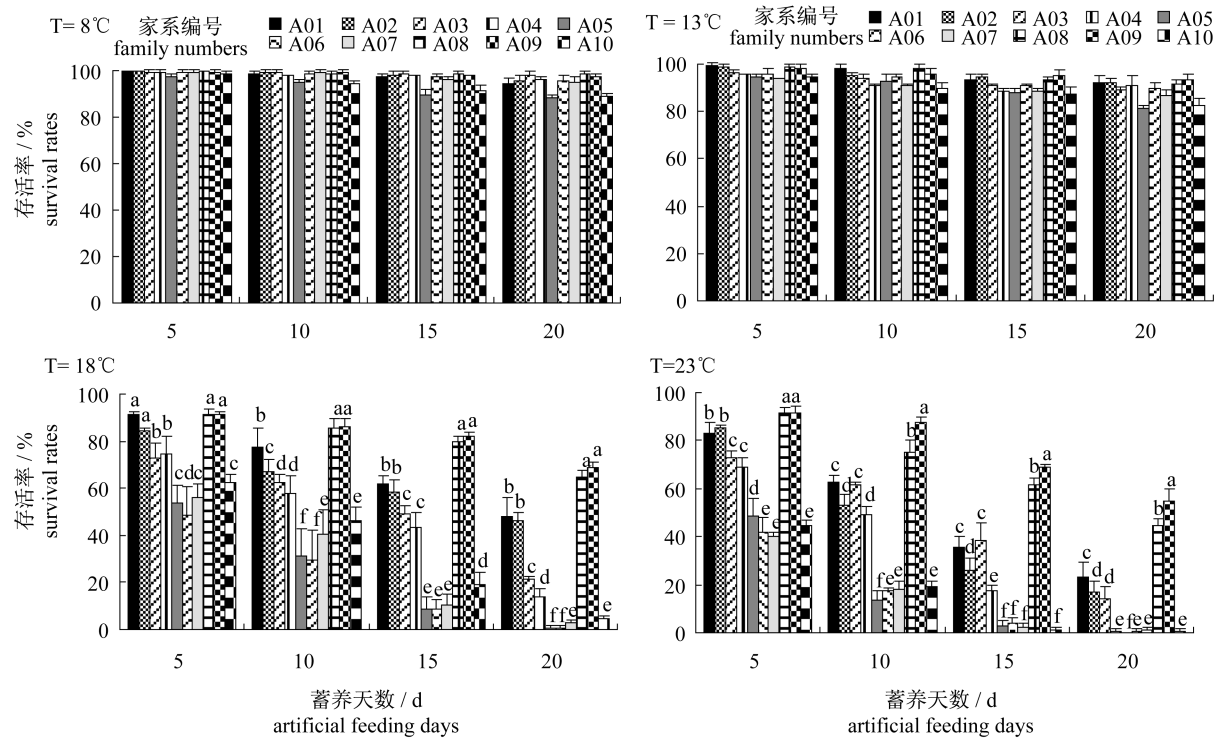


图1 不同温度下虾夷扇贝家系的存活率

标注相同字母的不同处理间差异不显著($P > 0.05$); 误差线为标准差

Fig. 1 The survival rates of different *M. yessoensis* families at different temperatures

Means with the same superscript are not significantly different ($P > 0.05$); Error bars represent SD

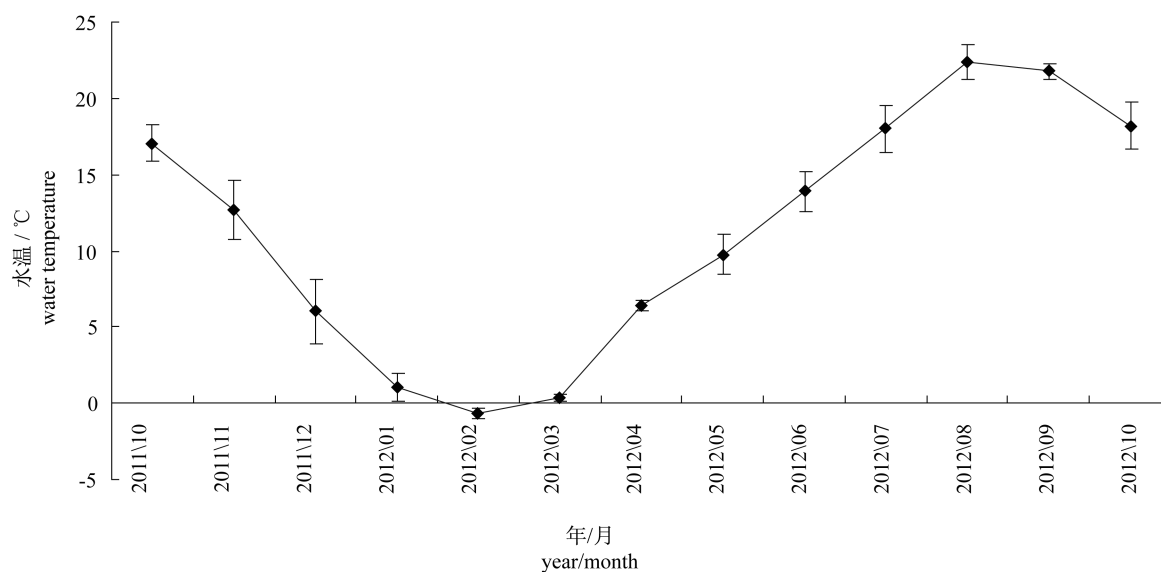


图2 虾夷扇贝家系养殖海区的海水温度

Fig. 2 The water temperature of *M. yessoensis* families in coastal waters

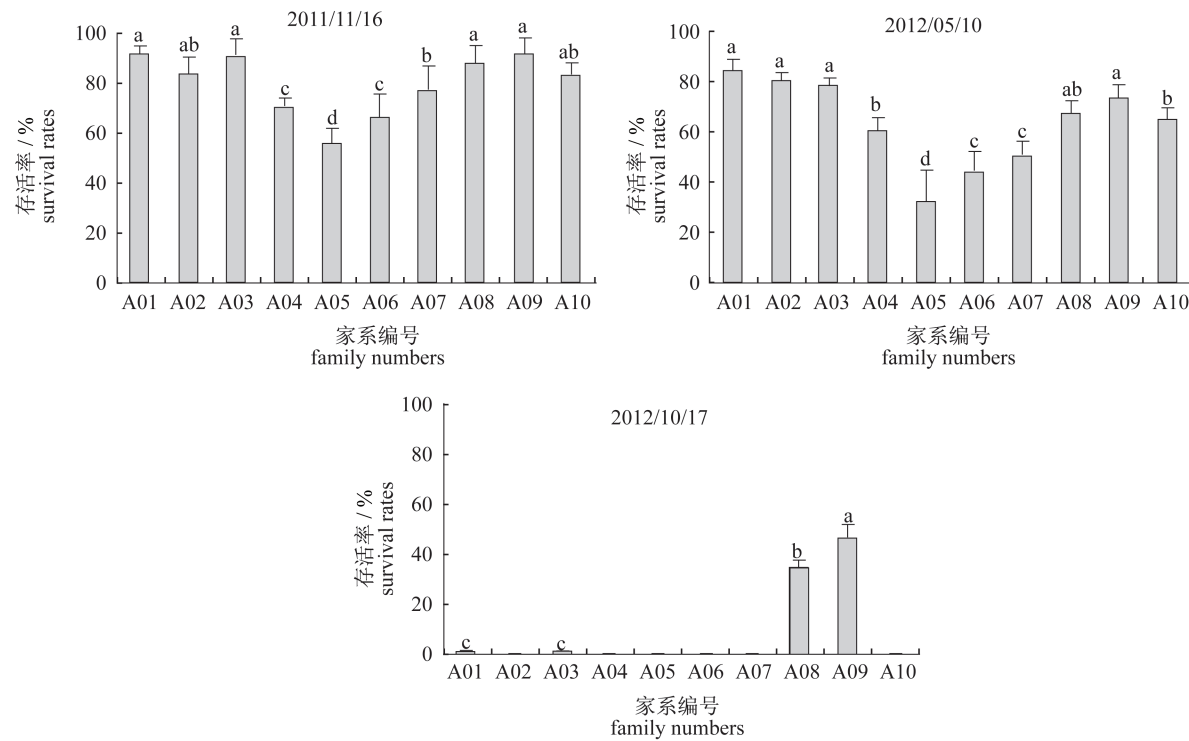


图3 虾夷扇贝家系在自然海区的存活率

标注相同字母的不同处理间差异不显著 ($P > 0.05$) ; 误差棒为标准差

Fig. 3 The survival rates of different *M. yessoensis* families in coastal waters

Means with the same superscript are not significantly different ($P > 0.05$) ; Error bars represent SD

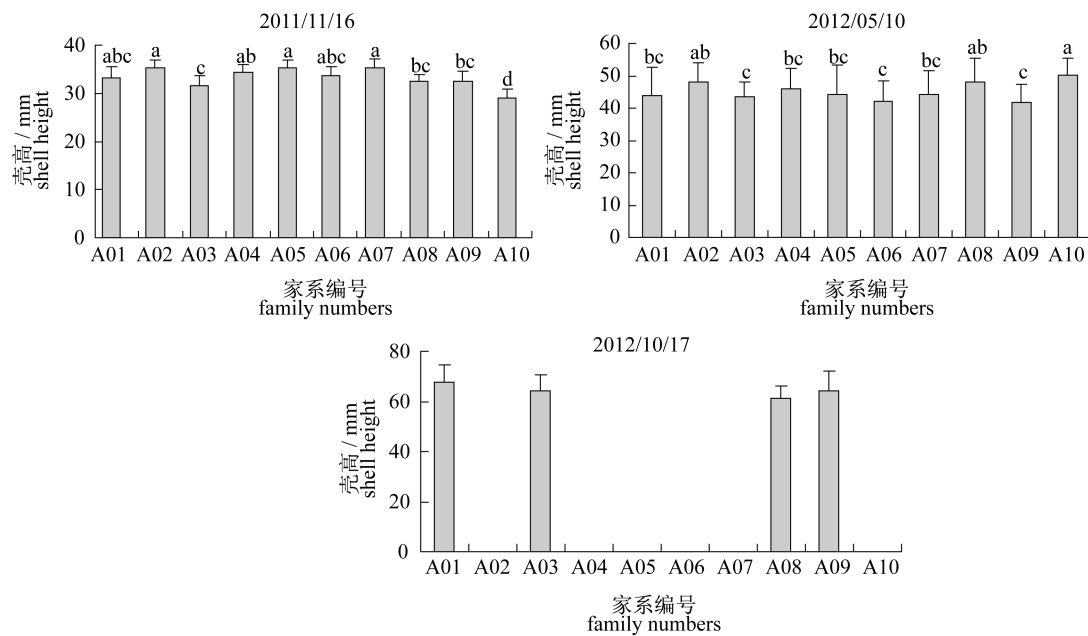


图4 虾夷扇贝家系在自然海区的生长

标注相同字母的不同处理间差异不显著 ($P > 0.05$) ; 误差棒为标准差

Fig. 4 The shell growth of different *M. yessoensis* families in coastal waters

Means with the same superscript are not significantly different ($P > 0.05$) ; Error bars represent SD

3 讨论

虾夷扇贝属冷水性贝类,适宜生长水温为 $5\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$,正常活动的温度上限为 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[2]。大量研究表明,水温是影响虾夷扇贝生理调节机制的关键因子,陈舜等^[6]在浙江南麂列岛海区的研究发现,虾夷扇贝的最适生长水温范围为 $17.1\sim 20.3\text{ }^{\circ}\text{C}$,第二适宜生长水温范围 $14.1\sim 17.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,水温连续3 d达 $25.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,日死亡率为 3.17% ,累积死亡率为 13.5% ,水温连续3 d为 $25.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,日死亡率为 15.3% ,累积死亡率为 59.5% 。徐东等^[9]通过模拟养殖筏区的夏季水温变化,研究了温度剧烈和缓慢变化对虾夷扇贝耗氧率和排氨率的影响及其影响的差异性,发现温度变化对虾夷扇贝耗氧率和排氨率影响显著($P < 0.05$),温度骤变组耗氧率和排氨率大于温度缓变组,且温度骤变组耗氧率在 15 、 20 和 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$,排氨率在 20 和 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 与温度缓变组差异显著($P < 0.05$)。贲月等^[11]在实验室内检测了虾夷扇贝对高温突变的耐受能力及在不同高温水平下与存活相关的免疫酶活力,经 96 h 胁迫, $15\sim 24\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理组间存活率的差异不显著($P > 0.05$),均大于 82.29% , $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理组经 12 h 胁迫后,存活率降为 0 ,在 8 、 12 、 24 、 48 和 96 h 虾夷扇贝的半致死温度分别为 27.52 、 24.41 、 24.37 、 24.24 和 $23.81\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。滕炜鸣等^[10]研究发现,查氏弧菌(*Vibrio chagasii*)是夏季高温季节导致虾夷扇贝大规模死亡的主要致病菌,但注射该致病菌的虾夷扇贝只在环境水温超过 $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ 才会发病,表现为扇贝闭壳肌上有明显的脓疱病。近年来,受全球气候变暖的影响,海水温度呈逐渐上升趋势,水生生物受到热胁迫刺激的几率开始增加,已有研究表明热胁迫通过直接影响水生生物的代谢强度、组织结构及体内蛋白和酶活性,从而控制水生生物的生长、发育、摄食、行为和分布^[9-14]。虾夷扇贝大规模死亡发生于夏季较高水温期间($23\sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$),当受到热胁迫(水温 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上)时,扇贝软体部生长缓慢甚至停止,生理代谢失常,抗逆能力下降,免疫应答水平受到抑制,使宿主脆弱的免疫系统难以抵挡病原的侵袭,最终导致大规模患病和死亡。因此,高水温是导致虾夷扇贝在夏季发生大规模死亡的主要原因或诱因。

贝类具有繁殖力高、世代间隔短和野生群体

遗传变异水平高的特点,特别适于开展选择育种工作,中国是开展经济贝类遗传改良较早且取得较好成效的国家之一^[21]。早在虾夷扇贝引种初期,张福绥等^[3]通过虾夷扇贝在青岛、烟台地区的试养结果,提出选育耐高温品系将是提高其耐高温性的有效途径。但在贝类的选择育种工作中,维系大量系群及其养成设施的费用巨大,如果能在贝类的早期发育阶段选择适宜时机对培育系群的生长、存活进行筛查,提前舍弃那些生长慢、存活率低的不良系群,将有利于节约后期养成与管理的成本。本实验在假定高温是导致虾夷扇贝大规模死亡的前提下,比较了实验室内 8 、 13 、 18 和 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 4个温度梯度下不同家系在稚贝阶段存活率的差异,在水温 18 和 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时提前筛查出了耐高温的A08和A09家系,结果与在海区经周年自然筛选的结果一致,实现了耐高温家系的提前快速筛选。由于不同家系的早期筛查和海区养成是各自在相同环境条件下进行的,因此可以推断家系间耐高温性的差异主要是由遗传因素引起的。本实验的结果一方面验证了高温是导致虾夷扇贝大规模死亡的主要原因,同时也发现了一种可以在虾夷扇贝稚贝阶段对家系的耐高温性提前筛查的方法,这将有助于在虾夷扇贝的耐高温选择育种工作中节约家系的管理与养成成本。

目前有关虾夷扇贝的人工选育还主要集中在生长、壳色等性状,对存活率进行遗传育种的相关报道较少。Liang等^[17]利用歧化选择法构建了壳高的上选系和下选系,发现壳高的生长速度依次为上选组 $>$ 对照组 $>$ 下选组,通过一代选育可以使壳高的生长速度较对照组提高 7.85% 。张存善等^[18]构建了33个全同胞家系,并对壳长、壳高、壳宽和活体质量的生长进行了连续观测,发现不同家系间的生长性状差异极显著,同批家系中既有壳高生长快也有活体质量生长快的家系。丁君等^[19]对选育的双壳白色的“象牙白”品系与普通群体虾夷扇贝的营养成分进行了比较分析,发现“象牙白”扇贝已表现出分化,在一些重要营养成分上高于对照组。梁峻等^[20]采用平衡巢式设计建立了8个半同胞家系和32个全同胞家系,估算了虾夷扇贝不同阶段生长性状的遗传参数,其中 500 日龄成贝的壳长、壳高、壳宽和全湿重的遗传力分别为 0.375 ± 0.096 、 0.358 ± 0.094 、 0.513 ± 0.116 和 0.420 ± 0.103 ,这些性状的遗传

力属中等大小。存活率是影响贝类产量的重要性状之一,如 Langdon 等^[22]对长牡蛎(*Crassostrea gigas*)进行家系选育时,发现存活率和活体质量是决定牡蛎产量的共同因子,并以牡蛎养殖袋的产量作为衡量家系生产性能的标准。本实验以存活率为指标开展了虾夷扇贝的耐高温品系选育工作,发现不同家系的耐高温性存在显著差异,耐高温性这一性状受遗传因素影响较大;且家系的生长与存活没有显著的相关性,一些家系虽然早期生长较快,但生长至成贝时存活率较低。因此,本实验的结果表明,对冷水性的虾夷扇贝进行耐高温选育是可行的,也是必要的;同时由于家系的生长与存活没有明显的相关性,进行虾夷扇贝生长、壳色等人工选育时,不应忽视存活率性状。

参考文献:

- [1] Wang Q C, Liu Y F. Experiment on artificial breeding of *Patinopecten yessoensis* [J]. Fisheries Science, 1982(2): 1 - 9. [王庆成, 刘永峰. 虾夷扇贝人工育苗的试验. 水产科学, 1982(2): 1 - 9.]
- [2] Wang Q C. Introduction and prospect of *Patinopecten yessoensis* in aquaculture in North China [J]. Fisheries Science, 1984(4): 24 - 27. [王庆成. 虾夷扇贝的引进及其在我国北方增养殖的前景. 水产科学, 1984(4): 24 - 27.]
- [3] Zhang F S, He Y C, Ma J H, et al. The introduction of the Japanese scallop, *Patinopecten yessoensis* (jay), into China, its spat-rearing and experimental cultivation [J]. Marine Sciences, 1984, 5(1): 38 - 45. [张福绥, 何义朝, 马江虎, 等. 虾夷扇贝的引种、育苗及试养. 海洋科学, 1984, 5(1): 38 - 45.]
- [4] Li W J, Xue Z F. Healthy sustainable proliferation & cultivation of scallop *Patinopecten yessoensis* [J]. Fisheries Science, 2005, 24(9): 49 - 51. [李文姬, 薛真福. 持续发展虾夷扇贝的健康增养殖. 水产科学, 2005(9): 49 - 51.]
- [5] Li Q, Xu K F, Yu R H. Genetic variation in Chinese hatchery populations of the Japanese scallop (*Patinopecten yessoensis*) inferred from microsatellite data [J]. Aquaculture, 2007, 269(1 - 4): 211 - 219.
- [6] Chen S, Xiao Y P, Wu D Y. Temperature tolerance research of scallop (*Patinopecten yessoensis*) in Nanji Island of Zhejiang province in China [J]. Journal of Zhejiang Ocean University: Natural Science Edition, 2007, 26(2): 160 - 164. [陈舜, 肖云朴, 伍德瀛. 虾夷扇贝在浙江南麂列岛生长与生存的适温性研究. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2007, 26(2): 160 - 164.]
- [7] Zhang J H, Fang J G, Wang S H. Carrying capacity for *Patinopecten yessoensis* in Zhang Zidao Island, China [J]. Journal of Fisheries of China, 2008, 32(2): 236 - 241. [张继红, 方建光, 王诗欢. 大连獐子岛海域虾夷扇贝养殖容量. 水产学报, 2008, 32(2): 236 - 241.]
- [8] Li W J, Tan K F. The inspiration on massive mortality of scallop *Patinopecten yessoensis* resolved by Japan [J]. Fisheries Science, 2009, 28(10): 609 - 612. [李文姬, 谭克非. 日本解决虾夷扇贝大规模死亡的启示. 水产科学, 2009, 28(10): 609 - 612.]
- [9] Xu D, Zhang J H, Wang W Q, et al. Effects of temperature elevation on oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of *Patinopecten yessoensis* [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(5): 1101 - 1106. [徐东, 张继红, 王文琪, 等. 温度变化对虾夷扇贝耗氧率和排氨率的影响. 中国水产科学, 2010, 17(5): 1101 - 1106.]
- [10] Teng W M, Li W J, Zhang M, et al. Isolation, identification and pathogenicity of *Vibrio chagasii* from *Patinopecten yessoensis* [J]. Journal of Fisheries of China, 2012, 36(6): 937 - 943. [滕炜鸣, 李文姬, 张明, 等. 虾夷扇贝脓胞病病原的分离、鉴定与致病性. 水产学报, 2012, 36(6): 937 - 943.]
- [11] Ben Y, Hao Z L, Ding J, et al. Effects of high temperature on the immuno-enzymatic activity in coelomic fluid of *Mizuhopecten yessoensis* [J]. Journal of Fisheries of China, 2013, 37(6): 858 - 863. [贲月, 郝振林, 丁君, 等. 高温对虾夷扇贝体腔液免疫酶活力的影响. 水产学报, 2013, 37(6): 858 - 863.]
- [12] Zhang F S, Yang H S. Analysis of the causes of mass mortality of farming *Chlamys farreri* in summer in coastal areas of Shandong, China [J]. Marine Sciences, 1999(1): 44 - 47. [张福绥, 杨红生. 山东沿岸夏季栉孔扇贝大规模死亡原因分析. 海洋科学, 1999(1): 44 - 47.]
- [13] Yuan Y X, Qu K P, Chen J F, et al. Adaptability of *Chlamys farreri* to environment-Effects of temperature on survival, respiration, ingestion and digestion [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2000, 7(3): 24 - 27. [袁有宪, 曲克明, 陈聚法, 等. 栉孔扇贝对环境变化适应性研究—温度对存活、呼吸、摄食及消化的影响. 中国水产科学, 2000, 7

- (3):24-27.]
- [14] Wang Y T, Xiang J H. studies on causation of the mass mortality of *Chlamys farreri* [J]. *Oceanologia Et Limnologia Sinica*, 1999, 30(6):770-774. [王运涛, 相建海. 栉孔扇贝大规模死亡的原因探讨. 海洋与湖沼, 1999, 30(6):770-774.]
- [15] Zheng H P, Zhang G F, Liu X, et al. Sustained response to selection in an introduced population of the hermaphroditic bay scallop *Argopecten irradians irradians* Lamarck (1819) [J]. *Aquaculture*, 2006, 255(1-4):579-585.
- [16] Liu X L, Chang Y Q, Xiang J H, et al. The medium-term growth and development of hybrid between Chinese and Japanese populations of *Chlamys farreri* [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2003, 27(3):193-199. [刘小林, 常亚青, 相建海, 等. 栉孔扇贝中国种群与日本种群杂交一代的中期生长发育. 水产学报, 2003, 27(3):193-199.]
- [17] Liang J, Zhang G F, Zheng H P. Divergent selection and realized heritability for growth in the Japanese scallop, *Patinopecten yessoensis* Jay [J]. *Aquaculture Research*, 2010, 41(9):1315-1321.
- [18] Zhang C S, Yang X G, Song J, et al. Establishment of families and their early growth of Japanese scallop (*Patinopecten yessoensis*) [J]. *South China Fisheries Science*, 2008, 4(5):44-50. [张存善, 杨小刚, 宋坚, 等. 虾夷扇贝家系的建立及不同家系的早期生长研究. 南方水产, 2008, 4(5):44-50.]
- [19] Ding J, Chang Y Q, Zhang J, et al. Analysis and evaluation of nutritive composition in "ivory" strains and ordinary strains of *Mizuhopecten yessoensis* [J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2011, 13(2):121-128. [丁君, 常亚青, 张婧, 等. 虾夷扇贝“象牙白”品系与普通品系营养成分分析及评价. 中国农业科技导报, 2011, 13(2):121-128.]
- [20] Liang J, Zheng H P, Li L, et al. Estimation of heritability for a cultured population of *Patinopecten yessoensis* Jay [J]. *Marine Sciences*, 2011, 35(3):1-7. [梁峻, 郑怀平, 李莉, 等. 虾夷扇贝养殖群体的遗传力估算. 海洋科学, 2011, 35(3):1-7.]
- [21] Zhang G F, Liu X. Theory and method of genetic improvement in mariculture mollusks: a review [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2006, 30(1):130-137. [张国范, 刘晓. 关于贝类遗传改良几个问题的讨论. 水产学报, 2006, 30(1):130-137.]
- [22] Langdon C, Evans F, Jacobson D, et al. Yields of cultured Pacific oysters *Crassostrea gigas* Thunberg improved after one generation of selection [J]. *Aquaculture*, 2003, 220(1-4):227-244.

Establishment of high temperature resistance families and use of laboratory assays to predict subsequent survival in juvenile stage of the Japanese scallop (*Mizuhopecten yessoensis*)

WANG Qingzhi, LI Shilei, FU Chengdong, ZHANG Ming*, TENG Weiming,
LIU Zhongying, LIU Weidong, LI Wenji, TAN Kefei

(Liaoning Ocean and Fisheries Science Research Institute, Liaoning Open Lab of Applied Marine Biology, Dalian 116023, China)

Abstract: The Japanese scallop (*Mizuhopecten yessoensis*), naturally occurring in Russia, Japan and North Korea, was introduced to China in 1980s. It is economically important and has become a major aquaculture species in the northern Yellow Sea. Recently, “Summer mortality syndrome” becomes a serious problem for scallop growers. During warm summer months, episodes of high mortality coincide with periods of elevated water temperature, low dissolved oxygen and disease outbreak. Mortalities appear to result from a poorly-understood interaction between high temperature, high density aquaculture, genetic depression and opportunistic infection by microorganisms. Resistance to summer mortality may be heritable in scallops, and phenotypic selection has been used to produce resistant strains in other bivalves. However, the broodstock of *M. yessoensis* used remains unselected in China. We initiated a family selection program for summer mortality resistance in 2011. Selective breeding programs for improving the scallop stocks are expensive, labor-intensive, and typically rely on lengthy field trials in which selection for survival is compromised by inherent stochasticity of outbreaks of “summer mortality syndrome”. Reliable laboratory assays that identify and eliminate poor-performing families prior to planting could improve selection efficiency. We tested the hypotheses that juvenile survival after heat shock predicts adult survival at harvest for full-sib families of *M. yessoensis*. We heat-shocked (18 and 23 °C) juveniles from each of 10 families, and monitored their survival for 5 – 20 days, then classified A08 and A09 families as high-surviving and the others as low-surviving. We also deployed replicated groups of siblings from all 10 families in coastal waters of Dachangshan Island, Dalian for one year. At harvest, we estimated family-specific average survival (%) and average individual shell height. We found that the high survival rates in both A08 (34.3% ± 3.5%) and A09 (46.5% ± 5.3%) families were identical with the predicted values after heat shock, and there was no family-level correlation between juvenile survival and shell height. We conclude that assays measuring heat tolerance in early juveniles hold promise of predicting performance of *M. yessoensis* families planted in coastal waters.

Key words: *Mizuhopecten yessoensis*; family; selection breeding; heat shock; early prediction

Corresponding author: ZHANG Ming. E-mail: sunmoon-zhang@163.com