

温度对墨西哥湾扇贝胚胎和幼虫发育的影响^{*}

何义朝 张福绥 李宝泉

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

提要 于1994—1995年,在中国科学院海洋研究所贝类生态实验室,利用引自美国佛罗里达州并在我国培育繁衍的第二、三代墨西哥湾扇贝作为亲贝,采集精卵,在盐度为31—32的条件下,采用控温仪对各个设计实验温度严格控温,进行胚胎和幼虫发育的耐温实验。结果表明,墨西哥湾扇贝受精卵的有效孵化温度范围为23—30℃,其中27—28℃为最适孵化温度;D形幼虫的生存温度范围是20—32℃,当温度升至34℃时,其存活率随时间的延长而迅速下降为零。幼虫在20—33.5℃时有不同程度的生长,其中27.5—30℃为最适生长温度;幼虫生长的适宜温度范围在春、秋季节有所差别,春季的适温范围偏低。幼虫的最高变态率发生在28—30℃,而在23.4—27.5℃时,变态率变化不明显。当温度升至31℃后,变态率急剧下降。

关键词 墨西哥湾扇贝 温度 胚胎发育

学科分类号 S968.3

不同种类的生物对环境温度有不同的适应范围,并且,该范围也因生物不同发育阶段及亲体不同的生存环境条件而有差异。有关温度和盐度对软体动物胚胎发育的影响已有许多报道(何义朝等,1983; Loosanoff *et al*, 1963; Calabrese, 1969);对海湾扇贝的性腺成熟、胚胎发育、稚贝及成体与温度的关系等,国内外也已进行了许多研究(Heasman *et al*, 1996; Voyer, 1992; 林瑞才等,1989)。但有关墨西哥湾扇贝的胚胎发育及成体对温度的适应能力的研究尚未见专门报道。本文报告温度对墨西哥湾扇贝胚胎和幼虫发育影响的研究结果,以期为墨西哥湾扇贝的人工育苗研究提供资料。

1 材料与方法

于1994—1995年,在中国科学院海洋研究所贝类生态实验室,利用1991年引自美国佛罗里达州并在中国培育繁衍的第二、三代(F_2 、 F_3)墨西哥湾扇贝(*Argopecten irradians concentricus* Say)作为亲贝,挑选性腺成熟个体,在26℃水温中采集精卵,供孵化实验用。待受精卵在26℃海水中孵化发育至D形幼虫后,按8—10ind/ml的密度移至800ml烧杯中,置于设计的各温度中,以水浴法保持恒温,进行幼虫存活和生长实验。在26℃条件下,当D形幼虫培养至50%的个体出现眼点时,将其移至各实验温度中,进行温度对变态率

* 国家攀登计划B资助项目,PD B-3-2号。何义朝,男,出生于1939年10月,研究员, E-mail:fszhang@ms.qdio.ac.cn

收稿日期:1998-03-26,收修改稿日期:1998-08-18

的影响实验, 在各个梯度温度的容器中投放 2 片 3—4cm² 的 30# 筛绢作为附着器, 幼虫密度为 2.0ind / ml, 待海水中没有浮游幼虫后, 计算已变态的稚贝数。实验用海水盐度为 31—32, 每个实验温度设有 3 份样品, 1 份专供日常取样观察, 另 2 份供实验结束后测定数据用。实验期间每日投喂球等鞭金藻 3011(*Isochrysis galbana*), 日投饵量视幼虫大小增减, 各样品的投饵量等同。隔日用同温度海水更换 2 / 3 用水, 光照控制在 500 lx 左右。各温度组温差不超过 0.5℃。

2 结果

2.1 温度对孵化率的影响

实验于 1995 年 5 月进行。受精卵按 50ind / ml 的密度置于 250ml 烧杯中, 分别置于设计的各温度中水浴, 力求使胚胎从卵裂至 D 形幼虫的整个发育过程都在设定的温度中进行。铰合部直、幼虫壳能包严软体部者, 可视为完整的 D 形幼虫; 孵化率达 30% 以上的水温可视为孵化有效温度。结果见图 1。由图 1 可知, 在春季生殖期, 墨西哥湾扇贝的孵化水温为 23—30℃, 最适孵化温度为 27—28℃。当孵化温度达 33℃ 时, 受精卵尚未发育到多细胞期就开始解体, 孵化率降为 0; 在 17—20℃ 的低温中, 虽有部分受精卵发育至完整的 D 形幼虫, 但孵化时间延长至 68h 和 40h, 50% 以上的胚体尚处于囊胚期, 并且多畸形, 不能进一步发育。

2.2 温度对幼虫存活率的影响

将平均壳长为 128.1μm 的 D 形幼虫, 按 10ind / ml 密度移至各实验温度, 经 64h、96h 和 112h 后, 分别取样测定其存活率(图 2)。由图 2 并结合图 4 的生长实验结果可知, D 形幼虫存活的水温范围为 20—32℃, 在此范围内, 幼虫存活率随温度的升高而降低, 但当超过 32℃ 后, 存活率明显下降。在 32.5℃ 水温中, 经 112h 后, 幼虫存活率降至 57.4%。在 33.5℃ 的近高温极限中, 幼虫死亡率高。处于 34℃ 高温极限中的幼虫, 在最初 6h 内, 其存活率仍可达 100%, 24h 后降至 72%, 以后逐步降至 0。在 35℃ 水温中, 幼虫沉于底部并很快发生面盘纤毛脱落, 24h 内死亡率达 93.4%。

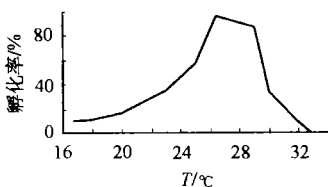


图1 温度对墨西哥湾扇贝孵化率的影响

Fig.1 Effect of temperature on the hatching rate of the *A. i. concentricus*

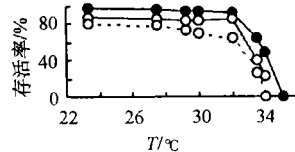


图2 高温对墨西哥湾扇贝幼虫存活率的影响

Fig.2 Effect of higher temperature on the survival rate of the larvae of *A. i. concentricus*
—●—64h, —○—96h, ...○...112h

2.3 温度对幼虫生长的影响

实验结果见图 3 和图 4。由图 3 和图 4 可知, 温度对墨西哥湾扇贝幼虫的生长有明显的影 响, 幼虫在 20—33.5℃ 时有不同程度的生长, 27.5—30℃ 为最适生长温度。在 33.5℃ 的近高温极限中, 幼虫的生长速度明显减缓。幼虫在 23.4℃ 和 32℃ 时的生长速度接近, 但在 32℃ 时幼虫大小不均, 内脏团颜色较差。33.5℃ 时的幼虫大小差异更大, 幼虫胃空、色淡。

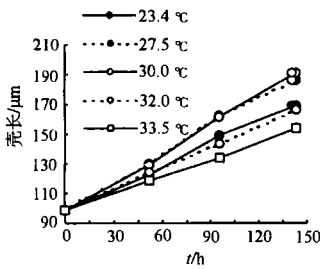


图3 温度对墨西哥湾扇贝幼虫生长的影响

Fig.3 Effect of temperature on the larval growth rate of *A. i. concentricus*

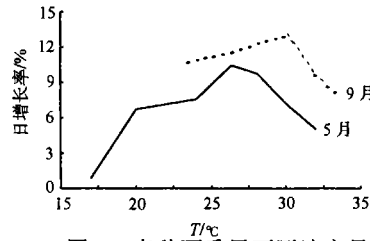


图4 春秋两季墨西哥湾扇贝幼虫生长的适温范围

Fig.4 Suitable temperature ranges of the larval growth of *A. i. concentricus* in Spring and Autumn

值得注意的是,春秋两季(5月和9月),因亲贝性腺成熟过程中环境水温不同,幼虫的生长温度范围有差别。由图4可知,5月份幼虫适宜生长温度为24—28℃,9月份为27.5—30℃,春季适温范围较秋季偏低。

2.4 温度对幼虫附着变态的影响

因受实验条件限制,未进行23℃以下的低温实验,仅将23.4—33.5℃的幼虫变态实验结果绘成图5。由图5可知,幼虫的最高变态率发生在28—30℃,当温度高于31℃时,变态率急剧下降;在23.4—27.5℃时,变态率变化不明显。在实验过程中还发现,若将早期D形幼虫移至33℃以上温度中培养,尚未发现有变态者,如待幼虫发育到足面盘幼虫期(该时期幼虫眼点大而明显,面盘开始缩小,足增大,幼虫壳缘增厚)将其移至33℃和35℃水中,可分别获得5.6%和2.1%的变态率,但这两组稚贝随着时间的延长开始从附着基上脱落并死亡。23.4—

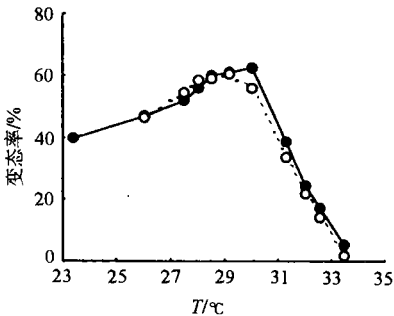


图5 温度对墨西哥湾扇贝幼虫变态率的影响

Fig.5 Effect of temperature on the larval metamorphosis rate of *A. i. concentricus*

—●—8月, ...○...9月

32℃中的稚贝存活率随温度的升高而降低。23.4℃、27.5℃、30.0℃和32.0℃中的稚贝存活率分别为97%、97.5%、93%和50%。

3 讨论

温度和盐度是影响海洋生物胚胎发育的两个特别重要的因素,并且因其易于测量和调节而引起生态学家的广泛关注。许多学者十分重视这两个因素的相互作用, Kinne(1963)特别强调了两个或更多因素组合影响的重要性;林瑞才等(1989)进行温度和盐度对海湾扇贝幼虫附着变态影响的研究后发现,在不同的盐度条件下,幼虫附着变态的适宜温度也不同,反之亦然。但也有学者认为,只有当温度和盐度或其中之一接近极限范围时,温度和盐度相结合才显示出明显的相互关系,反之,当温度或盐度处于安全范围时,没有明显的相互关系。因此,如将温度或盐度控制在适宜条件下,单一因子的实验结果亦能反映出其范围。本实验所得结果是在31—32的盐度条件下,墨西哥湾扇贝各发育阶段对温度的耐受范围。

软体动物胚胎发育早期对温度的适应范围要比 D 形幼虫以后的适应范围更狭窄。Wright 等 (1984) 发现海湾扇贝胚胎发育的卵裂阶段对高温更加敏感。作者在研究温度对贻贝胚胎发育影响时观察到, 贻贝胚胎发育到原肠期对温度最敏感, 耐温范围最狭窄。本实验结果表明, 墨西哥湾扇贝适宜的孵化温度为 25—30℃, 在 17—20℃ 的低温、或在 33℃ 高温下, 胚体多畸形或分裂球解体, 仅部分发育成完整的 D 形幼虫。Sastry (1966) 引证的资料认为, 墨西哥湾扇贝在卵裂早期阶段, 其发育的温度下限为 15℃ 和 20℃, 与本实验有关胚胎的低温极限相一致。当发育到 D 形幼虫后, 幼虫能在 16℃ 和 33.5℃ 中存活、生长并有少量进一步发育至变态附着。显然, 墨西哥湾扇贝在胚胎发育早期对温度最敏感。因此, 在育苗生产中, 严格控制孵化水温, 将会提高孵化率、获得足够而且健康的幼虫。在接近极限温度的范围内, 幼虫的耐受力随温度的升高和持续时间的延长而下降。

胚胎发育对温度的适应能力受种群的遗传特性及其亲体的生存环境条件双重因素影响。在 5 月份, 墨西哥湾扇贝幼虫适宜生长温度范围为 24—28℃, 9 月份则为 27.5—30℃, 即春季适温范围偏低、秋季则偏高。Castagna (1975) 指出该种扇贝直线铰合幼虫的最佳发育温度为 26—28℃, 与本实验的结果基本一致, 产生微小差异的原因可能是由于季节不同, 亦即由于亲体性腺发育过程经历的温度条件的差异。

在适温范围内, 幼虫的生长发育速度随温度的升高而加快。在 30.0℃ 时, 幼虫的生长速度、眼点幼虫和变态附着的出现最快, 其次是 27.5℃ 和 26.0℃。

Loosanoff 等 (1963) 认为幼虫在低温时生长迟缓是由于生物体内的酶不活跃所致, 但当超过最适温度时, 幼虫生长发育速度减缓的原因, 各学者有不同的解释, Loosanoff 等 (1963) 认为是 27℃ 高温使金藻等饵料细胞受到破坏, 而 Davis 等 (1969) 却认为是由于高温时有毒细胞大量繁殖、动物消耗更多能量以及抵抗能力减弱所造成的, 这就难以解释为什么墨西哥湾扇贝幼虫在 30℃ 水中比在 25℃ 左右水中有更高的生长率和变态率。作者认为幼虫对温度或盐度变化的耐受力主要是由种的遗传特性和该种贝类产卵前性腺发育过程中所处的环境条件来决定。另一方面, 生物体在不利的环境中必然作出各种反应以求得生存, 或逃离不利环境, 或延缓发育, 或调整机体生理状态使之与外界产生静态平衡, 或在更多时间里把软体部缩入壳内以减少与不利环境接触、作消极忍耐。作者观察到幼虫在近高温极限中, 多沉于容器底部, 时而伸出面盘、时而紧闭双壳, 摄食减少、代谢率下降, 这势必导致生长发育减缓。在进行幼虫存活实验时, 因缺少足够的降温设备, 未能进行 23℃ 以下温度实验, 但在后来其它实验中发现, 少数幼虫在 17℃ 时能存活并能生长发育, 且在 20℃ 下存活率达 60% 以上, 因此幼虫的存活温度范围应视为 20—32℃。

林瑞才等 (1989) 指出, 温度和盐度都明显地影响海湾扇贝 (*Argopecten irradians irradians*) 幼虫的附着和变态, 单因子和双因子综合实验结果相似, 其附着变态的最适温度为 25℃ 和 25.4℃。本实验是在 31—32 盐度条件下的单因子实验, 结果证明墨西哥湾扇贝幼虫附着变态的适宜温度范围为 28—30℃, 显示出两个亚种间遗传性的差别。

在 31℃ 以上的海水中, 墨西哥湾扇贝幼虫变态率急剧下降, 在 33℃ 下难以达到变态, 但若待幼虫在 26℃ 海水中培育至足面盘幼虫期, 再移至 33℃ 和 35℃ 水中, 变态率可分别达到 5.6% 和 2.1%。因此, 幼虫在发育到足面盘幼虫之前, 对环境因素更敏感, 适应力较低, 其原因有待进一步研究。

参 考 文 献

- 何义朝, 张福绥, 1983. 温度对贻贝胚胎发育的影响. 见: 中国贝类学会编辑. 贝类学论文集 I. 北京: 科学出版社, 133—142
- 林瑞才, 陈 敏, 林笔水, 1989. 温度和盐度对海湾扇贝幼虫附着及变态的影响. 台湾海峡, 8(1): 60—67
- Calabrese A, 1969. Individual and combined effects of salinity and temperature on embryos and larvae of the coot clam, *Mulinia lateris*. Mar Biol, 137: 417—428
- Castagna M, 1975. Culture of the bay scallop, *Argopecten irradians* Lamarck, in Virginia. Mar Fish Rev, 37: 19—24
- Davis H C, Calabrese A, 1969. Survival and growth of the larvae of the European oyster (*Ostrea edulis* L.) at different temperature. Biol Bull, 136: 193—199
- Heasman M P, O'-Connor W A, Frazer A W, 1996. Temperature and nutrition as factors in conditioning broodstock of the commercial scallop *Pecten fumatus* Reeve. Aquaculture, 143(1): 75—90
- Kinne O, 1963. The effect of temperature and salinity on marine and brackish water animals. II Temperature Oceanogr. Mar Biol Annu Rev, 1: 301—341
- Loosanoff V L, Davis H C, 1963. Rearing of bivalve mollusks. Adv Mar Biol, 1: 1—136
- Sastry A N, 1966. Temperature effects in reproduction of the bay scallop, *Aequipecten irradians* Lamarck. Biol Bull Lab. Woods Hole, 130: 118—134
- Voyer R A, 1992. Observations on the effect of dissolved oxygen and temperature on respiration rates of the bay scallop, *Argopecten irradians*. Northeast-Gulf-Sci, 12(2): 147—150
- Wright D A, Roomburg W H, Castagne M, 1984. Thermal tolerance in embryos and larval of the bay scallop *A. irradians* under simulated power entertainment condition. Mar Ecol Prog Ser, 14: 269—273

EFFECT OF TEMPERATURE ON EMBRYO AND LARVAL DEVELOPMENT OF THE SCALLOP *ARGOPECTEN IRRADIANS CONCENTRICUS* SAY

HE Yi-chao, ZHANG Fu-sui, LI Bao-quan

(Institute of Oceanology, The Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071)

Abstract F_2 and F_3 of the scallop *Argopecten irradians concentricus* Say were reproduced in China, which was introduced from Florida, USA. at the end of 1991, were utilized as broodstock. Under salinity conditions of 31—32, the eggs and sperms were collected by stimulation and were used for the experiment on temperature tolerance of the embryos and larvae. The results show that the effective temperature range under which the fertilized eggs can hatch is 23—30°C, and the optimum range is 27—28°C. The temperature range for survival of the D larvae is 20—32°C, and the optimum, 24—28°C. At high temperature of 34°C, the survival rate of the larvae falls rapidly to nought. The temperature range for larval growth is 20—33.5°C, the optimum, 27.5—30°C. The growth rate of larvae is different between spring and autumn; the suitable temperature range is slightly lower in spring than in autumn. From a temperature range of 23.4—27.5°C, the metamorphosis rate increased gradually up to a range of 28—30°C under which it was highest and then at still higher temperature an abrupt decrease occurred.

This experiment was carried out in May, 1995. The aim is to determine the effects of temperature, as a monofactor, on hatching rate, survival and growth rate, and metamorphosis; the study could provide some reference data for artificial breeding. Apparently, at the early stage of embryo, the scallop is most sensitive to temperature. Thus, controlling the hatching strictly in artificial breeding would produce more and active larval. This species of scallop could tolerance high temperature and can be artificial cultured in South China Sea.

Key words *Argopecten irradians concentricus* Say Temperature Embryonic development

Subject classification number S968.3