

不同温度对内刺盘管虫幼虫生长发育及变态的影响

曹善茂, 徐赫, 刘鹏亮, 李建, 孙文山

(大连水产学院 辽宁省省级高校海洋生物资源可持续利用重点实验室, 辽宁 大连 116023)

摘要: 研究了不同温度对内刺盘管虫 *Hydroides ezoensis* 幼虫生长发育及变态的影响。结果表明: 24 ℃下内刺盘管虫的孵化率最高 (85.20% ± 2.36%), 30 ℃下孵化率仅为 1.70% ± 1.70%, 按孵化率大小依次为 24 ℃ > 21 ℃ > 18 ℃ > 27 ℃ > 30 ℃; 30 ℃下孵化时畸形率、死亡率大幅增加, 18 ~ 27 ℃下孵化正常, 且 27 ℃下孵化时间最短 (511 min); 5种温度下内刺盘管虫幼虫圆盘直径大小随时间变化呈“弧”形分布, 体长则逐渐上升; 18 ℃下幼虫在试验第 12 天全部死亡, 而在 21、24、27、30 ℃下浮游期存活率分别为 75.73% ± 4.55%、74.03% ± 5.98%、64.43% ± 4.20%、58.67% ± 8.54%; 变态率以 24 ℃下最高 (60.45% ± 7.52%)。

关键词: 内刺盘管虫; 温度; 生长发育; 变态

中图分类号: Q132.6 **文献标志码:** A

内刺盘管虫 *Hydroides ezoensis* 是中国北方海域的主要污损生物之一, 其成虫终生营固着管栖生活, 通常群栖, 常附着在扇贝、鲍、海带等生物的体表以及海水养殖网笼等养殖用具上, 给海水养殖带来严重危害。另外, 还附着于船底、码头的浮桥、柱桩等物体上, 给航运带来影响。内刺盘管虫由于分泌石灰质外壳, 且生长十分迅速, 所以一旦附着在物体上, 将其除去非常困难。内刺盘管虫有一个自由生活的担轮幼虫期, 如果此时采取有效措施杀灭幼虫, 或防止其在网笼上附着, 将是一个经济有效、具有可操作性的防治方法。关于内刺盘管虫, 国内外有一些研究报道, 主要集中在分类^[1]、性腺发育^[2]、幼虫发育变态^[3]、幼虫附着变态机理^[4]及重金属对幼虫发育变态的影响^[5]等方面, 有关温度对其生命活动的影响则未见报道。本试验中, 作者研究了不同温度对内刺盘管虫孵化率、孵化时间、担轮幼虫的生长发育状况以及变态率的影响, 旨在了解内刺盘管虫的适宜繁殖及幼虫发育温度, 通过改变水环境温度影响其正常繁殖发育, 进而达到防除的目的。

1 材料和方法

1.1 材料

内刺盘管虫成虫于 2007 年 1 月 11 日取自大长

山海域筏养虾夷扇贝的贝壳上, 将扇贝壳清洗干净后放入网袋中继续暂养。

1.2 方法

1.2.1 成虫的暂养 成虫取回后先与虾夷扇贝种贝一起人工升温促熟。4 月 7 日, 将消毒清洗干净的扇贝壳分批装入 7 ~ 8 个网袋中, 放入 75 L 试验桶中进行暂养, 水温保持在 (19 ± 0.5) ℃。培育过程中连续充气, 每天投饵 4 次, 饵料以新月菱形藻 *Nitzschia closterium* 为主, 投饵量按照成虫的具体摄食量, 每天适当加量, 每天全量换水一次。

1.2.2 产卵、孵化 人工解剖成虫刺激产卵, 产卵水温为 (22.5 ± 0.5) ℃, 对产出卵在 1 h 后进行人工授精, 约 40 min 后出现二细胞, 此时开始洗卵、定量, 然后将等量受精卵放入不同温度 (18、21、24、27、30 ℃) 的烧杯中孵化, 测定担轮幼虫的密度, 计算孵化率。

1.2.3 幼虫培养 在 500 mL 的塑料烧杯中培养幼虫, 每杯加入 300 mL 海水。设置 5 个温度梯度: 18、21、24、27、30 ℃, 每个梯度设置 3 个平行。将试验烧杯悬吊于 75 L 的恒温水浴塑料桶中, 用自动恒温电加热棒调节水温并充气, 水温波动范围为 0.5 ℃。

幼虫培育期间, 每天投饵 3 次, 前期以等鞭金

藻 *Isochrysis galbana* 为主, 中期加入少量新月菱形藻, 投饵量随着幼虫的生长而逐步增加, 等鞭金藻投饵量为 0.5 ~ 2.0 万个 / (mL · d), 每天全量换水一次。每天镜检幼虫的发育情况, 测量担轮幼虫的圆盘直径及长度。幼虫出现三刚节后及时下附着基 (清洗干净的海湾扇贝壳)。

1.3 计算公式和数据处理

$$\text{孵化率} = \frac{\text{担轮幼虫数量}}{\text{二细胞的数量}} \times 100\%,$$

$$\text{存活率} = \frac{\text{三刚节幼虫数量}}{\text{担轮幼虫的数量}} \times 100\%,$$

$$\text{变态率} = \frac{\text{附着幼虫数量}}{\text{三刚节幼虫的数量}} \times 100\%。$$

用 Excel 软件对数据进行处理, 并用 SPSS 11.5 软件进行单因素方差分析 (one-way ANOVA), 用 Duncan's 法进行多重比较, 显著性水平为 0.05。

2 结果

2.1 温度对内刺盘管虫孵化率的影响

不同温度下内刺盘管虫孵化率的变化见图 1, 在设定的温度范围内, 温度对内刺盘管虫孵化率影响显著 ($F=790.537, P<0.05$)。从图 1 可见: 24 °C 下内刺盘管虫的孵化率最高, 为 $85.20\% \pm 2.36\%$, 其次是 21 °C 下, 为 $84.78\% \pm 1.20\%$, 说明 21 ~ 24 °C 是内刺盘管虫受精卵孵化的最适温度; 18 °C 和 27 °C 下受精卵孵化率分别为 $64.41\% \pm 2.97\%$ 和 $56.52\% \pm 1.85\%$, 而 30 °C 下仅为 $1.70\% \pm 1.70\%$, 且大部分受精卵发育到囊胚期至原肠期出现畸形甚至死亡的现象。统计结果表明, 21 °C 与 24 °C 下两组间差异不显著 ($P>0.05$), 其余各组间差异显著 ($P<0.05$)。

2.2 温度对内刺盘管虫孵化时间的影响

随着温度的升高, 内刺盘管虫受精卵的孵化时间逐渐缩短, 18、21、24、27 °C 和 30 °C 下受精卵的孵化时间分别为 850、705、585、511 min 和 205 min。温度 ≤ 27 °C 时, 有 90% 以上的幼虫发育正常, 进入担轮幼虫期, 但温度过高 (30 °C) 会出现大量畸形、死亡的多细胞胚胎, 仅少数幼虫发育为担轮幼虫。温度在 18 ~ 27 °C 条件下, 内刺盘管虫的胚胎发育时间 (t) 与温度 (θ) 呈负相关关系, 二者符合乘幂函数关系式, 其表达式为

$$\theta = 869.48t^{-0.3651} \quad (R^2 = 0.9792)。$$

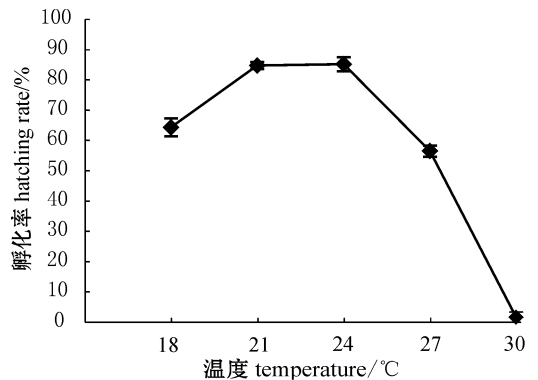


图 1 温度对内刺盘管虫孵化率的影响

Fig. 1 Effects of temperature on the hatching rate of *Hydroides ezoensis* Okuda

2.3 温度对内刺盘管虫担轮幼虫生长发育的影响

2.3.1 温度对内刺盘管虫担轮幼虫圆盘直径生长的影响 从图 2 可见: 18 °C 和 21 °C 下, 第 9 天幼虫的圆盘直径达到最大值, 24 °C 下第 7 天、27 °C 和 30 °C 下第 6 天达到最大值, 随后各温度下幼虫的圆盘直径逐渐减小。这是由于幼虫发育至三刚节阶段开始变态, 所以圆盘直径逐渐变小。随后投放附着基, 其中 30、27 °C 下第 6 天投放附着基, 24 °C 下第 9 天、21 °C 下第 13 天也投放了附着基。结果在 21 °C 下幼虫圆盘直径最大, 为 $(196.46 \pm 13.44) \mu\text{m}$, 说明在此温度下较为适合幼虫的生长; 其次是 18、24 °C 下, 幼虫圆盘直径分别为 (195.05 ± 16.02) 、 $(191.30 \pm 12.93) \mu\text{m}$, 18、21、24 °C 下幼虫圆盘直径基本相同, 三者差异不显著 ($F=1.409, P>0.05$), 27 °C 和 30 °C 下幼虫圆盘直径与其它各组间差异显著 ($P<0.05$), 但是在 30 °C 下幼虫最先发育到三刚节阶段。投入附着基 2 ~ 3 d 后, 幼虫数量明显减少, 开始附着, 其中 30 °C 下幼虫在第 9 天全部附着, 其次是 27、24 °C 和 21 °C 下, 而 18 °C 下幼虫由于对温度不适应, 第 12 天就全部死亡。

2.3.2 温度对内刺盘管虫担轮幼虫体长的影响

从图 3 可见: 担轮幼虫体长的生长总体呈上升趋势, 在幼虫全部附着前, 24 °C 下幼虫体长最大, 为 $(361.43 \pm 14.44) \mu\text{m}$, 其他 4 种温度下幼虫体长依次为 $(351.10 \pm 53.77) \mu\text{m}$ (21 °C)、 $(331.35 \pm 30.64) \mu\text{m}$ (27 °C)、 $(310.2 \pm 15.03) \mu\text{m}$ (30 °C) 和 $(289.99 \pm 28.55) \mu\text{m}$ (18 °C)。平均每天体长的增长量为 15 ~ 30 μm , 11 d 内以 24、27 °C 组幼虫的日增长量最大, 分别为 22.33、

22.37 μm 。各温度下幼虫的增长速度呈现一定的规律性,前期增长速度较慢,中期较快,而后期又开始减慢,各组幼虫体长增长量与时间的变化在各温度之间的差异较为显著 ($P < 0.05$)。

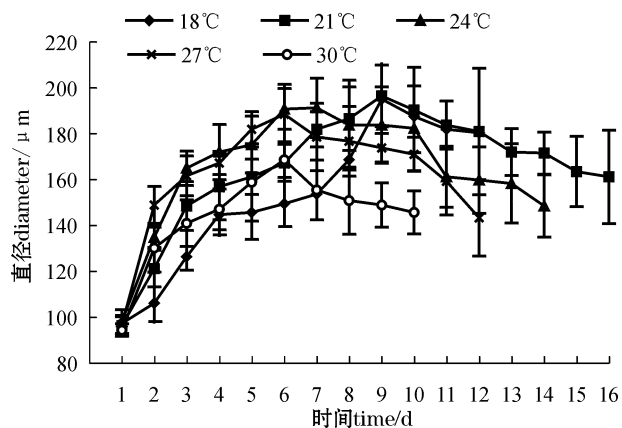


图 2 温度对内刺盘管虫担轮幼虫圆盘直径的影响

Fig. 2 The diameter of *Hydrades ezoensis* Okuda trochophore at different temperatures

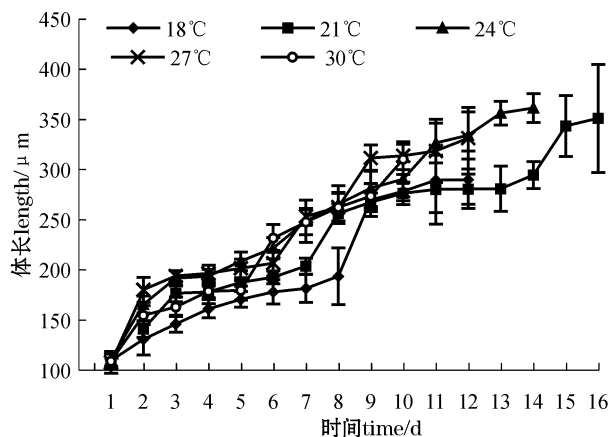


图 3 温度对内刺盘管虫担轮幼虫体长的影响

Fig. 3 Effects of temperature on the length of *Hydrades ezoensis* Okuda trochophore at different temperatures

2.4 温度对内刺盘管虫幼虫存活率的影响

图 4 显示的是不同温度下幼虫的存活率。单因素方差分析表明,各组间差异显著 ($F = 147.733$, $P < 0.05$)。从图 4 可见:18 $^{\circ}\text{C}$ 下由于不适合幼虫的生长,幼虫发育至三刚节前期全部死亡;21、24、27、30 $^{\circ}\text{C}$ 下幼虫的成活率逐渐减小,分别为 $75.73\% \pm 4.55\%$ 、 $74.03\% \pm 5.98\%$ 、 $64.43\% \pm 4.20\%$ 、 $58.67\% \pm 8.54\%$ 。多重比较结果显示,在设定的温度范围内,21 $^{\circ}\text{C}$ 与 24 $^{\circ}\text{C}$ 组、27 $^{\circ}\text{C}$ 与 30 $^{\circ}\text{C}$ 组间幼虫存活率差异不显著 ($P > 0.05$),其余

各组间差异显著 ($P < 0.05$)。

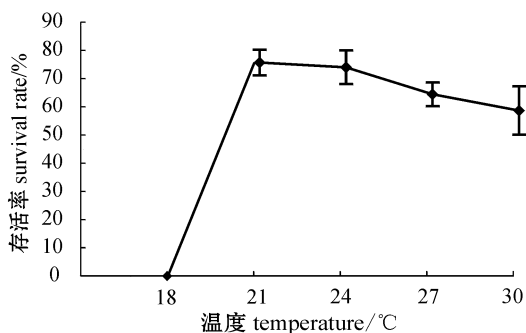


图 4 不同温度下内刺盘管虫幼虫的存活率

Fig. 4 The survival rate of *Hydrades ezoensis* Okuda larvae at different temperatures

2.5 温度对内刺盘管虫幼虫变态率的影响

从图 5 可见:24 $^{\circ}\text{C}$ 下幼虫的变态率最高,为 $60.45\% \pm 7.52\%$;其次是 27 $^{\circ}\text{C}$ 下,为 $51.23\% \pm 7.03\%$;30 $^{\circ}\text{C}$ 下变态率最低,为 $10.475\% \pm 2.75\%$ 。由此可以看出,24 $^{\circ}\text{C}$ 下较适合内刺盘管虫幼虫的变态。单因素方差分析表明,在设定温度范围内幼虫的变态率差异显著 ($F = 91.435$, $P < 0.05$)。多重比较结果显示,21 $^{\circ}\text{C}$ 与 27 $^{\circ}\text{C}$ 组间差异不显著 ($P > 0.05$),其余各组间差异显著 ($P < 0.05$)。

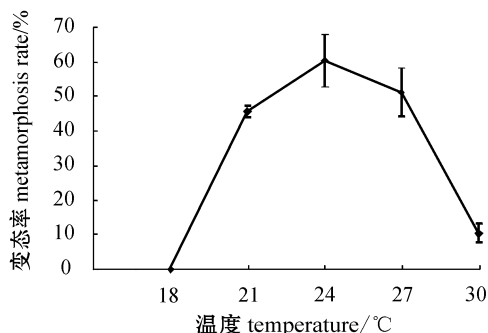


图 5 温度对内刺盘管虫幼虫变态率的影响

Fig. 5 Effects of temperature on the metamorphosis of *Hydrades ezoensis* larvae

3 讨论

3.1 温度对内刺盘管虫孵化率和孵化时间的影响

内刺盘管虫幼虫孵化率与温度的关系十分密切,其孵化率与温度的关系呈现由低—高—低分布的趋势。本试验结果表明:温度过高 (30 $^{\circ}\text{C}$),虽然能缩短孵化期,但不利于胚胎的正常发育,容易产生畸形幼虫,明显降低幼虫的孵化率,甚至不能孵化;而温度过低 (18 $^{\circ}\text{C}$) 会导致孵化时间延长,

在低温下受精卵或胚胎发育很慢,几乎处于停滞状态,有的最终导致死亡,因此也不利于内刺盘管虫的孵化。兰国宝等^[6]研究了水温对方格星虫幼虫发育及变态的影响,结果表明,浮游期海球幼体的发育时间与温度变化的关系极为密切,并遵从 Logistic 曲线分布。这与本试验结果基本一致。大西洋鳕在胚胎发育的自然温度(0~6.1℃)下,温度升高6℃,胚胎蛋白增长速度提高1.65倍,孵化幼虫蛋白质含量随温度的升高而下降^[7]。据此推断,本试验中,温度过高时,内刺盘管虫也可能是因胚胎蛋白合成速度加快导致孵化时间较短,但同时孵化期蛋白含量却下降很快,进而造成孵化率过低。这是由于温度对卵黄蛋白吸收速率和胚胎蛋白增长速率这两个相互独立的过程综合影响而造成的。Kinne^[8]认为,有机体每发育一阶段,其细胞内部都具有特定的化学反应,这个反应的方式受细胞中球蛋白的控制,而球蛋白的结构又受热力学所控制的氨基酸排列顺序的影响,所以温度的高低会严重影响内刺盘管虫的孵化率。

3.2 温度对内刺盘管虫担轮幼虫生长发育的影响

动物的繁殖习性是长期以来自然形成的结果,人为过多的加快其性腺、胚胎发育,势必会对幼虫健康造成影响,并影响幼虫的正常生长发育。内刺盘管虫是一种适应能力极强的污损生物,因此它对温度的适应能力较强。但本试验结果表明,5个温度梯度下的幼虫虽然一直处于生长状态,但是生长速度差异较大。在适宜的温度范围内,随着温度的增加,幼虫的生长速度会加快,但超出适温范围则结果相反。本试验中发现,21、24、27℃下,随着温度的提高,担轮幼虫的生长速度有所增加;而在30℃下,虽然担轮幼虫体长及圆盘大小一直处于生长,但幼虫的状态不活跃,18℃下担轮幼虫在第12天突然全部死亡,说明在18、30℃下幼虫的生长发育受到限制。

Loosanof等^[9]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。Loosanof等^[9]认为,高温下金藻等饵料细胞会受到破坏;而Davis等^[10]却认为,高温时由于有毒细胞大量繁殖、动物需消耗更多能量以及抵抗能力减弱所造成的,但这些都成为解释内刺盘管虫在极限温度时活力较弱的原因。

培育幼虫的温度高低不同,必然影响到幼虫的体质,进而影响其生长、生存、发育^[11]。据文献

报道,在适宜温度范围内,环境水温的提高,对生长有两种相反的影响作用:一是负面影响,因为温度的升高而需要更多的能量来维持代谢;二是正面影响,因为温度的升高提高了能量网中能量传送。从本试验结果看,当养殖水温超过27℃时,温度的提高对内刺盘管虫幼虫生长的负面影响就开始大于正面影响,表现在30℃下的幼虫游动不活跃,试验结束后,存活的个体都很瘦小,其生长速度已明显下降。

3.3 温度对内刺盘管虫幼虫变态率的影响

温度对幼虫的变态率有着重要的影响,其作用机理是:一方面通过改变幼虫生命活动中酶的活性,影响代谢率,从而影响幼虫的生长发育;另一方面通过影响幼虫代谢过程中的能量收支,从而影响幼虫的生长和活动^[12]。兰国宝等^[13]的研究表明:温度低于18℃,带眼点的泥蚶匍匐幼虫会长时间不能变态而逐渐死去;而在33℃高温下,部分幼虫虽然能通过变态关,但死亡率很高,达80~90%以上。林君卓等^[14]的研究表明:文蛤在12℃下不变态,17℃下变态率较低,22~32℃下变态率在40%以上,而超过35℃变态率又降低。上述结果与内刺盘管虫幼虫受温度影响的变态规律相一致。本试验中,低温(21℃)下内刺盘管虫幼虫的变态率较低,主要是幼虫代谢过程中酶的活性降低,生物合成过程缓慢,因而表现出生长发育缓慢、变态率低或不能变态,最终导致死亡的现象;而高温(30℃)下幼虫的变态率降低,主要是幼虫的营养积累不足以维持其生长和高代谢率,能量收支不平衡,最终导致生长缓慢、变态率低。此时,由于酶的活性高,幼虫贮存的能量又可以提供幼虫生命活动,因而与低温下相比,幼虫在较高温度范围内的存活率较高,因此也可以变态。

温度和内刺盘管虫幼虫的变态时间密切相关,在适温范围内,高温下发育变态速度较快,最早与最晚竟相差7d(30℃和21℃),这种现象是内刺盘管虫长期适应自然环境变化的结果,具有重要的生物学意义。在环境不良的情况下,幼虫可以借助于延长发育与变态的时间,以求变态的成功,这种现象在双壳类幼虫中较为常见^[15-16],但本试验中18℃下幼虫并没有变态,说明此温度已超出内刺盘管虫幼虫自身变态可以忍受的范围。关于温度对内刺盘管虫幼虫的附着和变态的影响还有待进一步研究。

综上所述,内刺盘管虫是北方沿海水产养殖的

一大敌害附着生物,给养殖业造成了较大的经济损失,如何防除它是一大生产难题。在目前尚无有效防除手段的情况下,可否考虑利用其繁殖习性来减少损失,即在海水温度达到内刺盘管虫最佳繁殖水温而大量繁殖时,将养殖网笼移到水温相对较低的海区以躲过其繁殖附着高峰,或者将网笼沉到水温较低的深水层中以减少其附着,从而达到防止内刺盘管虫附着的目的。

参考文献:

- [1] 杨德渐,孙瑞平. 中国近海多毛类[M]. 北京:农业出版社,1988.
- [2] 张彦敏,王琦. 内刺盘管虫的性腺发育与生殖周期[J]. 水产科学,1996,15(6):13-15.
- [3] 廖承义. 内刺盘管虫的发育及其幼虫的附着[J]. 山东海洋学院学报,1981,11(3):39-51.
- [4] Okamoto K, Watanabe A, Sakata K, et al. Chemical signals involved in larval metamorphosis in *Hydroides ezoensis* (Serpulidae; Polychaeta). Part I: Induction of larval metamorphosis by extract of adult tube clumps[J]. J Mar Biotechnol, 1998, 6(1):7-10.
- [5] 曹善茂,徐赫,刘康. 4种重金属离子对内刺盘管虫担轮幼虫的急性毒性[J]. 大连水产学院学报,2008,23(1):73-76.
- [6] 兰国宝,廖思明,阎冰. 水温对方格星虫幼体发育及变态的影

- 响[J]. 水产学报,2007,31(5):633-638.
- [7] Knftina N D, Novikon G G. Embryonic growth and utilization of yolk storage protein during early ontogeny of Cod, *Gadus morhua*, at different temperature[J]. Vopr Ikhtologii, 1986, 26:646-657.
- [8] Kinne O. The effect of temperature and salinity on marine and brackish water animals. I. Temperature[J]. Oceanography Marine Biology Annual Review, 1963, 1:300-340.
- [9] Loosanof V L, Davis H C. Rearing of bivalve mollusks[J]. Adv Mar Biol, 1963, 1:1-136.
- [10] Davis H C, Calablese A. Survival and growth of the larvae of the European oyster (*Ostrea edulis* L.) at different temperature[J]. Biol Bull, 1969, 136:193-199.
- [11] 朱小明. 福建河蟹人工养殖的能量学探讨[J]. 福建水产, 1996(3):51-54.
- [12] Pechenik J A. Environmental influences on larval survival and development [C]//Reproduction of Marine Invertebrates Vol. IX. California:Blackwell & Boxwood Press, 1987.
- [13] 兰国宝,聂振平,赖彬. 温度对泥蚶胚胎发育、幼体生长发育及变态的影响[J]. 广西科学, 1999, 6(4):307-310.
- [14] 林君卓,许振祖. 温度和盐度对文蛤幼体生长和发育的影响[J]. 福建水产, 1997, 3(1):27-33.
- [15] 林笔水,吴天明. 温度和盐度同缢蛭稚贝存活及生长的关系[J]. 水产学报, 1986, 10(1):41-50.
- [16] 林笔水,吴天明. 温度和盐度对缢蛭浮游幼虫发育的影响[J]. 生态学报, 1984(4):385-392.

Effects of temperatures on growth, development and metamorphosis of *Hydroides ezoensis* larvae

CAO Shan-mao, XU He, LIU Peng-liang, LI Jian, SUN Wen-shan

(Key Laboratory of Marine Bio-resources Sustainable Utilization in Liaoning Province's University, Dalian Fisheries Univ., Dalian 116023, China)

Abstract: The effects of different temperatures (18, 21, 24, 27, and 30 °C) on growth, development and metamorphism of *Hydroides ezoensis* larvae were studied in the present experiment. The optimum temperature for incubation of *H. ezoensis* was found at 24 °C with the hatching rate of 85.20% ± 2.36%. The minimal hatching rate of only 1.70% ± 1.70% was observed at 30 °C with the rang as 24 °C > 21 °C > 18 °C > 27 °C > 30 °C. There was significant increase in the malformation and mortality in group 30 °C compared to other groups. The larvae were hatched normally from 18 °C to 27 °C, the shortest incubation period of 511 minutes at 27 °C. The larvae had a large diameter at first and then had small diameter as they developed and growth. For group under 18 °C, all larvae died at the 12th day. Survival rates of the pelagic larvae was found to be 75.73% ± 4.55%, 74.03% ± 5.98%, 64.43% ± 4.20%, and 58.67% ± 8.54% for the groups 21, 24, 27 °C, and 30 °C, respectively, with the optimum metamorphic temperature of 24 °C (metamorphic rate of 60.45% ± 7.52%).

Key words: *Hydroides ezoensis*; growth; development and metamorphism; temperature