

温度对光棘球海胆不同发育阶段的影响*

高绪生 孙勉英 胡庆明 李国友

(辽宁省海洋水产研究所,大连 116023)

提要 于1988—1990年进行水温(0—30℃)对光棘球海胆不同发育阶段的影响的试验。结果表明,水温对光棘球海胆各发育阶段的生长等均有显著影响,并且,不同发育阶段对水温的要求不同。其中,低于5℃或者高于26℃时,受精卵不发育;低于15℃或者高于24℃时,浮游幼体发育不正常;低至0℃或者高至30℃时,幼海胆难以生存,生长适温在16—22℃;成海胆,0℃时活力显著减弱但短期内无死亡,30℃则大量死亡,生长适温在10—24℃。各发育阶段以浮游幼体期对水温的适应能力最弱,成海胆期适应能力最强。

关键词 光棘球海胆 生长发育 水温 浮游幼体

光棘球海胆又称大连紫海胆,产于西北太平洋沿海,是我国海胆类中最主要的经济种之一。因其经济价值较高而自然资源量又逐年减少,现已被我国列为新的海水增养殖种。因而,探讨环境因子对其生长发育的影响,对于人工育苗及增养殖技术研究是极为必要的。水温是对海胆类生长发育影响最主要的制约因子之一(廖玉麟,1982;川村一广,1973)。水温对马粪海胆等几种海胆的影响的研究已有报道(松井 魁,1966;Fuji,1962;等),而对光棘球海胆的影响,迄今国内尚未见报道。本文系水温对光棘球海胆各主要发育阶段的影响的初步研究结果。

1 材料与方法

试验于1988年11月—1990年5月间分作7次进行。其中,试验一、二是探讨水温对光棘球海胆胚胎发育期及浮游幼体期生长发育的影响;试验三、四、五探讨水温对幼海胆生长的影响;试验六、七探讨水温对成海胆的影响。

试验用光棘球海胆 *Strongylocentrotus nudus* A. 种海胆及成海胆均采自大连近海,卵与精子系人工刺激获取,幼体及幼海胆系室内人工繁育的。

各试验组的水温调控方法分两种,5℃及低于5℃各组在低温冷藏室内进行,用调节室温的方法间接调控水温,水温变化范围不大于设定值的 $\pm 0.8^\circ\text{C}$;高于5℃各组用WMZK-01型控温仪和电加热器或恒温水浴控温,水温变化范围不大于 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。

1.1 光棘球海胆的发育分期 根据其生活史各阶段的形态特征及其食性变化等,并参照久米又三、李嘉泳、廖承义等的有关报告,将其一生分为胚胎发育、浮游幼体、幼海胆、成海胆等4个主要发育阶段;每一阶段又分作若干发育期。胚胎发育阶段指由受精卵分裂开始至纤毛囊胚形成之阶段,根据胚胎的细胞数量等本阶段又包括2-细胞期、4-细胞期、

* 大连市科委重点科研项目,881009号。

收稿日期:1990年10月10日,接受日期:1993年6月11日。

8-细胞期……囊胚期等;浮游幼体阶段指由纤毛囊胚上浮起至匍匐变态为稚海胆止,本阶段根据幼体的形态特征等分作棱柱幼体及长腕幼体两个主要发育期,其中,长腕幼体(Pluteus)是海胆类浮游幼体的最重要发育期并且是海胆类特有的一种形态较为独特的浮游幼体。光棘球海胆的长腕幼体腕数在发育过程中逐步增加,由初期两个逐增至后期的8个,因而按其腕数依次又可分为二腕幼体、四腕幼体、六腕幼体、八腕幼体4期。八腕幼体后期腕逐渐消失而变态为形状与成体大致相似的稚海胆。变态后的海胆根据其壳径大小、生殖腺发育状况、食性差异等又分为幼海胆与成海胆两个阶段,两阶段海胆外形相似,幼海胆壳径不足4.5cm,不具繁殖能力,食物以底栖硅藻或幼嫩海藻为主;成海胆壳径大都在4.5—10cm,有繁殖能力,食性为以海藻类为主的杂食性。

1.2 水温对受精卵及浮游幼体阶段发育的影响的试验方法与步骤 卵与精子取自生殖腺完全成熟的种海胆,用0.5mol/L的KCl溶液注射法诱导获取。每次试验的各组均使用同批卵,以排除因种海胆个体间卵的质量等差异可能给试验结果带来的误差。卵产出后尽快授精并立即分组,分组后定期连续观察比较。由授精至8-细胞期每30min、由16-细胞至上浮每60min、浮游幼体期每240min各观察一次。每次观察各组均随机取样,镜检测量,每组每次的取样量 $n=50$ 个。

试验容器为容量1L的玻璃烧杯,试验水体0.5L。每组2杯,共浸于1个40L的控温水浴槽内。浮游幼体期的饵料为牟氏角毛藻 *Chaetoceros muelleri*,日给饵量 $5 \times 10^3 - 2 \times 10^4$ cell/ml,结合换水分2次投喂,各组一致。

试验共进行2次。试验一于1988年12月进行,分6组,设定试验水温分别为5,10,15,20,25,30℃;试验二是对试验一中重点温度区段的补充试验,于1989年12月—1990年1月进行,分6组,设定试验水温分别为20,22,24,26,28,30℃。观测各试验水温下受精卵分裂及胚胎的发育速度、畸形率,浮游幼体的变态发育速度、畸形率、变态成活率等。

1.3 水温对幼海胆生长影响的试验 试验容器为40L水槽,槽内置 $20 \times 20 \times 20$ (cm³)的网箱,网箱内饲养幼海胆(壳径0.5—1.5cm)30个。每组1槽。饵料为石膏(*Ulva pertusa*),日给饵量按海胆体重的15%—30%,每2—3d投喂一次。

试验共进行3次。试验三于1988年11月—1989年5月进行,设8个温度组,各组水温分别为0,4,8,12,16,20,24,28℃。试验四与试验五是对试验三的补充试验,采取逐级升温(或降温)逐级考察的方法;试验四考察的水温依次为16,18,20,22,24,26,28,30℃,共8级;试验五依次为4,2,0℃,共3级;每一设定水温各恒温考察10d。上述3个试验通过比较各水温下幼海胆壳径的平均日增长量 D_i 与增长率 D_r 、体重的平均日增长量 W_i 与增长率 W_r 、该组对20℃组的壳径相对增长量 E_1 与体重相对增长量 E_2 以及成活率 B 等指标,探讨水温对幼海胆生长的影响。各自的计算方法为:

$$D_i = \frac{D_2 - D_1}{A}, D_r = \frac{2D_i}{D_1 + D_2} \times 100\%$$

$$W_i = \frac{W_2 - W_1}{A}, W_r = \frac{2W_i}{W_1 + W_2} \times 100\%$$

$$E_1 = \frac{D_{ti}}{D_{t_0}}, E_2 = \frac{W_{ti}}{W_{t_0}}; B = \frac{B_2}{B_1} \times 100\%$$

式中, D_1 为该组海胆平均壳径的初始值 (mm); W_1 为体重的初始值 (g); B_1 为海胆的初始数(个); D_2, W_2, B_2 分别为其终了值; A 为试验天数 (d); $D_{i,j}, W_{i,j}$ 分别为该组海胆壳径的平均日增长量与体重的平均日增长率; $D_{i,0}, W_{i,0}$ 分别为 20°C 组的相应值。

1.4 水温对成海胆影响的试验 海胆成体, 壳径 6—7cm, 采捕时海区的自然水温 4.8°C。饲养容器为 40L 水槽, 每槽饲海胆 3 个, 每组 2 槽。其余方法基本同试验三、四。

试验共进行 2 次。试验六于 1990 年 3 月进行, 历时 15d, 分 7 组, 设定试验水温分别为 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30°C。试验七是对试验六的补充试验, 于 1990 年 3—5 月进行, 历时 60d。采取逐级升温法连续考察, 水温依次为 18, 20, 22, 24, 26, 28°C 共 6 级, 每级恒温 10d。鉴于成海胆生长较慢, 在有限的试验期内难于取得较明显的生长或增重结果, 因而, 本试验仅能通过比较不同水温下海胆的活力、摄食率、成活率等方面的差异, 探讨水温对成海胆的影响。

2 试验结果

2.1 水温对光棘球海胆受精卵及浮游幼体生长发育的影响 (表 1) 试验一的结果表明, 本试验 6 组之中仅 5—25°C 间 5 组的受精卵可以正常分裂; 幼体的发育速度依水温的升高而加快。其中, 5°C 组发育极为缓慢, 72h 才进入囊胚期, 尔后逐渐死亡解体; 10°C 组虽发育稍快, 但二腕幼体期畸形率已明显偏高, 主要表现为腕偏短, 个体大小差异较大; 15°C 组、25°C 组幼体发育不很整齐, 后期少数幼体畸形; 唯 20°C 组发育最好, 虽速度稍慢于 25°C 组, 但幼体整齐、畸形率极低。30°C 组则 90% 以上受精卵不分裂, 余者虽可分裂但仅能发育至 2—4-细胞期, 并且于 24h 内皆自行解体。试验二的结果表明, 30°C 时 90% 以上受精卵不分裂, 其余虽可分裂但多为畸形卵裂(不全裂或不等裂); 28°C 时, 70% 不分裂, 余者仅能发育至 2—8-细胞期; 26°C 时虽都可分裂, 但发育不正常, 8-细胞期起畸形率逐渐增高, 可以发育至纤毛囊胚期的不足 30%, 并且这些幼体不能正常变态为二

表 1 不同水温下受精卵至各期的发育速度 (h) 比较

Tab. 1 Comparison of embryo developmental rate of *S. nudus* at the different temperatures

水温(°C)		发 育 期								
		2-细胞	4-细胞	8-细胞	囊胚	上浮	原肠	棱柱	二腕	四腕
试 验 一	30		—							
	25	1	2	2.5	10	12		20	28 ¹⁾	44 ¹⁾
	20	1	2.5	3	12	14	20	28	36	52
	15	3	4	5	18	24		48	72 ¹⁾	
	10	6	8	10	28	40		72	96 ²⁾	
	5	24	30	48	96 ²⁾					
试 验 二	30		—							
	28			—						
	26	1	1.5	2 ¹⁾		12 ²⁾			—	
	24	1	1.5	2.5		12		24		48 ¹⁾
	22	1	2	2.5		13		24		48
	20	1.5	2.5	3		13		24		48

“—” 示至该期发育终止。1) 30% 以下畸形; 2) 50% 以上畸形。

腕幼体; 24℃ 时受精卵虽可发育为四腕幼体, 但其中 30% 畸形(腕偏短); 只有 20℃ 与 22℃ 时幼体发育正常。

2.2 水温对幼海胆生长的影响 (表 2) 试验三结果表明, 8 组之中仅有 8—24℃ 间 5 组幼海胆生长与活动正常, 平均日生长超过 50 μm 。其中, 以 16—24℃ 间 3 组生长较快 (110—260 $\mu\text{m}/\text{d}$), 20℃ 组最快 (260 $\mu\text{m}/\text{d}$)。其余 3 组 (即 0, 4, 28℃ 组) 幼海胆生长缓慢、活力低下, 并且均出现不同程度的死亡。试验四的结果表明, 在 16—30℃ 水温下以 16—22℃ 时幼海胆生长较快, 平均日生长超过 150 μm 。其中, 20℃ 时生长最快 (250 $\mu\text{m}/\text{d}$); 水温超过 22℃, 随水温的再升高幼海胆生长速度急剧下降, 至 28℃ 时其生长变得极为缓慢 (20 $\mu\text{m}/\text{d}$), 活力显著减弱, 但 10d 内无死亡; 至 30℃, 幼海胆第 3 天开始出现死亡, 第 7 天全部死亡。试验五结果表明, 4℃ 时幼海胆摄食不活泼、活力弱, 但 10d 内无死亡; 2℃ 时则基本不活动, 10d 内死亡率为 23.3%; 0℃ 时, 8d 内全部死亡。

表 2 不同水温下幼海胆的生长结果

Tab. 2 Growth result of the young *S. nudus* at the different temperatures

水温 T (°C)	试验 天数 A (d)	海胆数 (ind)		平均壳径 (mm)		平均体重 (mg)		平均日 增长量		相对 增长量		成活率 B (%)
		B_1	B_2	D_1	D_2	W_1	W_2	D_t ($\mu\text{m}/\text{d}$)	W_r (%)	E_1	E_2	
试 验 三	0	30	60 0	7.0	—	30.8	—	—	—	—	—	0
	4	30	60 42	9.6	10.3	106.1	134.9	23.3	0.80	0.09	0.14	70.0
	8	30	60 60	7.0	8.6	31.7	53.4	53.3	1.71	0.21	0.31	100
	12	30	60 60	6.6	9.2	30.6	71.3	86.7	2.66	0.33	0.48	100
	16	30	60 60	5.9	10.8	23.2	128.8	163.3	4.34	0.63	0.78	100
	20	30	60 59	6.1	13.9	25.9	286.6	260.0	5.57	1.00	1.00	98.3
	24	30	60 57	6.0	9.3	23.2	71.9	110.0	2.92	0.42	0.52	95.0
	28	30	60 33	6.8	6.6	31.7	29.4	—	—	—	—	55.0
试 验 四	16	10	30 30	9.1	10.6	112.1	153.8	150.0	3.6	0.60	0.78	100
	18	10	30 30	10.6	12.0	153.8	242.8	200.0	4.1	0.80	0.89	100
	20	10	30 30	12.0	15.1	242.8	388.0	250.0	4.6	1.00	1.00	100
	22	10	30 30	15.1	17.5	388.0	556.2	240.0	3.6	0.96	0.78	100
	24	10	30 30	17.5	18.5	556.2	698.3	100.0	2.3	0.40	0.50	100
	26	10	30 30	18.5	19.1	698.3	809.7	60.0	1.5	0.24	0.33	100
	28	10	30 30	19.1	19.3	809.7	850.0	20.0	0.5	0.08	0.11	100
	30	10	30 0	19.3	—	850.0	—	—	—	—	—	0
试 验 五	4	10	30 30	15.6	15.7	403.3	400.0	10.0	—	—	—	100
	2	10	30 23	15.7	16.1	400.0	450.0	—	—	—	—	76.7
	0	10	30 0	16.1	—	450.0	—	—	—	—	—	0

综合上述 3 个试验的全部结果, 以相对生长量求得 0—30℃ 间 12 个试验水温下幼海胆的生长结果, 如图 1。结果表明, 水温在 20℃ 时, 无论其壳径生长还是体重增长均是最快的; 水温高于或低于 20℃, 随水温的升高或降低其生长都逐渐变慢; 水温高于 22℃ 或低于 16℃ 后, 随水温的再升高或降低其生长速度都将急剧下降。

2.3 水温对成海胆的影响 (表 3) 试验六、七的结果表明, 成海胆在 0℃ 时吸附力很弱, 基本不活动、不摄食, 但 15d 内无死亡; 5—20℃, 其活力与摄食率随水温的上升而

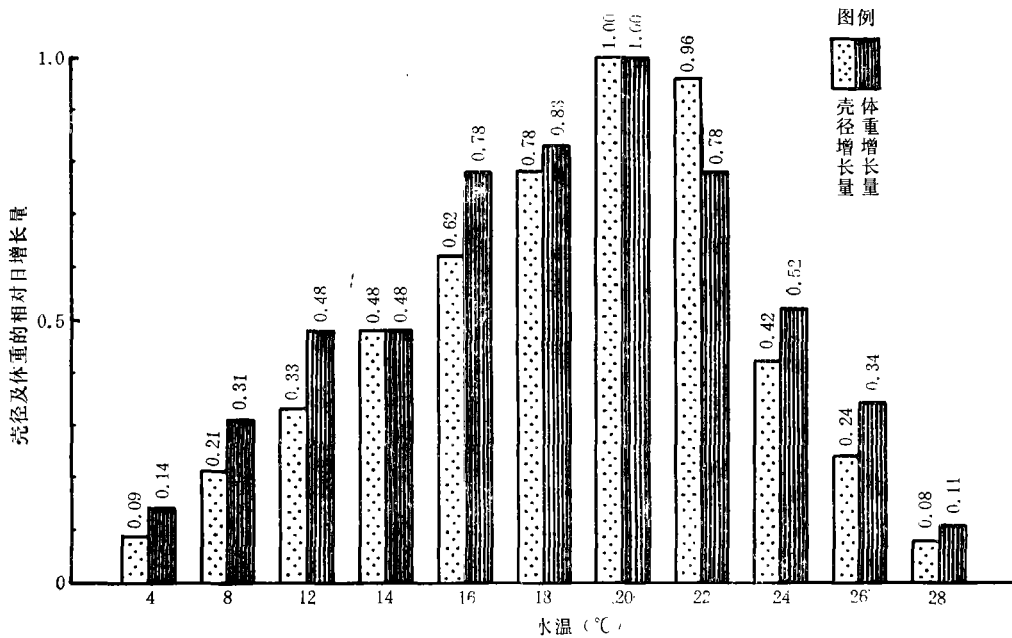


图 1 不同水温下幼海胆的相对增长量

Fig. 1 Relative increment of the young *S. nudus* at different temperatures

表 3 不同水温下成海胆的摄食结果

Tab. 3 Feeding result of the adult *S. nudus* at the different temperatures

水温 T (°C)	试验 天数 A (d)	海胆数 (ind)		平均壳径 (cm)		平均体重 (g)		总摄食量 F (g)	平均日 摄食率 η (%)	成活率 B (%)	
		B_1	B_2	D_1	D_2	W_1	W_2				
试验 六	0	15	6	6	6.1	6.1	88.5	87.0	0	0	100
	5	15	6	6	6.5	6.5	103.0	102.1	7.8	0.5	100
	10	15	6	6	6.3	6.3	101.1	101.1	21.0	1.4	100
	15	15	6	6	6.2	6.2	87.5	88.5	38.5	2.9	100
	20	15	6	6	6.4	6.4	105.0	105.5	50.0	3.0	100
	25	15	6	6	6.0	6.0	80.7	81.0	13.5	1.1	100
30	15	6	6	6.4	—	100.8	—	0	0	100	
试验 七	18	10	6	6	6.3	6.3	105.0	105.0	30.0	2.9	100
	20	10	6	6	6.3	6.3	105.0	105.5	25.0	3.3	100
	22	10	6	6	6.3	6.3	100.5	105.5	34.0	3.2	100
	24	10	6	6	6.3	6.3	105.5	105.0	15.0	1.4	100
	26	10	6	6	6.3	6.3	105.0	104.0	7.5	0.7	100
	28	10	6	6	6.3	6.3	104.0	101.0	0.3	0	100

增高;其后,随水温的再升高其活力与摄食率反而稍有下降,至 25°C 之后锐减并出现少量掉棘现象,但 15d 内无死亡; 30°C 则不摄食,棘大量脱落, 7d 内全部死亡。水温在 15—22°C 间,成海胆的活力与摄食率均较高,平均日摄食率达 3% 左右,且组(级)间差异不很大; 10—24°C 间,平均日摄食率尚可维持在 1.4% 以上的稍高水平; 低于 10°C 或者高于

25℃, 则活力与摄食率急剧减少。

3 讨论与结语

综合上述 7 次试验的结果初步可以看出, 水温对光棘球海胆各发育阶段的生长发育均有较显著的影响, 并且, 在海胆不同的发育阶段对水温的要求也不相同。

3.1 受精卵在低于 5℃ 或者高于 26℃ 的水温下, 不能正常分裂发育, 15—25℃ 可以正常发育为浮游期幼体。

3.2 浮游幼体在低于 15℃ 或者高于 24℃ 的水温下, 发育速度锐减, 畸形率激增。适温在 15—22℃。

3.3 幼海胆的生存水温高于 0℃、低于 30℃, 生长适温在 16—22℃, 最适生长水温 20℃; 低于或高于 20℃ 随水温的逐步下降或上升其生长速度均逐渐减缓。

3.4 成海胆在 0℃ 水温下仅活力显著下降, 但 15d 内无死亡; 30℃ 水温下不能正常生活, 短期内大量死亡。适温在 10—24℃, 最适在 15—22℃。

3.5 光棘球海胆的各发育期中以浮游幼体期对水温的适应能力最弱, 成海胆期适应能力最强。成海胆对高水温的耐受能力与幼海胆相似但对低水温的耐受能力却比幼海胆明显增强。

参 考 文 献

- 廖玉麟, 1982, 海胆生物学概况, 水产科学, **3**: 1—8。
川村一広, 1973, エゾバフンウニの漁業生物学的研究, 北水試報告, **16**: 1—15。
松井 魁, 1966, ウニの増殖, 日本水産資源保護協会, 石崎書店(東京), 103。
Fuji, 1962, Studies on the biology of the sea urchin V, *Jap. J. Ecol.*, **12**: 181—186。

INFLUENCE OF TEMPERATURE ON VARIOUS DEVELOPMENT STAGES OF THE SEA URCHIN, *STRONGYLOCENTROTUS NUDUS* A.

Gao Xusheng, Sun Mianying, Hu Qingming, Li Guoyou

(*Marine Fishery Research Institute of Liaoning Province, Dalian 116023*)

ABSTRACT

The effect of temperature on sea urchin, *Strongylocentrotus nudus* A., development in the embryo, pluteus, young and adult stages was studied.

The test carried out in 1988—1990 at temperatures from 0°C to 30°C showed that the effect of temperature on sea urchin development is apparent in the above growth stages and that zygotes can not be divided normally at the temperature lower than 5°C or above 26°C as the suitable temperature for embryo development is 15—25°C. In the pluteus stage, it can not develop and metamorphosis normally at temperature lower than 15°C or above 24°C. It develops normally at nearly 20°C. The young sea urchin stage can not live at temperature lower than 0°C or above 30°C and the suitable temperature of growth is 16—22°C. The adult sea urchins were alive at 0°C, but the movement was very weak and the growth was slow; at 30°C they all died. The suitable temperature is 10—24°C. In the above growth stages the temperature adaptability of pluteus is the weakest and that of the adult sea urchin is the strongest.

Key words *Strongylocentrotus nudus* Development growth Temperature Pluteus