

温度与盐度和缢蛏幼体生存、 生长及发育的关系*

林笔水 吴天明**

(国家海洋局第三海洋研究所, 厦门)

提 要 本文以长期生活在较高盐度(26—28‰)海域的亲蛏所繁衍的幼体为材料, 探索温度和盐度单因子及双因子结合与幼体生存生长、发育的相互关系。浮游幼虫期适盐范围为8.4—32.4‰, 最适盐度为12.4‰, 稚贝适盐范围为8.4—28.4‰, 最佳盐度为12.4‰。温度对幼体的影响, 是受盐度高低所支配。在盐度为28.4‰生境中培育, 浮游幼虫期适温范围为17—25℃, 最适温度为21℃, 稚贝适温范围为13—26℃, 最适温度为17℃, 幼体对25℃以上的较高温度的忍耐力较差。若在最适盐度(12.4‰)中培育, 浮游幼虫期最适水温为25℃, 稚贝最适水温为21℃。幼虫对较高盐度的忍耐力比对较低盐度的忍耐力来得强。

关键词 缢蛏, 幼虫和稚贝, 温度, 盐度

笔者曾探索了缢蛏 *Sinonovacula constricta* (Lamarck) 亲贝长期生活在较低盐度(4—28‰, 一般为15‰)环境中, 其后代的幼体存活、生长及发育与温度和盐度相互关系^[11, 12]。而在福建省的福清县和宁德县等地, 虽然海域的盐度比较高(如福清县港头平均盐度为26—28‰, 宁德县产蛏苗地海水比重为1.018至1.021)^[13], 它们也盛产蛏苗。长期生活于较高盐度亲蛏所繁衍的幼体与温度和盐度的相互关系如何? 至今还未见到系统的报导。本试验选择长期生活在较高盐度海域的亲蛏所繁殖的幼体为材料, 探索它们的生存、生长和发育与温度和盐度相互关系, 从而寻找出它们之间的规律性和内在联系, 旨在为缢蛏人工育苗、垦区半人工育苗和自然海区繁殖预报提供参考资料。

材 料 与 方 法

1. **材 料** 亲贝取自福建省福清县高山乡西江村海域(海水比重1.018至1.021)的1—2龄蛏。用低温(10—12℃)的冷刺激加上流水诱导亲蛏排放性细胞^[13], 精卵在海水盐度为26—28‰中受精, 孵化并培育到D形面盘幼虫期, 供做浮游幼虫期的实验材料, 而稚贝期的实验材料是把D形面盘幼虫置于盐度12.4‰中培育到稚贝。

2. **方 法** 为了使实验结果能与笔者^[12, 13]已做过实验结果进行比较。实验条件尽量与之相一致。也就是说, 实验用水的处理、配制、温度的调节、光照强度及光照时间和实验方法等基本相似。但不同之处是本实验的温度对缢蛏浮游幼虫和稚贝影响实验的培养水系用盐度28.4‰。温度和盐度结合对缢蛏浮游幼虫及稚贝的影响的温度略有降低。

* 本文承张云飞先生审阅, 我所韦信敏同志提供饵料生物, 特此致谢。

** 现在莆田市水产技术推广站工作。

收稿年月: 1988年12月; 1989年12月修改。

结 果

(一) 盐度与缢蛏幼体生存和生长发育关系

1. 浮游幼虫期 长期生活于较高盐度(比重为1.018至1.021)的亲贝所产出的精、卵,它们在盐度26—28%中孵化并发育到D形面盘幼虫期。在实验水温为 $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 的条件下,其对不同盐度有着不同的忍耐程度,结果如图1。缢蛏浮游幼虫在盐度0.4%至40.4%中都有不同程度的存活。但以盐度12.4%为最适宜。它的存活率和变态成稚贝的百分数皆最高,而且生长速度也居首位。其适盐范围是8.4—32.4%。它们的存活率都超过15.33%,生长速度均在9.97微米/天以上,变态率不低于40%,幼虫对较高盐度的忍耐性比对低盐的忍耐性来得强。幼虫对低盐(0.4—4.4%)和高盐(36.4—40.4%)虽然也有一定忍耐性,但其存活率极低,生长速度慢、变态率也低。

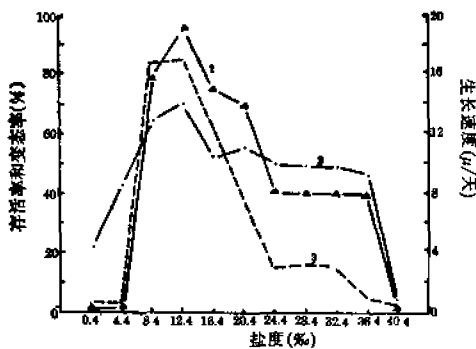


图1 盐度与缢蛏幼虫存活、生长及变态的关系
Fig. 1 The relationship of salinity to the survival, growth and metamorphosis of the larvae of *S. constricta* (Lamaek)

1. 变态率, 2. 生长速度, 3. 存活率

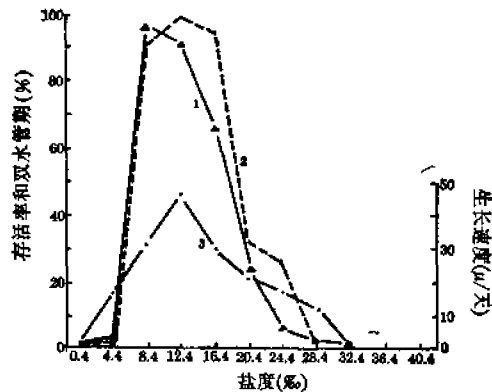


图2 盐度与缢蛏稚贝存活、生长及发育的关系
Fig. 2 The relationship of salinity to the survival, growth and development of the spat of *S. constricta*

1. 存活率, 2. 双水管期, 3. 生长速度

2. 稚贝期 精卵在盐度26—28%中培育成D形面盘幼虫,再把它置于最适盐度(12.4%)中养至稚贝,然后分组实验。实验时水温为 $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$,结果如图2所示。从图中可看到:①稚贝在盐度4.4%以下和高于盐度32.4%都难于存活到实验结束。②稚贝的适盐范围为盐度8.4—28.4%,稚贝在此盐度中皆有不同程度的存活,在盐度28.4%中,虽然存活率较低,但它的生长速度在11.17微米/天以上。③稚贝在盐度12.4%中存活率虽比在盐度8.4%组略低些,但稚贝在盐度12.4%组中的生长速度(47.55微米/天)比在盐度8.4%组中的生长速度(31.17微米/天)快得多,而且发育到双水管期的百分数也高,从总效果来评价,它的最佳盐度是12.4%。

(二) 温度与缢蛏幼体存活生长和发育关系

1. 浮游幼虫期 从实验结果获得缢蛏浮游幼虫期最佳盐度是 12.4%，其温度组实验的培养水应选择盐度 12.4%，但本实验的目的是要为在较高盐度海区育苗提供参考数据，故实验用水不选择最佳盐度，而是选择较高盐度(28.4%)作为培育水，幼虫在温度为 13°C、17°C、21°C、25°C、和 29°C 等组别中培育 6 天，结果如图 3 和表 1。实验结果表明：

①幼虫在低温 13°C 中，虽然也有一定的存活率，但它的生长速度很慢，而且也未能培育到变态，故此温度不是缢蛏幼虫的适宜温度。

②幼虫在 17°C 中存活率最高(71%)，但生长发育较慢，在结束试验时未见幼虫变态。若把幼虫延长三天的培育时间，它的变态率也仅有 1.0%，如果延长 17 天的培育时间，变态率达到 95.0%。

③幼虫在 21°C 组别中的存活率虽不及 17°C。但它的生长速度(10.71 微米/天)比在 17°C 时的生长速度(9.70 微米/天)来得快，而且在结束实验时已有 8% 变态成稚贝，若培育时间延长三天，变态率可达 40%。

④幼虫在 25°C 中，其存活率极低(1.0%)，生长速度也仅有 8.96 微米/天，这比在 21°C 时的生长速度(10.71 微米/天)来得慢。由此可见，缢蛏浮游幼虫在盐度 28.4% 中，它的最适温度为 21°C，其适温范围是在 17°C 以上至 25°C 的较窄范围。

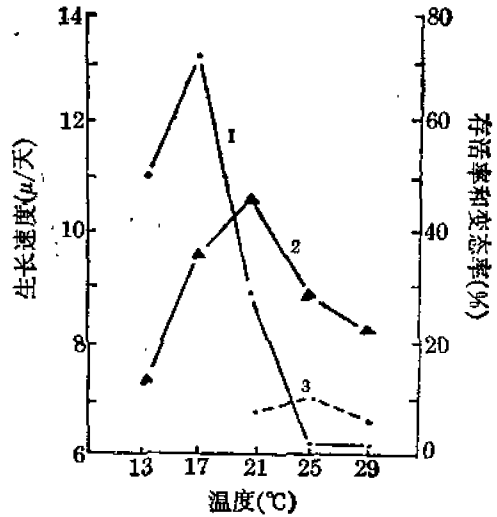


图 3 缢蛏浮游幼虫存活、生长和变态与温度的关系(在盐度 28.4% 中)

Fig. 3 The relationship of temperature to the survival, growth and metamorphosis of the larvae of *S. constricta* (at salinity 28.4%)

1. 存活率, 2. 生长速度, 3. 变态率

表 1 缢蛏幼虫在盐度 28.4% 中延长培育时间的变态情况

Table 1 The larvae of *S. constricta* cultured under the condition of salinity 28.4% by delaying rearing time

组别	延长培育时间		
	延长三天	延长七天	延长十七天
1. (17°C)	1.0	2.5	95.0
2. (21°C)	40.0		

2. 稚贝期 稚贝(平均壳长 213.6 微米)在盐度 28.4% 的生境中，分别在 13°C、17°C、21°C、25°C 和 29°C 等 5 个组别里培养，结果如图 4 所示。从图 4 看到，稚贝在 17°C 时，存活率最高(71.5%)，随着培育水温的升高，它的存活率反而下降。当水温升高到 25°C 时，存活率只有 1.0%，若培育水温升至 29°C 时，稚贝不能存活到实验结束。稚贝在 13°C

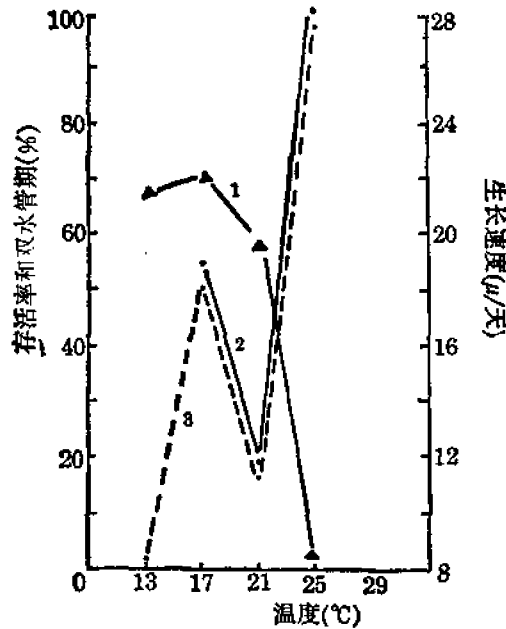


图4 温度与缢蛭稚贝存活、生长和发育的关系

Fig. 4 The relationship of temperature to the survival, growth and development of the spat of *S. consociata*

1. 存活率, 2. 双水管期, 3. 生长速度

中虽然存活率也相当高(68.3%),但它的生长速度极慢(8.0微米/天),至实验结束时也未见双水管形成。稚贝在17°C的生长速度(18.26微米/天)仅次于25°C的生长速度(27.59微米/天),但稚贝在25°C中的存活率极低,残存者只是那些极少数个体生长发育较快者,其余皆死亡。这在人工育苗中没有实用价值。因而从总的效果来看,稚贝最佳温度应为17°C。在我们试验温度梯度中,25°C以下至13°C都是它的适温范围。

(三) 温度和盐度结合对缢蛭幼体存活、生长和发育的影响

在上述单因子实验的基础上,采用温、盐度两个因子相互结合,探讨它们与幼体生存、生长和发育的关系。温度选择17°C、21°C、25°C和29°C等4个水平,盐度选择4.4%、12.4%、20.4%和28.4%等4个水平,按正交表 $L_{16}(4^2)$ 安排试验。

1. 浮游幼虫期 温度和盐度按上述各选4个水平进行交互实验的结果如表2。由表2看到:

(1) 幼虫在盐度12.4%中,它们在试验温度范围各温度梯度中,其存活率和生长速度都居首位。就其变态来看,当水温高于25°C时,它的变态率也是最高。

(2) 在盐度20.4%中,幼虫若处于水温25°C以下的生境中,它们的存活率均在50%以上,而在29°C中,其存活率就急速地下降(0.35%)。

(3) 在盐度28.4%中,幼虫处于不同温度梯度中,它们的存活率的高低就有很大差别。即存活率与温度的高低成反比。而它们的变态率和生长速度,除在17°C中幼虫到试

表2 温度和盐度对缢蛏浮游幼虫存活、生长和变态的影响

Table 2 The effect of temperature and salinity on the survival, growth and metamorphosis of the free-swimming larvae of *S. constricta*

因素与结果 试验号	盐度(%)	温度(°C)	结 果		
			生长速度(μ /天)	存活率(%)	变态率(%)
1	4.4	17	6.20	8.43	0
2	4.4	21	7.69	2.33	0
3	4.4	25	9.31	5.15	5.0
4	4.4	29	0	0	0
5	12.4	17	10.23	80.38	0
6	12.4	21	12.83	81.40	5.0
7	12.4	25	14.28	87.15	95.0
8	12.4	29	12.97	25.13	87.5
9	20.4	17	10.16	80.10	0
10	20.4	21	11.31	80.30	15.0
11	20.4	25	11.94	55.65	80.0
12	20.4	29	10.95	0.35	21.43
13	28.4	17	9.75	71.48	0
14	28.4	21	10.71	29.30	7.5
15	28.4	25	8.96	1.00	10.0
16	28.4	29	8.22	0.33	7.69

验结束时未能达到变态外,幼虫在21—29°C各温度梯度中的差别不大。

(4) 在盐度4.4%中,不管幼虫所处的温度高低,它们的存活率、变态率和生长速度都很差。

(5) 温度对幼虫存活和生长发育的影响,是受其所处的盐度高低所支配。在最适盐度(12.4%)组中,它的最适水温是25°C,而幼虫在较高盐度(28.4%)中,它的最适宜水温是21°C,这与单因子实验结果相一致。

(6) 实验结果也表明,来自于长期生活在较高盐度的亲贝所繁殖的后代,对盐度12.4%以上的忍耐力要比它对盐度12.4%以下的忍耐力来得强。

2. 稚贝期 缢蛏稚贝在盐度4.4—28.4

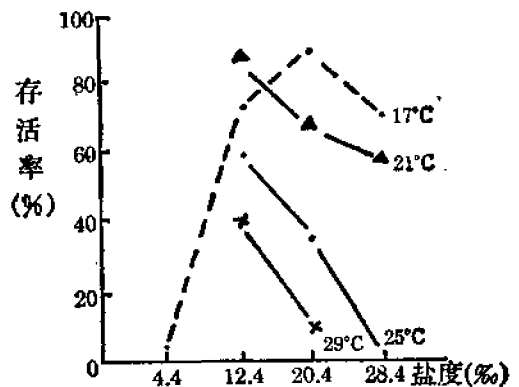


图5 温度和盐度与缢蛏稚贝存活率的关系
Fig. 5 The relationship of temperature and salinity to the survival rate of the spat of *S. constricta*

%和温度 17—29°C 的各组别中的存活情况如图 5 所示。从图 5 看出:

(1) 稚贝处于 4.4%的低盐中,除了较低水温(17°C)组仅能极少数存活外,其余都不能存活到实验结束,说明此盐度为缢蛏稚贝临界盐度。

(2) 在盐度 28.4%中,当水温高于 25°C时,稚贝则难于生存,而水温为 17°C时,其存活率最高(71.5%),若水温为 21°C时,其存活率也在 60%以上,可见盐度 28.4%还是缢蛏稚贝适盐范围。

(3) 在盐度 12.4%中,当水温高于 21°C时稚贝的存活率都居首位。因而可认为盐度 12.4%为缢蛏稚贝生存的最适盐度。

(4) 缢蛏稚贝在 29°C的较高温度下,仅能在较窄的盐度范围内(12.4—20.4%)存活到实验结束,随着试验水温的降低而其平均存活率也相应地升高,以水温 17°C为最好。

表 3 缢蛏稚贝试验三种指标方差分析

Table 3 The variance analysis of experimental indexes of blood clam seeds

指 标	项 目	平方和	自 由 度	均 方	"F"值	显 著 性	最 优 水 平
增 长 速 度	A 盐度	1799.71	3	599.9	11.54	**	12.4%
	B 温度	428.01	3	142.67	2.75	(*)	17°C
	误 差	467.71	9	51.97			
	总 和	2695.43	15				
存 活 率	A 盐度	9338.91	3	3112.97	9.77	**	12.4%
	B 温度	6528.78	3	2176.26	6.83	*	17°C
	误 差	2868.73	9	318.75			
	总 和	18736.42	15				
双 水 管 期	A 盐度	14514.36	3	4838.12	9.27	**	12.4%
	B 温度	6238.61	3	2079.54	3.99	*	17°C
	误 差	4696.25	9	521.81			
	总 和	25449.52	15				

缢蛏稚贝实验结果经方差分析列于表 3。由表 3 看出,就缢蛏稚贝的增长速度,存活率和发育成双水管等三种指标来看,盐度对其影响比温度来得显著。盐度的最优水平为 12.4%,温度最优水平为 17°C。

讨 论

由试验结果得知,长期生活于较高盐度生境中的亲贝,其所繁殖的后代,浮游幼虫期适盐范围为盐度 8.4—32.4%,最适盐度为 12.4%,它们对盐度 32.4%以上忍耐性比对低盐度(8.4%以下)的忍耐性来得强。这与亲贝长期生活于较低盐度海域所繁衍的后代

浮游幼虫期的适宜盐度为 4.5—28.3%, 最适盐度为 12.4%, 幼虫对低盐度的忍耐性比对较高盐度的忍耐性强^[12]相比较。两者具有相似的最适盐度, 而适盐范围虽略有差别, 但相差不大, 可是对适盐范围外的忍耐能力却有较大差别。由试验结果也获得, 稚贝的适盐范围是 8.4—28.4%, 最适盐度为 12.4% 左右, 这与亲贝长期生活在较低盐度所繁殖的稚贝的适盐和最适盐度范围^[18]相比较, 两者差别不大。

温度与缢蛏幼体存活生长和发育有着密切的关系, 这是众所周知的。但亲贝的不同来源所衍生的后代与生活环境中心温的关系, 这是缢蛏育苗过程中所关注的问题。试验结果表明, 亲贝长期生活在较高盐度的生境中, 其后代的浮游幼虫期, 最适温度是受它所处盐度的支配, 若在最适盐度(12.4%)中, 它的最适温度为 25°C, 如果处于盐度 28.4% 中, 它的最适温度为 21°C。这些结果与长期生活在较低盐度的亲贝所繁衍后代, 浮游幼虫期的最适盐度和适宜盐度下的最适温度是很相似的。而不同之处是前者对较高温度的忍耐性较差。由图 3 和表 2 可看到, 当培育用水盐度为 28.4% 时, 水温 25°C 和 29°C, 它的存活率都很低。由此可见浮游幼虫期对较高温度的忍耐力是很差。这与亲贝长期生活在较低盐度所繁殖后代的浮游幼虫期对较高水温有较好的忍耐力相比, 是有较大差别。试验结果也表明, 稚贝期的最适温度也是比较低些。

从上述情况不难看出, 尽管缢蛏亲贝来源有很大不同。但它们的后代对其主要环境因子的温度和盐度的最适范围是如此的相似, 其适盐和适温的范围也很相近, 说明它们是具有同一祖先的同源性。具有同一祖先的孪生兄弟, 由于各自长期分居在不同的生境中, 对其周围环境也具有各自独特的适应性, 表现在亲贝长期生活在较高盐度生境中所传宗接代下来的幼体, 对较高盐度的忍耐性比对较低盐度的忍耐性来得强, 而长期生活在较低盐度生境中的亲贝, 其产生后代的幼体却与上述情况相反。

本试验的结果, 不仅可为缢蛏人工育苗或半人工育苗提供育苗场选择的参考, 而且也可提供在不同生境的育苗场在开展缢蛏人工育苗或半人工育苗应选择的主要繁殖季节。若是在较高盐度海域想在较高水温中提早育苗, 那么就应采取降低盐度的办法, 当幼虫发育到稚贝时, 再逐步改变培育水的盐度, 这样也可提高育苗效果。

参 考 文 献

- [1] 山东省水产学校主编, 1981. 贝类养殖学, 273—286. 农业出版社(京).
- [2] 中国科学院数学研究所数理统计组, 1975. 正交试验法, 43—110. 人民教育出版社(京).
- [3] 龙海县水产局等, 1976. 缢蛏全人工育苗的研究 I. 土池人工育苗试验首获成功. 厦门大学学报, (2): 16—37.
- [4] 刘泉顺, 1984. 几个环境因子对缢蛏土池人工育苗的影响. 海洋通报, 3(5): 41—45.
- [5] 华东师范大学, 1981. 动物生态学(上册). 15—40. 人民教育出版社.
- [6] 齐秋贞等, 1984. 缢蛏浮游幼虫、稚贝和幼贝的生长发育. 台湾海峡, 3(1): 90—93.
- [7] 许振祖, 1977. 缢蛏. 水产科技情报, (7, 8) 57—60.
- [8] 陈文龙等, 1984. 缢蛏循环水池人工育苗实验报告. 福建水产, (4): 22—29.
- [9] 陈元璋等, 1958. 福建繁殖缢蛏苗的经验. 中国水产, (7): 11—12.
- [10] 何进金等, 1984. 缢蛏浮游幼虫饵料的研究. 台湾海峡, 3(2): 208—216.
- [11] ———, 1986. 缢蛏稚贝饲料和底质的研究. 水产学报, 10(1): 29—39.
- [12] 林笔水等, 1984. 温度和盐度对缢蛏浮游幼虫发育的影响. 生态学报, 4(4): 385—392.
- [13] ———, 1986. 温度和盐度同缢蛏稚贝存活及生长的关系. 水产学报, 10(1): 47—50.
- [14] ———, 1988. 人工控制培育缢蛏幼苗研究. 水产学报, 12(3): 228—232.

- [15] 林康顺等,1984. 宁德县蛎苗产量变动的初步分析. 福建水产,(4):63-68.
- [16] 厦门大学生物系无脊椎动物教研组等,1959. 福建省九龙江口(北港)缢蛏的生长和产量研究. 厦门大学学报,(2):45-79.
- [17] 福建省水产研究所海水养殖研究室等,1977. 晋江蛎苗稳产高产经验总结. 水产科技情报,(5,6):18-20.
- [18] 吉田裕,1957. 有明海产有用二枚贝の初期生活史 II. ハイガイ, アゲマキ. 农水讲研报,6(3):63-68.
- [19] ——,1964. 贝类种苗学,171-174. 北隆馆.
- [20] 田村正,1973. 浅海增殖学,294-295. 恒星社厚生阁.
- [21] Alden, P. S., 1964. Salinity, temperature and food requirements of soft-shell clam larvae in laboratory culture. *Ecology*, 45(2): 283-292.
- [22] Calabrese, A., 1969. Individual and combined effects of salinity and temperature embryos and larvae of the coot clam, *Mulinia lateralis* (say). *Biological bulletin*, 137(3): 417-428.

TEMPERATURE AND SALINITY IN RELATING TO THE SURVIVAL, GROWTH AND DEVELOPMENT OF THE LARVAE AND SPAT OF *SINONOVACULA CONSTRICTA*

Lin Bishui and Wu Tianming

(Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Xiamen)

ABSTRACTS The experimental larvae and spat were obtained by spawning and catching of the breeders from an area with a salinity of 26.0-28.0‰. The effects of temperature and salinity on the growth and development of the larvae and spat was observed. The larvae were cultured in sea water of salinity range between 8.4 and 32.4‰ showed good results, the optimum salinity being 12.4‰. The suitable and optimum salinity range for spat were 8.4-28.4‰ and 12.4‰ respectively. Temperature also has effect on the larvae and spat, with the difference of salinity. The suitable and optimum temperature range for the free-swimming larvae were 17-25°C and 21°C respectively, and that for spat were 13-25°C and 17°C, in a suitable salinity of 28.4‰. Larvae and spat all showed low tolerance when water temperature was over 25°C. In optimum salinity (12.4‰), the optimum temperature for larvae and spat were 25°C and 21°C respectively. The larvae can tolerate to high salinity than to low salinity.

KEYWORDS *Sinonovacula constricta*, larvae and spat, temperature, salinity