

温、盐度与长毛对虾 卵的孵化及无节幼体发育的关系*

施 流 章

(珠江水产研究所)

提 要

长毛对虾 (*Penaeus penicillatus* Alcock) 是南海重要的经济虾类之一。为了更好地掌握其人工繁殖技术,作者进行了 16 组不同温、盐度与卵孵化及无节幼体发育关系的实验。结果表明:在供实验的四组水温中,以 $28 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 为最好,幼体健壮,成活率高;其次为 $32 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 再次为 $24 \pm 0.5^\circ\text{C}$; $35.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 对孵化发育有害。海水盐度以 28.59‰ 为最佳,其次为 35.45‰, 再次为 23.15‰。20.81‰ 卵不能孵化; 40.38‰ 对卵和无节幼体发育不利。在相同的温、盐度条件下,卵及无节幼体发育早的体质较好,发育迟的体质较差。温、盐度与长毛对虾卵的孵化及无节幼体发育的关系基本与墨吉对虾的相同。

长毛对虾是一种大型海虾,生长快,肉味美,营养丰富,价值高,产量多,是我国南海重要的经济虾类之一。它的形状与墨吉对虾 (*P. merguensis* de Man) 非常相似,广东沿海的渔民把这两种虾都称为白刺虾、大虾或白虾。

长毛对虾、墨吉对虾和对虾 (*P. orientalis* Kishinouye) 都是大型海虾,不仅是海洋渔业中一种产值高的捕捞对象,也是鱼塢(港养)养殖的良好品种。为发展养虾事业,人工掌握虾苗来源,解放后有不少科学工作者进行人工繁殖的研究。国内刘瑞玉等(1959)和宋昌文(1962),倪正泉(1962)分别对对虾、长毛对虾作过报导;作者(1963)曾报导过墨吉对虾人工繁殖的研究。在国外,日人藤永元作(1942)对日本对虾 (*P. japonicus* Bate) 的人工繁殖研究作过叙述; Zein-Eldin (1963) 描述了盐度对 *P. setiferus*、*P. aztecus* 和 *P. duorarum* 三种对虾仔虾期的生长度及成活率的影响; Costlow 等(1962)以蟹的卵和幼体为材料,对其与温、盐的关系作过详细的研究。本文仅就温、盐度与长毛对虾卵的孵化及无节幼体发育关系的实验进行总结,目的在于更多地掌握长毛对虾孵化发育与温、盐的度关系,为今后开展人工繁殖工作提供实验生物学数据,从而提高孵化育苗率。

实验过程中,承徐增云同志测定海水盐度,俞建力和陈成崧同志协助统计成活率,作者谨致深切谢忱。

* 本文完成于 1966 年,作者当时在原水产部南海水产研究所工作。

材料与方 法

本实验于1963年在广东省汕尾镇进行。性腺成熟的雌虾由渔民在汕尾海区采捕,运回实验室后置于水族箱内让其自行产卵。当雌虾产卵后,立即挑选色泽鲜明、各自分离的良好受精卵,每100粒为一组,放于盛有不同盐度海水的玻璃缸内,这些玻璃缸又分别置于不同温度中孵化。每隔15或30分钟,统计孵出无节幼体的数目,并观察记录幼体活动状况。供实验的卵为8细胞至多细胞期。

研究温、盐度与无节幼体发育关系的实验,所用的无节幼体都是在不同盐度的海水中孵化出来,并在原来的盐度中生长发育至蚤状幼体。这样做可以避免由于盐度的改变而影响实验结果。在实验过程中定期统计幼体变态的数目及其活动状况。

卵孵化的水温有三种,即 $24 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, $28 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, $35.5 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$; 无节幼体发育的水温是 $24 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, $28 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 和 $32 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 三种。每个温度组内都分别包括有5种或4种海水盐度,即卵的孵化盐度为20.81%, 23.15%, 28.59%, 35.45%和40.38%; 无节幼体发育的盐度为23.15%, 28.59%, 35.45%和40.38%。

不同盐度海水的配制,是用井水或滤过的食盐水加进经过过滤的新鲜海水中调节而成。

水温用人工控制。方法是將盛有卵或无节幼体的玻璃缸,分别置于盛有井水的各个水族箱内,水族箱内的水位比缸内的水位高。在水族箱内的水中加入热水或冰水来保持缸内要求的水温。每半小时记录水温一次,并经常加以调整。

结 果

(一) 孵 化

在供实验的15个温、盐度组中,凡海水盐度为20.81%的,不论在何种水温条件下,都不能孵化。其他4种盐度,除40.38%在水温 $35.5 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 不能孵化外,都可以孵化(表1)。

从孵出幼体的体质来看,在同一温度组内,以海水盐度28.59%的幼体最好,游泳活

表1 在不同温、盐度条件下的孵化率及幼体成活率

发育期	水 温 ($^{\circ}\text{C}$)	盐 度 (%)				
		20.81	23.15	28.59	35.45	40.38
卵至无节幼体	24 ± 0.5	0	79	93	95	87
	28 ± 0.5	0	43	95	100	88
	35.5 ± 0.5	0	9	17	22	0
无节幼体至蚤状幼体	24 ± 0.5		83	86	87	25
	28 ± 0.5		65	89	67	49
	32 ± 0.5		100	93	97	76

泼,趋光性强,成活率高。其次为 35.45%,再次为 23.15%,最差为 40.38%。受精卵在同一盐度 40.38‰组内,在水温 $35.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 不能孵化;在 $24 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 和 $28 \pm 0.5^\circ\text{C}$,虽然可以孵化,但孵出的幼体全部沉底,不能游泳。

孵化期与水温有密切关系,从表 2 可看到,不论在何种盐度组内, $28 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 均比 $24 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 孵化快。例如在盐度 23.15‰组内的孵化期, $28 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 为 13:20' (即 13 小时 20 分钟,下同), $24 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 为 18:05'。但在 $35.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 的情况则相反,不论何种盐度其孵化时间均比 $28 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 和 $24 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 的慢,而且孵化率很低(表 1),孵出的幼体全部沉于容器底部,不能游泳。这是由于 $35.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 已超过卵孵化的适温范围,因而对卵的发育起了抑制作用的缘故。

表 2 在不同温、盐度条件下卵孵化及幼体发育时间

发育期	水温 ($^\circ\text{C}$)	盐度 (‰)				
		20.81	23.15	28.59	35.45	40.38
卵至无节幼	24 ± 0.5	0	18:05	16:50	17:05	18:20
	28 ± 0.5	0	13:20	13:20	13:20	14:05
	35.5 ± 0.5	0	18:20	17:35	18:05	0
无节幼体至溞状幼体	24 ± 0.5		64:55	63:10	65:25	73:40
	28 ± 0.5		51:10	42:40	46:10	48:55
	32 ± 0.5		32:55	32:55	33:25	37:40

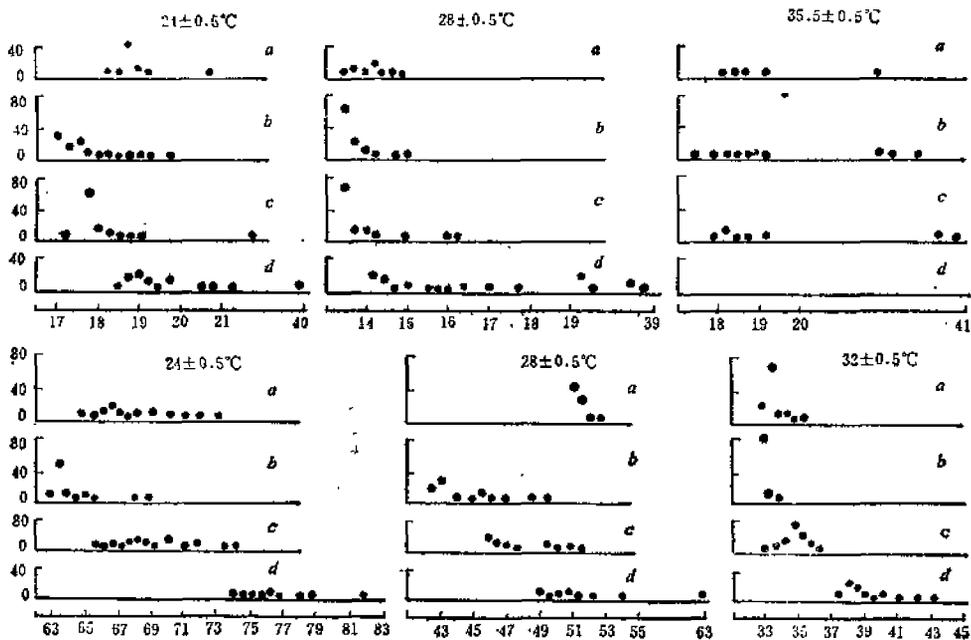


图 1 在不同温、盐度条件下卵及无节幼体的发育比率

上图为孵化比率,下图为无节幼体变态为溞状幼体的发育比率。横座标数字是时间(小时);纵座标数字是百分比。a, b, c, d, 分别代表盐度 23.15‰, 28.59‰, 35.45‰, 40.38‰。

盐度对孵化期的长短有影响,在同一温度条件下,盐度 28.59% 孵化最快; 40.38% 孵化最慢。例如在 $24 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 各种盐度的孵化时间为: 28.59% 是 16:50'; 35.45% 是 17:05'; 23.15% 是 18:05'; 40.38% 是 18:20'。受精卵在适宜的盐度,不仅发育较快,孵化时间较短,而且发育时间比较一致,发育比率高。图 1 是卵和无节幼体在各种温、盐度条件下的发育比率,从图 1 可看到,在 $24 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 当盐度 28.59% 的受精卵经 18.5 小时已有 88% 的幼体孵出,而 40.38% 的才开始孵化。盐度 35.45% 的孵化时间比 28.59% 的略迟,但孵化比率相差也甚大,28.59% 的受精卵经 17.5 小时孵出了幼体 63%, 但 35.45% 的只孵出 5%。其余 2 组温度的情况与此大致相同。

二、无节幼体发育

温、盐度对无节幼体发育影响的实验结果与上述卵孵化的结果非常一致。在温度与发育期的关系方面,同样表明在一定的水温范围内,温度愈高;发育愈快,需时愈短。例如在盐度 28.59% 组内,由无节幼体发育至溞状幼体的时间, $24 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 为 63:10', $28 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 为 42:40', $32 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 为 32:55' (见表 2)。

从幼体的体质来看, $28 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 最好, $32 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 次之, $24 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 又次之。例如在盐度 28.59% 组内, $28 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 的溞状幼体体质强壮,游泳活泼,全部游于水的上层,趋光性强; $32 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 的幼体绝大部份游于水的上层,少数游于中层; $24 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 的幼体大部分游于上层,少部份游于中层,活动能力比前面两组温度的稍差。

盐度对无节幼体的发育时间及体质都有影响。盐度过高幼体发育不良。例如当盐度高达 40.38%, 不论何种温度,无节幼体变态成溞状幼体均全部沉于容器底部,不能游泳,而且成活率很底。在同一温度组中,盐度 28.59% 的发育最快,体质强壮; 40.38% 的发育最慢,体质差。盐度与幼体发育比率亦有关系,从图 1 可清楚地看到,在 $24 \pm 0.5^\circ\text{C}$, $28 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 和 $32 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 当盐度 28.59% 的无节幼体分别经 69、50、34 小时的发育已全部变态为溞状幼体时,而盐度 40.38% 的幼体却还未开始变态或刚刚开始变态。例如在 $24 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 无节幼体开始变态为溞状幼体的时间,在盐度 28.59% 为 63:10', 到 69:10' 已全部变态完毕;而 40.38% 却要到 73:45' 才开始变态。盐度 35.45% 和 23.15% 的幼体一般都比 28.59% 的变态慢,在水温 $24 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 无节幼体变态为溞状幼体的时间各为 65:25' 和 64:55'。在水温 $32 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 虽然盐度 23.15% 与 28.59% 的无节幼体同样在 32:55' 开始变态,但盐度 23.15% 变态的比率很低(18%), 而盐度 28.59% 的幼体则绝大部份都已变态(83%)。

长毛对虾的卵和无节幼体,在不适宜的盐度中,不仅发育慢,而且一般也是发育很不一致,持续时间较长。在相同的水温条件下,盐度 40.38%, 比盐度 23.15%、28.59% 和 35.45% 的持续时间都要长。例如在 $32 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 组内, 盐度 40.38% 由无节幼体发育为溞状幼体,开始变态为 37:40', 变态结束为 43:10', 由开始至结束持续时间为 5:30'; 但在盐度 28.59%、35.45% 和 23.15%, 其持续时间各为 1:00', 3:00' 和 2:30', 都比 40.38% 的持续时间要短得多。这种情况在其他的温度组,以及在卵孵化的实验中,结果都十分类似。

讨 论

温、盐度与长毛对虾卵的孵化及无节幼体的发育时间、变态比率、体质强弱等的关系, 同作者(1963)以墨吉对虾为材料的实验结果非常相似。例如在水温 $28 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 的孵化时间, 长毛对虾为 $13:20'$ (盐度 28.59%), 而墨吉对虾为 $13:00'$ (盐度 29%)。由无节幼体发育至溞状幼体的时间, 长毛对虾为 $42:40'$ (水温 $28 \pm 0.5^\circ\text{C}$), 墨吉对虾为 $43:15'$ (水温 $27-29^\circ\text{C}$)。又如作者在进行本项实验时, 也把墨吉对虾的卵和无节幼体置于前述的 5 种不同海水盐度中观察其孵化发育情况, 结果同样表现为盐度 28.59% 的发育最快, 体质最好; 盐度 40.38% 的发育最慢, 体质最差; 盐度 20.81% 的卵不能孵化, 无节幼体也不能变态成溞状幼体。由此可见, 长毛对虾和墨吉对虾这两种虾, 不仅外形十分相似, 而且与温、盐度的关系亦非常相似。

倪正泉(1962)在《长毛对虾幼虫发育与环境因素关系的初步探讨》一文中认为:“水温高低并不是引起长毛对虾幼虫发育速度延长或加快的主要因素, 引起幼虫发育速度延长或加快作用的最主要因素, 乃是比重。”这个结论是不对的。根据作者的实验结果, 水温对长毛对虾幼体发育速度快慢的影响是非常显著的, 在一定水温范围内, 温度越高, 发育越快。至于盐度, 对幼体发育的速度也是有影响的, 但从水温和盐度二者来比较, 影响发育速度快慢的主要因素是温度。图 2 是根据本实验数据, 按 $y = bx^a$ 公式计算绘成的温度、盐度与无节幼体发育时间相关曲线比较图。图中 T 曲线表示在同一盐度 28.59% 的条件下, 不同水温与幼体期的发育关系, S 曲线表示在同一水温 $32 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 的条件下, 不同盐度与幼体期的发育关系, 在本实验的温、盐范围内, T 曲线的表达式为 $H = 90469.0440 T^{-2.2887}$, S 曲线的表达式为 $H = 24.8771 S^{0.0921}$ 。式中 H 代表时间, T 代表水温, S 代表盐度。从图 2 可明显看出, T 曲线的变化显著大于 S 曲线的变化 (其他温、盐度组的曲线变化与本图一致), 说明温度与发育时间的关系大于盐度与发育时间的关系, 证实影响幼体发育速度快慢的主要因素是水温, 而不是盐度。例如在 $32 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 不同的海水盐度中, 由无节幼体至溞状幼体, 发育时间快慢相差为 0—5 小时; 而在相同的盐度中, $32 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 比 $28 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 其发育时间相差为 10—18 小时, 后者比前者大得多。其他温、盐度组的情况亦与此相似。

Costlow 等(1962)在研究温、盐度(水温: 20°C , 25°C , 30°C 。海水盐度: 12.5%, 20.1%, 26.5%, 31.1%)对蟹幼体发育影响的实验中指出, 在盐度 12.5—31.1% 的范围内, 随着盐度的增高, 发育所需时间就缩短。根据作者以长毛对虾为材料的实验结果, 适

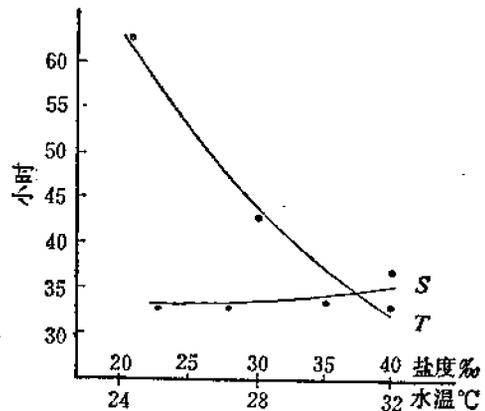


图 2 温度、盐度与无节幼体发育时间相关
 T 表示在同一盐度(28.59%)条件下, 不同水温与幼体发育关系曲线; S 表示在同一水温($32 \pm 0.5^\circ\text{C}$)条件下, 不同盐度与幼体发育关系曲线。

宜的盐度幼体发育快,需时短;盐度过高或过低,都会影响到发育时间的延长。图3是作者把卵和无节幼体分别放入十多种盐度的海水中(由底盐度至高盐度)观察其发育速度与盐度之间关系的实验结果。从图中更明显地可看到卵和无节幼体在海水盐度25—33%的范围内,发育所需时间最短;离此范围愈远,发育所需时间愈长。此结果与前面实验的基本一致。Costlow 等的实验,如果包含有更高盐度(高于31.1%)的话,也将会得出同作者一致的结果的。

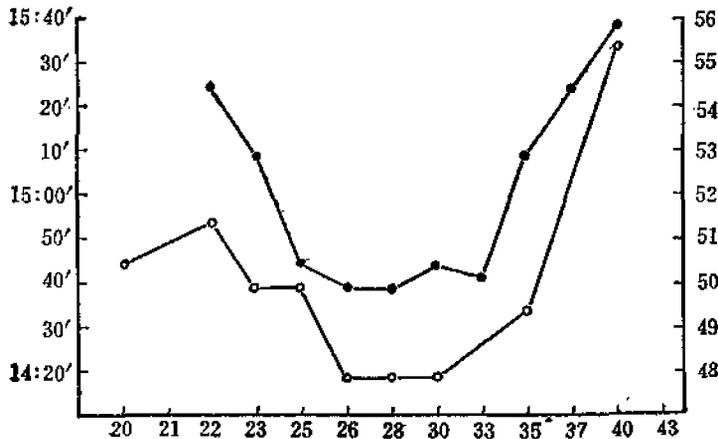


图3 在不同海水盐度中,长毛对虾卵孵化及无节幼体期发育时间
横座标数字是盐度。纵座标左列数字是孵化时间(小时,分),“●—●”;
右列数字是无节幼体期发育时间(小时),“○—○”。水温26—28℃。

参 考 文 献

- [1] 刘瑞玉、吴尚勳、蔡雅儿,1959。对虾生活史的初步报告。1959年全国胚胎学学术会议论文摘要汇集。
- [2] 宋昌文,1962。对虾室外人工育苗与幼虾饲养的初步总结。河北省农科院水产研究所印。
- [3] 施流章等,1963。墨吉对虾孵化育苗与环境因素的关系。广东海洋湖沼学会年会论文选集,49—67。
- [4] 倪正泉,1962。长毛对虾幼体发育与环境因素关系的初步探讨。福建省水产学会会议,3:11—19。
- [5] Costlow, J. D., Jr.; Bookhout, C. G., and Monroe, R., 1962. Salinity-Temperature effects on the larval development of the crab, *Panopeus herbstii* Milne-Edwards, reared in the laboratory. *Physiol. Zool. Chicago*, 35(1): 79—93.
- [6] Gunter, G. and Killebrew, R., 1964. Some relations of salinity to population distributions of motile estuarine organisms, with special reference to Penaeid shrimp. *Ecology* 45(1): 181—185.
- [7] Hudinaka, M., 1942. Reproduction, development and rearing of *Penaeus japonicus* Bate. *Jap. Jour. Zool.*, 10: 305—393.
- [8] Zein-Eldin, Zoula P., 1963. Effect of salinity on growth of postlarval Penaeid shrimp. *Biological Bulletin*. 125(1): 188—196.

**THE RELATION OF THE TEMPERATURE AND
SALINITY WITH THE HATCHING AND NAUPLIUS
DEVELOPMENT OF *PENAEUS PENICILLATUS* ALCOCK**

Shi Liuzhang

(*Zhu Jiang Fisheries Research Institute*)

Abstract

Temperature and salinity show a marked influence upon the incubation period and nauplius development. If the temperature is higher, the larval development will be faster and the time needed is shorter.

When the eggs and nauplius are placed under the same salinity conditions, and suitable temperature, the larvae are strong, and the survival rate is high. The most suitable temperature for hatching and nauplius stage is $28^{\circ} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, but water temperature of $35.5^{\circ} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ is harmful to the hatching and larval development.

If the water salinity is 28.59‰ to 35.43‰, the hatching rate is high and the larvae are robust. In 20.81‰ salinity, eggs can not be hatched out. In 40.38‰ salinity and temperature at $24^{\circ} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ to $28^{\circ} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, although incubation is possible but larvae hatched are so weak that they are unable to swim. At the temperature $35.5^{\circ} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ and the salinity 40.38‰, the eggs can not be hatched.

The nauplius can develop into zoea when the water salinity is 23.15‰, 28.59‰ or 35.45‰. In salinity 40.38‰, the nauplius can develop into zoea, but they are unable to swim and the survival rate is low.

In suitable salinity and temperature hatching is comparatively fast, the survival rate is higher.