

378-384

5879(6)

第15卷 第4期
1995年12月生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICAVol. 15, No. 4
Dec. , 1995

温度对中国对虾 (*Penaeus orientalis*) 越冬亲虾性腺发育与存活率的影响*

李星云

(浙江水产学院, 宁波, 315010)

Q959.223.6
S968.226

A

摘要 本文根据 11a 来中国对虾越冬亲虾生产性培育试验资料的统计分析结果得出, 亲虾性腺发育的起点温度为 $7.9 \pm 0.3^\circ\text{C}$, 性腺发育成熟的有效积温为 250.4 ± 33.6 日度, 预测性腺发育成熟所需日期公式为 $N = \frac{250.4 \pm 33.6}{T - (7.9 \pm 0.3)}$ (d), 升高或降低越冬期间的基础水温可控制亲虾产卵时间迟早, 产卵期间间歇升降温或连续升温, 可控制亲虾集中产卵的次數和亲虾产卵持续时间。亲虾越冬期间, 有利于提高亲虾存活率的水温, 宜控制在 $8.0 - 13.0^\circ\text{C}$, 不宜超过 13.5°C , 升降温幅度不宜超过 1.5°C , 以 1.0°C 左右为好。亲虾产卵期间, 有利于亲虾存活率、产后卵子孵化率和亲虾再次产卵率的适宜水温为 $12.0 - 15.0^\circ\text{C}$, 不宜超过 16.0°C , 升降温幅度不宜超过 1.0°C , 以 1.0°C 以下为好。

关键词 中国对虾; 性腺发育; 有效积温; 存活率; 亲虾; 越冬; 温度;

中国对虾 (*Penaeus orientalis*) 亲虾越冬技术日趋成熟^[1], 并进一步开展了亲虾卵巢催熟^[2], 提高亲虾的存活率和利用率^[3,4]等研究。但温度对中国对虾越冬亲虾性腺发育与存活率的影响迄今未见报道。揭示中国对虾越冬亲虾的性腺发育和存活率与温度的关系, 对于预测亲虾产卵时间和人为控制, 提高亲虾存活率和利用率等方面, 具有重要意义。为此, 笔者对 11a 来积累的亲虾越冬培育生产性试验资料进行分析研究。

1 研究方法

研究资料主要是 11a 来笔者在生产实践中积累的亲虾培育试验记录。按常规操作^[5], 亲虾越冬池水温测量, 分别于换水前后各测一次, 根据气候变化, 必要时分别于 6:00、12:00、22:00 各再测一次。人工控温采用的方法为: 水温低时, 下午从土沉淀池泵水入高位沉淀池; 水温高时, 下半夜或凌晨泵水; 若土沉淀池水温太高, 可直接从海里泵水入高位沉淀池; 必要时用电热棒升温或冰块降温等。

亲虾性腺开始发育时间从 85% 以上亲虾交配之日作为起点, 性腺开始发育时间至 70% 亲虾卵巢进入 N_4 期并有部分亲虾开始产卵时止为亲虾性腺发育成熟历期 (N)。根据 1984 年至 1993 年积累的数据, 按热常数原理公式, 计算性腺发育成熟有效积温 K 和性腺发育起点温度 C ^[6]。根据历年来不同的温度变化幅度, 对亲虾存活率影响的试验资料, 计算亲虾越冬期间和产卵期间, 不同温度变化幅度下的日平均死亡率增减幅度 (加权平均), 然后与对照组平均日死亡率 (加权平均) 进行 χ^2 检验, 检验升温幅度对日死亡率影响显著程度及检验降温幅度对降低

* 牟式宽同志提供了浙江海水养殖研究所试验场 1984—1986 年亲虾越冬资料; 林汝良同志提供了宁海对虾育苗厂 1991—1992 年亲虾越冬资料; 徐善良、王春琳、朱艺峰等同志参加 1987—1990 年亲虾越冬培育。特此一并致谢。

收稿日期 1993 10 13, 修改稿收到日期: 1994 10 10。

死亡率显著程度。

日产卵量统计,采用培育亲虾的越冬池原池产卵,第 2 天早晨用 80 目筛绢集卵,然后用容量法计数。孵化率计算采用生产上常用的公式: $\frac{\text{孵出的无节幼体数}}{\text{总卵数(包括未受精卵)}} \%$, 孵化温度控制在 18.0—20.0℃。

2 研究结果

2.1 亲虾性腺发育的起点温度与性腺发育成熟的有效积温

根据 10a 生产性实验观察,对虾性腺发育历时 71—116d 之间,日平均温度在 10.03—11.41℃ 之间,结果如表 1。将表 1 的数据代入(1)、(2)式,计算出中国对虾越冬亲虾的性腺发育起点温度(C)和性腺发育成熟的有效积温(K)如下:

$$C = \frac{\sum V^2 \cdot \sum T - \sum V \cdot \sum VT}{n \sum V^2 - (\sum V)^2} = 7.9^\circ\text{C} \quad (1)$$

$$K = \frac{n \sum VT - \sum V \cdot \sum T}{n \sum V^2 - (\sum V)^2} = 250.4 \text{ 日度} \quad (2)$$

式中: $T(^\circ\text{C})$ ——日平均温度, $V(1/N)$ ——发育速率, $n(a)$ ——观察年数

因此预测亲虾性腺发育成熟所需日期

的公式为: $N = \frac{K}{T-C}$, 式中: $N(d)$ ——性腺发育历期, K ——有效积温, C ——起点温度, T ——日平均温度。

用统计学方法计算 K 、 C 值之误差,则预测公式为: $N = \frac{250.4 \pm 33.6}{T - (7.9 \pm 0.3)}$ (d)。在浙江的自然条件下,亲虾性腺发育成熟历期短的为 71d(浙江南部),长的为 116d(浙江中部),主要与有效积温有关。达到有效积温时,亲虾在 10.7℃ 的水温条件下也能产卵,但多数年份开始产卵时的水温在 12.0℃ 以上,最高为 13.1℃。

2.2 温度对产卵量的影响

1987 年参加产卵的亲虾 3350 尾,产卵期间其日总产卵量随温度变化而有明显变化(图 1、1)。从 3 月 24 日亲虾开始产卵至 5 月 7 日产卵结束,共出现 3 次产卵高峰。第 1 次产卵高峰出现在 3 月 30 日至 4 月 4 日,平均日水温为 $12.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$,共产卵 35280 万粒,占总产卵量的 12.31%,卵孵化率平均为 62.40%;4 月 8 日至 4 月 13 日为亲虾第 2 次产卵高峰,平均日水温为 15.23°C ,共产卵 46073 万粒,占总产卵量 16.08%,卵孵化率平均为 48.45%;4 月 13 日温度逐渐下降至 12.2°C ,后又逐渐上升至 17.0°C ,4 月 21 日至 4 月 28 日出现第 3 次产卵高峰,平均日水温为 19.18°C ,共产卵 57548 万粒,占总产卵量的 20.08%,卵孵化率平均值为 21.5%。从图 1(1)中又可见,3 个产卵高峰的峰顶均出现在温度曲线的最高点附近,而产卵低

表 1 亲虾性腺发育历期、日平均水温和发育速率

Table 1 Time for gonad development, day average temperature and speed for gonad development of parent prawn *P. orientalis*

性腺发育历期 $N(d)$ Time for gonad development N	性腺发育期间日平均水温 $T(^\circ\text{C})$ Day average temperature in gonad development period T	发育速率 $V=1/N$ Speed of gonad development ($V=1/N$)
103	10.338000	0.009708737864
90	10.641700	0.0111111111000
71	11.405500	0.014084507000
114	10.099000	0.008771929850
96	10.638380	0.010416666000
94	10.667031	0.010638299000
107	10.174500	0.009345794393
116	10.031480	0.008620689700
109	10.222000	0.009174311900
100	10.520000	0.010000000000

谷期基本上也出现在温度低点附近,而且每日产卵量的升与降与相应的日平均水温变化趋势相一致。

1991年亲虾产卵期间(图1, I),对自然升温幅度进行了一定控制,4月20日前,即第2次产卵高峰前,日平均水温控制在15.0℃以下,5月7日前一般控制在16.0℃以下,其结果除第1次第2次产卵高峰较明显外,第3次产卵高峰并不明显,并出现了第4次产卵高峰。5月9日至5月17日期间,除少数几天外,产卵量稳定在2000—3000万粒以上,所产卵子质量好,孵化率高(73.50%),比往年产卵季节延长了十余天。

1993年为了满足养殖户集中放苗(4月20日至5月5日)的要求,连续升温至15.0℃,控制亲虾集中产卵,除4月16日、17日、18日3d水温低于13.0℃,产卵量稍有降低外,可以说只有1个高峰图1(II),高峰期持续时间约22d。

2.3 温度对越冬期间亲虾存活率的影响

亲虾进越冬室不久,随着水温下降(13.0—11.0℃)日死亡率也随着下降,若在水温下降过程中水温再上升,日死亡率就会明显地提高。越冬后期,正值春季,气候多变,温度升降幅度太大,也会使日死亡率上升,如果从11.0℃缓慢升至13.0℃,则对死亡率影响不大。越冬中期(1月份至2月份),水温一般稳定在8.0—11.0℃之间,亲虾死亡率较低,如1987年至1992年每年1—2月份,越冬亲虾平均日死亡率分别只有0.15%、0.12%、0.09%、0.15%、0.08%、0.13%。越冬中期是水温最低季节,若水温低于8.0℃,亲虾死亡率就会升高,如1989年2月3日至10日越冬水温只有7.0—7.8℃,亲虾平均日死亡率为0.10%,而同年1月26日至2月2日,水温维持在8.4—9.0℃之间,平均日死亡率只有0.07%,两者差异极为显著。

由表2明显可见,在适温范围内,亲虾越冬期间升温能致使亲虾日死亡率升高,经 χ^2 检验,升温1.5℃, $\chi^2_{1.5} \cong \chi^2_{0.05}$,升温2.0℃, $\chi^2_{2.0} > \chi^2_{0.05}$ 差异显著。亲虾越冬期间降温幅度在1.5℃以内能使亲虾死亡率降低,经 χ^2 检验,与对照组日死亡率相比较,降温1.5℃以内,对降低日死亡率差异均不显著,其中以降温幅度1.0℃为宜。

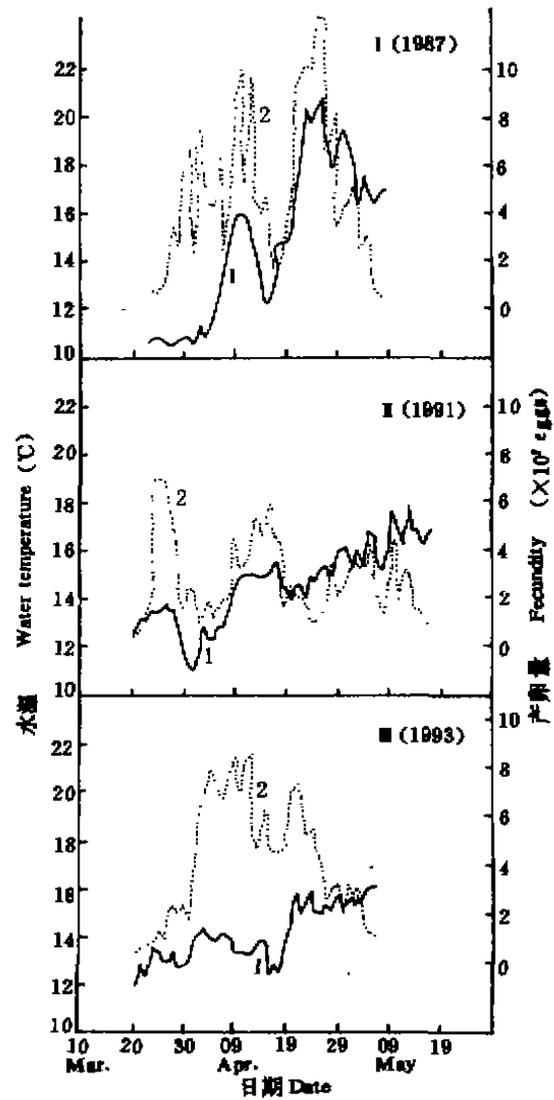


图1 亲虾产卵期间温度与产卵量的关系

Fig. 1 Relationship between the temperature variation and the fecundity of parent prawn in spawning period

1 水温 Water temperature; 2 产卵量 Fecundity

表 2 越冬期间升降温幅度对亲虾死亡率影响

Table 2 Effects of rising or dropping range of the temperature in overwintering period on the mortality of parent prawn

项目 Item	升温幅度(°C)				降温幅度(°C)			
	Rising range of the temperature				Dropping range of the temperature			
	+0.5	+1.0	+1.5	+2.0	-0.5	-1.0	-1.5	-2.0
试验次数(次) Rearing times (time)	28	15	10	8	37	17	8	3
平均日死亡率增减幅度(±%) Rising or dropping range in average day mortality	+0.03	+0.07	+0.17	+0.20	-0.04	-0.08	0	+0.01

2.4 温度对产卵期间亲虾存活率影响

越冬亲虾在整个产卵期间,随温度升高日死亡率也随之升高(表 3),其中 16.0°C 以上亲虾日死亡率急剧升高,幅度达 4.25 倍,而 16.0°C 以下亲虾日死亡率较低,尤其是 15.0°C 至 12.0°C 之间日死亡率只有 0.49—0.41%。

表 3 亲虾产卵期间不同水温下的死亡率

Table 3 Mortality of parent prawn in different temperatures in spawning period

水温(°C) Water temperature	10.1	11.1	12.1	13.1	14.1	15.1	16.1	17.1	18.1	19.1
	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20
平均日死亡率(%) Average day mortality	0.49	0.43	0.49	0.41	0.78	1.00	4.24	4.12	5.24	5.20

由表 4 可见,在适温范围内,在亲虾产卵期间升温,致使亲虾日死亡率提高,要比越冬期间更为明显,经 X^2 检验,升温 1.0°C 差异显著,升温 1.5°C、2.0°C 差异极为显著。产卵期间温度下降,致使亲虾死亡率降低也比越冬期间明显,经 X^2 检验,降温 0.5°C 降低死亡率差异显著,降温 1.0°C、1.5°C 降低死亡率极为显著,但降温 2.0°C 因降温幅度太大,死亡率降低程度反而减少差异并不显著。由此可知,有利于提高亲虾存活率的适宜降温幅度为 1.0—1.5°C。

表 4 产卵期间升降温幅度对亲虾死亡率影响

Table 4 Effects of rising or dropping range of the temperature on the parent prawn mortality in spawning period

项目 Item	升温幅度(°C)				降温幅度(°C)			
	Rising range of the temperature				Dropping range of the temperature			
	+0.5	+1.0	+1.5	+2.0	-0.5	-1.0	-1.5	-2.0
试验次数(次) Rearing times (time)	17	24	8	4	14	11	6	3
平均日死亡率增减幅度(±%) Rising or dropping range in average day mortality(±%)	+0.11	+0.27	+0.76	+1.43	-0.38	-0.69	-0.41	-0.27

3 讨论与小结

3.1 关于越冬池水环境对越冬亲虾性腺发育与存活率影响的主导因素问题

亲虾越冬管理的各项技术措施是一个统一整体,要相互协调,特别是温度、光照、饵料 3 个因素的协调控制。根据张伟权^[3]、王良臣^[5]、高学兴^[8]等研究,一致认为水温是影响亲虾性腺发

育和存活率的最关键理化因子。关于光照对性腺发育影响,国内外学者结论不一。例如 Aquacup 报道^[9],透光率只有 10%的水槽内饲养墨吉对虾(*Penaeus merguieusis*)时,其卵巢的成熟程度要比 40%的为好。Clark 也曾指出^[10],光照强度、光照周期和波长对促进对虾卵巢发育的作用,其潜力要比切除对虾眼柄大。但从张伟权^[2,3],高学兴^[8]等近年来对中国对虾试验来看,其影响并不明显。但笔者所述中国对虾越冬亲虾越冬和产卵期间,都采用棉帘遮光,保持黑暗,光照环境稳定。至于饵料,主要是饵料质量和投喂技巧,直接或者间接地影响亲虾存活率高和卵巢发育好坏。一般情况下饵料质量是保证的,投喂技巧都是比较成熟的。因此 3 个因素中温度变化最大,它是影响亲虾性腺发育和存活率的主导因素。

3.2 关于越冬亲虾性腺发育的起点温度与性腺发育成熟有效积温

对虾是一种变温动物,其体温和新陈代谢速度等和其他一切变温动物一样,随环境温度变化而变化,它们完成性腺发育期需要一定的热总量。为此,早在 1985 年徐君卓^{*}就初步认为:对虾性腺发育有一有效温度,水温在此有效温度之上,对虾性腺就开始发育,在饵料适宜、满足的前提下,性腺的成熟与产卵的时间取决于有效温度的积累。此后,陈宗尧、王克行(1987)^[11]、齐玉祥等(1991)^[12]、王良臣等(1991)^[5]等都提到有效积温的问题,但都未能作具体研究报道。笔者采用适合于害虫发生期预测的有效积温法^[1],得出了亲虾性腺发育起点温度与性成熟有效积温,以及预测性腺发育成熟公式。根据预测公式计算历年来亲虾性腺发育成熟所需日期,并与亲虾性腺发育成熟所需的实际天数相比较,除 1989 年相差 -4.6d 外,其他年份基本一致。另外,广东省惠来县养殖开发总公司靖海培育室^{**},1986 年中国对虾越冬亲虾在平均日水温 12.8℃条件下,发育历期为 50d,在平均日水温 15.5℃下,性腺发育历期为 28d。应用所得公式计算结果: $N = \frac{250.4}{12.8 - 7.9} = 51.1(d)$, $N = \frac{250.4}{15.5 - 7.9} = 32.9(d)$,计算值和实际值基本一致。

鉴于上述,有效积温法也适合于对虾性腺发育成熟期预测。计算所得的亲虾性腺发育的起点温度和有效积温,能准确地反映亲虾性腺发育的实际情况。

3.3 关于性腺发育开始时间和历期结束时间的确定

在土池中暂养交配的中国对虾,随着水温下降至 11 月底 12 月初,大部分亲虾能脱壳交配,但仍有少部分不一定能交配,所以在生产上,当 85%亲虾交配后,就将亲虾从土池中起捕入室越冬。王克行等^{***}指出 11 月底至 12 月初,亲虾大部分交配后即进入大生长期 I (N_1),即卵母细胞开始积累卵黄物质。从此后水温高低就会间接地影响亲虾的卵黄积累,因为不同水温直接影响亲虾的摄食量、新陈代谢,继而影响营养物质的积累。所以以 85%亲虾交配作为计算性腺发育开始时间,是符合亲虾性腺发育规律的。

由于越冬亲虾性腺发育前后参差不齐,以及个别亲虾不一定能发育成熟等实际情况,当部分亲虾开始产卵时,一般近成熟期(即 N_*)以上亲虾可以占到总亲虾的 70%以上,不久即进入成熟期(V),此时卵母细胞充满卵黄物质,越冬亲虾性腺发育阶段结束,进入产卵阶段。故将部分亲虾开始产卵、 N_* 以上亲虾占 70%,作为亲虾性腺发育历期结束时间。

* 徐君卓. 中国对虾人工越冬的操作管理. 海洋水产科技, 1985, 3: 1-8.

** 何伏云、周志明. 中国对虾在广东环境条件下促进性腺发育初步试验. 浙江海水养殖, 1987, 1-2: 23-27

*** 王克行, 杜宣. 中国对虾卵巢发育与超微结构. 1991 全国海水养殖学术讨论会论文集. 1992, 121-126

3.4 关于人为控制产卵时间问题

要使亲虾提前产卵和延迟产卵,根据有效积温原理,可采用提高或降低基础温度的方法,提前或延迟达到积温。如浙江六横小湖对虾育苗厂,1991至1992年度越冬期间,基础温度控制在 9.0°C 以上,由于基础温度高,提早达到了积温,亲虾于3月4日产卵,3月20日虾苗就可出售。有些生产单位采用产卵前一个月升温促熟,虽也能达到提前产卵目的,但亲虾死亡率高、产卵量少、卵孵化率低;有些生产单位于亲虾卵巢接近成熟期前后,用维持低温的方法推迟产卵,则会引起卵过熟,孵化率低,而且也会使亲虾大量死亡。所以上述方法都不宜采用。

1991年亲虾于3月21日开始产卵,当时水温为 12.5°C ,然后逐渐升温至 13.8°C ,再从 13.80°C 降至 11.0°C (4月1日),接着又逐渐升温至 $14.5\text{--}15.0^{\circ}\text{C}$,再从 15.5°C 降温,至育苗后期人为的将水温控制在 $15.0^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 范围,这样就能使亲虾集中在一段时间内连续产卵,同时又有间歇营养阶段,有利于亲虾性腺重新发育,为下一次集中、批量产卵作准备。这对于控制亲虾集中几次产卵,延长产卵时间、提高亲虾利用率有重要意义。

要控制亲虾在一段时间内集中产完卵,可采用1993年控温方法,即连续升温至 15.0°C ,然后将水温维持在 $13.6\text{--}15.0^{\circ}\text{C}$ 之间。

3.5 关于亲虾越冬和产卵期间温度控制与升降温幅度问题

关于这个问题众说不一。如张伟权等(1989)^[3]提出越冬亲虾越冬适宜范围是 $7.0\text{--}11.0^{\circ}\text{C}$ 。张田(1988)^[11]提出产卵的适宜水温为 $16.0\text{--}25.0^{\circ}\text{C}$ 。笔者认为根据性腺发育的起点温度,以及越冬前后水温与死亡率关系来看:越冬前期(12月上中旬)水温宜控制在 $13.0\text{--}11.0^{\circ}\text{C}$ 之间,中期(12月下旬至翌年2月) $11.0\text{--}8.0^{\circ}\text{C}$,后期(3月上旬) $11.0\text{--}13.0^{\circ}\text{C}$ 。越冬期间水温不宜超过 13.5°C ,否则前期要引起亲虾蜕壳失去精英而死亡,中后期又可能引起性腺退化,造成亲虾大量死亡。亲虾产卵期间温度宜控制在 $12.0\text{--}15.0^{\circ}\text{C}$,不宜超过 16.0°C 。

亲虾越冬期间升温幅度不宜超过 1.5°C ,以 1.0°C 左右为好,降温幅度以 1.0°C 为最好。亲虾产卵期间升温幅度不宜超过 1.0°C ,降温幅度也以 1.0°C 为最好。

参 考 文 献

- 1 齐玉祥等.对提高越冬亲虾育苗量有关技术问题的浅见.海洋渔业,1991,13(3):125—126
- 2 张伟权.中国对虾人工越冬和卵巢催熟正交试验报告.海洋与湖沼,1984,15(3):265—273
- 3 张伟权等.提高中国对虾(*Penaeus orientalis* O'sbeck)成活率和利用率的若干技术措施.海洋科学,1989,3:56—57
- 4 王克行等.提高中国对虾亲虾利用率的研究.水产学报,1989,13(2):160—169
- 5 王良臣等编.对虾养殖.天津:南开大学出版社,1991,170—175
- 6 孙儒泳编著.种群的科学管理与数学模型——动物的盛衰兴亡.上海:上海科学技术出版社,1985,168—170
- 7 陈宗尧,王克行编著.实用对虾养殖技术.北京:农业出版社,1987,41—42
- 8 高学兴等.影响中国对虾交尾率与亲虾越冬成活率的主要因素.中国水产,1991,11:31—32
- 9 Aquacup. *Maturation and Spawning in Captivity of penaeid Shrimp Proceedings of Sixth Annual Meeting*. World Marine Culture Society. 1975,123—132
- 10 Clark W. *Shrimp and Prawn Farming in the Western Hemisphere*. 1977, 39—40
- 11 张田.亲虾(对虾)的选择与培育.中国水产,1988,3:28—29

EFFECTS OF TEMPERATURE ON THE GONAD DEVELOPMENT AND SURVIVAL RATE OF PARENT PRAWN *PENAEUS ORIENTALIS*

Li Mingyun

(Zhejiang Aquatic Product Institute, Ningbo, China, 315010)

This paper gives the statistical analysis of 11 years experimental data from mass parent prawn rearing of *Penaeus orientalis* years. Results obtained show that incipient temperature for gonad development of parent prawn is $7.9 \pm 0.3^\circ\text{C}$. The effective accumulated temperature for sexual maturity is 250.4 ± 33.6 day degree. The experimental formula to calculate the sexual maturity time of parent prawn is:

$$N = 250.4 \pm 33.6/T \pm (7.9 - 0.3) \quad (\text{d})$$

The model can be used to control the spawning time by rising or dropping the basic temperature in overwintering period. Spawning batches and sustained spawning time can be controlled by intermittently dropping or continually rising the temperature in spawning period. For rising the survival rate of parent prawn, the temperature should be controlled between $8.0 - 13.0^\circ\text{C}$ and never higher than 13.5°C in overwintering period. The optimum rising or dropping range of temperature is about 1.0°C . The suitable temperature for rising the survival rate and hatching rate of eggs of parent prawn is between $12.0 - 15.0^\circ\text{C}$, never higher than 16.0°C . It is better to limit the rising and dropping range less than 1.0°C .

Key words: *Penaeus orientalis*, Gonad development, effective accumulated temperature, survival rate.