

凡纳滨对虾亲虾性腺成熟节律和交配率

林琼武¹, 艾春香¹, 李少菁¹, 王桂忠¹, 陈学雷¹, 沈绿珠²

(1. 厦门大学 海洋与环境学院, 福建 厦门 361005; 2. 厦门大学 统计系, 福建 厦门 361005)

摘要:在水温 $(27 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、盐度 29 ± 2 、pH 7.8~8.5、光强1000 lx的条件下,对来自中国台湾省的体质量为35~45 g的凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei* Boone 1931)亲虾的性腺成熟节律和交配进行了为期73 d的繁育实验,样品为1300对,3个批次。结果表明,雌虾术后卵巢成熟率分4期:Ⅰ期(1~9 d)入池适应术后效应期;Ⅱ期(10~16 d)低成熟率期;Ⅲ期(17~51 d)成熟率渐上升期;Ⅳ(52~73 d)平稳期;雄虾精英形成率分3期:Ⅰ期(1~12 d)入池适应与术后效应期;Ⅱ期(13~51 d)平缓上升期;Ⅲ期(52~73 d)平稳期。在95%的概率保证程度下,雌亲虾卵巢成熟率为9.73%,波动区间9.14%~11.53%;雄虾精英形成率6.63%,波动区间5.87%~7.38%;平均交配率为61.43%,波动区间58.85%~64.00%。在繁殖过程中,雌虾卵巢再成熟时间间隔9.68 d,可多次成熟的次数19.49次,雄虾精英再形成时间15.10 d,可多次形成的次数为12.50次。此外还就影响雌虾卵巢成熟和雄虾精英形成的因素以及如何提高交配率进行了详细的讨论。[中国水产科学,2006,13(4):579~584]

关键词:凡纳滨对虾;亲虾;性腺成熟;交配率

中图分类号:S961.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8737-(2006)04-0579-06

凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei* Boone 1931)主要分布在东太平洋沿岸的暖水海域,属于开放性纳精囊类型的种类,是当今世界养殖产量最高的三大对虾种类之一。目前,中国从沿海水域的海南至内陆湖泊的新疆均有养殖,其养殖发展速度、范围和面积均是空前的。有关凡纳滨对虾繁殖生物学的研究已有不少报道^[1-5],Leung Trujillo等^[6]对凡纳滨对虾、细角滨对虾(*L. stylirostris*)和白滨对虾(*L. setiferus*)3种滨对虾的精英再生时间进行了研究;王清印等^[7]报道了中国对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)雄虾交配能力和精英再生。迄今,尚未见有关大规模育苗生产中凡纳滨对虾亲虾性腺成熟节律和交配率的研究报道。2001年笔者在厦门进行大规模凡纳滨对虾无节幼体繁育时,对其亲虾的性腺成熟率、再成熟时间间隔、可多次成熟的次数和交配规律进行了研究,以期丰富甲壳动物繁殖生物学内容和完善亲虾驯养管理技术,并为生产实践提供指导。

1 材料与方法

1.1 材料

实验用的3批次凡纳滨对虾亲虾全部来自中国台湾省,体质量为35~45 g,采用低温(16℃左右),水包装法运输至厦门市五通村厦门大学海洋生物技术研发基地进行实验。第一批,2001年3月3日551对(1102尾);第二批,2001年3月10日270对(540尾);第三批,2001年4月19日479对(958尾),3批次合计共1300对(2600尾)。亲虾全部从饲养8个月以上的池养虾中选留。长途运输之前,经过一段时间适应性驯养。入池后,经过5~7 d逐渐适应新的驯养环境后进行眼柄切除术。

1.2 亲虾驯养

驯养亲虾水泥池水深60 cm左右,亲虾密度为8~10尾/m²。日常管理按商业性生产无节幼体的要求执行。亲虾驯养技术路线为雌雄亲虾同池催熟→同池交配→挑出卵巢成熟的雌虾→已交配的和未交配的雌虾分开处理。水质条件:水温 $(27 \pm 2)^\circ\text{C}$,盐度 29 ± 2 ,pH 7.8~8.5,全天不间断充气,日换水

收稿日期:2005-10-28;修订日期:2005-12-15.

基金项目:福建省自然科学基金项目(D9910003).

作者简介:林琼武(1957-),男,高级工程师,主要从事甲壳动物繁殖生物学和海水养殖的研究.

通讯作者:艾春香. chunxi@126.com

量为总水量的1/3~1/2,每日9:00之前吸污1次,同时回收残饵,饵料以活沙蚕(*Perinereis* sp.)为主,配投牡蛎(*Crassostrea* sp.)或乌贼(*Loligo* sp.),日投饵量为亲虾体质量的10%~20%或稍多,视摄食情况酌情增减,每日9:00、15:00、20:00各投饵1次。饵料大部分投于池子四周,光线控制在弱光,约1 000 lx,并配有日光灯,备阴雨天使用,以确保追尾活动正常进行。

1.3 实验方法

实验是在商业性大规模生产无节幼体的同时进行的。为降低实验的随机误差,准确地反映出亲虾

在繁殖驯养过程的有关生产性能,以亲虾的驯养天数为序。同时由于亲虾入池和手术时卵巢成熟率波动均较大,又分为2组,第1天至第9天为1组,之后以7d为单位时间进行分组,每日观测记录相关参数。据此制图分析相关规律。本实验以繁殖群体为研究对象,以亲虾群体中每天卵巢成熟的虾数和当天交配的雌虾数(即雄虾每天能够形成精英数)作为繁殖群体中雌虾卵巢成熟和雄虾精英形成的评判指标,推算出相应的雌虾卵巢成熟率,雄虾精英形成率和交配率。在此基础上,分析推论出亲虾个体在繁殖活动中的相关情况。各指标的推算公式如下:

$$\text{雌虾卵巢成熟率} = [\text{当天卵巢成熟的雌虾数(包括已交配的和未交配的)}] / [1/2 \text{ 当天存活虾总数(雌雄各半计)}] \times 100\%$$

$$\text{雌虾卵巢平均成熟率} = [(\text{逐日卵巢成熟虾的累计数}) / (1/2 \text{ 逐日存活虾的累计数})] \times 100\%$$

$$\text{雄虾精英形成率} = [(\text{当天已交配过的雌虾数}) / (1/2 \text{ 当天存活虾总数(雌雄各半计)})] \times 100\%$$

$$\text{雄虾精英平均形成率} = [(\text{逐日已交配过的雌虾的累计数}) / (1/2 \text{ 逐日存活虾累计数})] \times 100\%$$

$$\text{交配率} = [(\text{当天已交配过的雌亲虾数}) / (\text{当天卵巢成熟的亲虾数})] \times 100\%$$

$$\text{平均交配率} = (\text{已交配过雌虾逐日累计数} / \text{卵巢成熟亲虾逐日累计数}) \times 100\%$$

$$\text{雌虾卵巢再成熟时间间隔} = 100\% \text{ 卵巢成熟率} / \text{卵巢日均成熟率}$$

$$\text{雄虾卵巢精英再生时间间隔} = 100\% \text{ 精英形成率} / \text{精英日均成熟率}$$

$$\text{雌亲虾可利用强度} = \text{亲虾使用寿命} / \text{雌亲虾卵巢再成熟时间间隔}$$

$$\text{雄亲虾可利用强度} = \text{亲虾使用寿命} / \text{雄亲虾卵巢再成熟时间间隔}$$

$$\text{亲虾使用寿命} = [100\% \text{ 死亡率}(\text{MrR})] / [\text{日死亡率}(\text{DMrR})](\text{d}) \text{ 即 } 188.68(\text{d}) \text{ 波动区间为 } [153.96, 238.07] \text{ d}^{[7]}$$

1.4 数据处理

以数理统计方法^[8](区间预测法)处理实验数据,以亲虾实验有限总体为研究对象归纳,推导出内在的规律性,并由此推知自然群体。

设 x 、 P_1 、 P_2 分别表示卵巢成熟率,交配率和精英形成率。如果亲虾驯养天数为1~73 d的,可得雌虾卵巢成熟率,交配率和雄虾精英形成率的样本平均数分别为 $\bar{X}$ 、 $\bar{P}_1$ 、 $\bar{P}_2$,抽样平均误差分别为: $S_{\bar{X}}$ 、 $S_{\bar{P}_1}$ 、 $S_{\bar{P}_2}$ 。由抽样理论可知,样本平均数作为总体平均值的估计,因而总体雌虾卵巢成熟率的估计值为 $\hat{x} = \bar{x}$,总体交配率和雄虾精英形成率的预测值为 $\hat{P} = \bar{P}_1$, $\hat{P} = \bar{P}_2$ 。设显著性水平为 $\alpha\%$,那么雌虾卵巢成

熟率,交配率和雄虾精英形成率相应的预测区间分别为: $[\bar{x} - t_{\alpha/2}(n-1) \times S_{\bar{x}}, \bar{x} + t_{\alpha/2}(n-1) \times S_{\bar{x}}]$ 、 $[\bar{P}_1 - t_{\alpha/2}(n-1) \times S_{\bar{P}_1}, \bar{P}_1 + t_{\alpha/2}(n-1) \times S_{\bar{P}_1}]$ 、 $[\bar{P}_2 - t_{\alpha/2}(n-1) \times S_{\bar{P}_2}, \bar{P}_2 + t_{\alpha/2}(n-1) \times S_{\bar{P}_2}]$,取显著水平为5%,样本容量 n 。

2 结果

2.1 繁殖驯养过程亲虾卵巢成熟,精英形成和交配的规律

3批次亲虾繁殖驯养期间性腺成熟和交配的结果见表1。

表1 繁殖驯养过程中凡纳滨对虾亲虾卵巢成熟率、精巢形成率和交配率的逐日变化
Tab.1 Daily change of ovarian maturing rate, spermatophore generating rate and mating rate of *L. vannamei* broodstock during reproductive time

实验时间/d Time	存活数量 Survival no.	卵巢成熟 Ovarian maturation		雌虾日交配 Female daily mating		精巢日形成率/% Spermatophore generating rate	实验时间/d Time	存活数量 Survival no.	卵巢成熟 Ovarian maturation		雌虾日交配 Female daily mating		精巢日形成率/% Spermatophore generating rate
		数量/ind Number	比例/% Ratio	数量/ind Number	比例/% Ratio				数量/ind Number	比例/% Ratio	数量/ind Number	比例/% Ratio	
1	2 600	0	0.00	0	0	0	38	2 139	91	8.48	59	65	5.52
2	2 533	0	0.00	0	0	0	39	2 124	64	6.00	44	69	4.14
3	2 498	0	0.00	0	0	0	40	2 111	72	6.78	53	74	5.02
4	2 473	0	0.00	0	0	0	41	2 091	92	8.80	69	75	6.60
5	2 462	0	0.00	0	0	0	42	2 073	91	8.78	70	77	6.75
6	2 451	0	0.00	0	0	0	43	2 062	110	10.64	79	72	7.66
7	2 399	0	0.00	0	0	0	44	2 053	114	11.08	83	73	8.09
8	2 351	0	0.00	0	0	0	45	2 049	96	9.38	73	76	7.13
9	2 321	0	0.00	0	0	0	46	2 035	76	7.48	57	75	5.60
10	2 307	10	1.64	0	0	0	47	2 021	82	8.14	60	73	5.94
11	2 302	43	3.72	0	0	0	48	2 002	110	11.00	76	69	7.59
12	2 297	20	1.74	0	0	0	49	1 986	95	9.54	72	76	7.25
13	2 293	30	2.60	14	47	1.22	50	1 971	133	13.54	84	63	8.52
14	2 286	60	5.24	30	50	2.62	51	1 950	142	14.58	101	71	10.36
15	2 280	71	6.22	39	55	3.42	52	1 935	135	14.00	88	65	9.10
16	2 275	58	5.08	26	45	2.28	53	1 930	140	14.54	101	72	10.47
17	2 267	66	5.82	31	47	2.73	54	1 917	151	15.72	113	75	11.79
18	2 264	71	6.32	25	35	2.20	55	1 905	136	14.24	80	59	8.40
19	2 259	107	9.48	45	42	3.84	56	1 883	139	14.80	85	61	9.03
20	2 259	85	7.56	35	41	3.10	57	1 875	160	17.06	104	65	11.09
21	2 253	82	7.24	31	38	2.75	58	1 871	138	14.78	83	60	8.87
22	2 251	106	9.46	50	47	4.44	59	1 867	140	14.96	88	63	9.43
23	2 248	72	6.38	38	53	3.38	60	1 857	141	15.14	90	64	9.69
24	2 239	57	5.12	31	54	2.77	61	1 850	138	14.88	84	61	9.08
25	2 234	72	6.44	41	57	3.64	62	1 846	142	15.42	94	66	10.18
26	2 229	63	5.60	35	56	3.14	63	1 841	155	16.84	107	69	11.62
27	2 228	66	5.88	40	61	3.59	64	1 931	145	15.82	97	67	10.05
28	2 204	82	7.42	49	60	4.45	65	1 823	139	15.28	78	56	8.56
29	2 202	92	8.38	59	64	5.36	66	1 813	188	20.76	109	58	12.04
30	2 199	75	6.82	51	68	4.64	67	1 804	175	19.46	93	53	10.31
31	2 198	92	8.38	58	63	5.28	68	1 782	147	16.54	84	57	9.43
32	2 198	81	7.38	56	69	5.10	69	1 781	156	17.48	84	54	9.43
33	2 195	51	4.62	36	71	3.28	70	1 778	143	16.12	96	67	10.80
34	2 190	69	6.28	44	64	4.02	71	1 775	153	17.22	81	53	9.13
35	2 169	61	5.64	41	67	3.78	72	1 771	178	20.14	91	51	10.28
36	2 168	90	8.32	65	72	5.99	73	1 767	125	14.14	70	56	7.92
37	2 146	75	7.02	46	61	4.29							

从表1中可以看出,亲虾入池后的第1~9天是人池适应与手术后的效应期,没有生殖活动。雌虾卵巢初次发育比雄虾精荚快,第10天卵巢开始成熟,成熟率为3.74%,之后渐渐上升,于第17~23天时达一个小峰值,为7.18%,接着又缓缓下降,但跌幅不大,第24~30天为6.52%,此后卵巢成熟一直呈上升之势,至实验结束时仍处于最好的水平,为

17.73%。雌虾卵巢成熟率范围1.64%~20.76%,平均为10.33%;雄虾精荚形成时间稍滞后,第13天才开始形成,精荚形成率为2.89%,平缓上升,与雌虾卵巢成熟率的走势平衡,至实验结束时仍呈上升之势,雄虾精荚形成率的最高峰与雌虾卵巢日成熟的最高峰同步,雄虾精荚形成率范围为1.22%~12.04%,平均为6.63%。交配的情况与性腺发育

有密切的关系。第13天出现交配活动,交配率为50%,由于雌虾卵巢发育速度快于雄虾的精英,交配率于第17~23天降至43%,之后又渐渐回升,直至第45~51天,进入交配高峰期,亲虾交配率范围为35%~77%,平均为61.43%。

凡纳滨对虾繁殖驯养过程中,雌虾卵巢成熟率分4期:I期(1~9 d)雌亲虾入池适应期与术后效应期;II期(10~16 d)低成熟率期;III期(17~51 d)成熟率上升期;IV(52~73 d)平稳期。雄虾精英形成率分3期:I期(1~12 d),雌亲虾入池适应与术

后效应期;II期(13~51 d)上升期;III期(52~73 d)平稳期。雌雄亲虾交配率可划分3期:I期(1~12 d),无交配活动期;II期(13~51 d)平缓上升期;III期(52~73 d)稳定期。

2.2 雌虾卵巢成熟率,雄虾精英形成率、交配率的预测区间和若干生殖生物学参数的估算

2.2.1 雌虾卵巢成熟率,雄虾精英形成率和交配率的预测区间

凡纳滨对虾雌虾卵巢成熟率,雄虾精英形成率和交配率的预测区间见表2。

表2 凡纳滨对虾亲虾繁殖驯养过程雌虾卵巢成熟率、雄虾精英形成率和交配率的预测区间
Tab.2 Predicated area of ovarian maturing rate, spermatophore generating rate and mating rate of broodstock *L. vannamei* during reproductive time

	n	样本 标准差 SD	平均误差 SE	平均数 Average no	变异系数 Variance coefficient	区间预测 Predicated area	
						上限 Upper limit	下限 Lower limit
存活虾数 Survival no	73	215.33	25.20	2109.52	0.10	2158.92	2060.12
雌虾卵巢成熟率/% Daily ovarian maturing rate	64	48.9	0.61	10.33	0.47	11.53	9.14
雄虾精英形成率/% Daily spermatophore generating rate	61	3.00	0.38	6.63	0.45	7.38	5.87
交配率/% Mating rate	61	10.25	1.31	61.43	0.17	64.00	58.85

2.2.2 亲虾繁殖驯养过程若干生殖生物学参数的估算

凡纳滨对虾亲虾繁殖驯养过程中卵巢成熟率和精英形成率各自累计达100%时,理论上可以认为在这个实验的有限群体内各尾雌雄亲虾性腺均成熟1次,而这过程所经历的时间就是雌虾卵巢再成熟时间间隔和雄虾精英再生时间间隔,从实验过程还可得知卵巢日均成熟率和精英日均形成率,由此推出:

雌虾卵巢再成熟时间间隔 = $100\% / 10.33\% = 9.68(d)$;

雄虾精英再成熟时间间隔 = $100\% / 6.22\% = 15.1(d)$

同理,亲虾在繁殖驯养过程中,亲虾每天均有可能发生死亡,当死亡率累积达100%时^[7],即意味着亲虾的使用寿命已尽,而这过程的时间就是亲虾的有效使用寿命,即亲虾使用寿命(d) = $100\% \text{死亡率} / \text{日均死亡率} = 100\% / 0.53\% = 188.68(d)$,那么,在亲虾有效的使用寿命时间里,雌亲虾卵巢可多次成熟的次数,雄亲虾精英再生的次数就是雌雄亲虾的可利用强度,即:

雌亲虾可利用强度 = $188.68(d) / 9.68(d) = 19.49(\text{次})$;

雄亲虾可利用强度 = $188.68(d) / 15.1(d) = 12.50(\text{次})$ 。

3 讨论

有关生殖营养学的研究表明,凡纳滨对虾亲虾在繁殖期间,卵巢成熟系数和干物质在3 d内就迅速增加,甚至每天每个卵巢增加干重0.5 g,在卵巢成熟过程中成熟系数增加了8倍,干物质含量由19.4%增至31.0%^[9]。因此,必须给亲虾提供充足的饲料和适宜的营养以满足性腺发育,卵子和精子生成及卵巢积累的营养需求。目前,国内外饲养包括凡纳滨对虾在内的各种对虾亲虾常用沙蚕等活饵料,本实验以沙蚕为主,辅以少量乌贼肉糜作为亲虾的饲料,雌虾卵巢成熟率为1.64%~20.76%,平均10.33%;雌虾卵巢再成熟时间间隔为9.68 d,雄虾精英成熟率为1.22%~12.04%,平均6.63%,雄虾精英再次形成的时间间隔为15.1 d。由于本次实验以雌亲虾日交配数,即雄亲虾每天能形成的精英数作为精英成熟程度的指标,这部分的确有效地用于交配,还有部分雄虾精英虽已形成,但因没能有效地用于交配,无法统计在内,正如在本次实验中雌虾卵巢成熟虾中只有61.43%交配了,尚有38.57%未交

配。因此在繁殖群体中,精英形成率应该会更高一些。Leung 和 Lawrence^[6]应用手工或电刺激法对凡纳滨对虾、细角滨对虾和白滨对虾的精英再次形成时间间隔进行了研究,结果分别为 2~4 d、4~6 d 和 5~7 d。王清印等^[7]报道过中国对虾精英的再次形成时间为 3 d 左右。这些结果均比本实验中得出的凡纳滨对虾精英再生时间短,是否是由于种类不同造成的,有待于进一步研究。

亲虾交配率不仅是衡量亲虾驯养技术水平的指标之一,也是影响对虾繁育无节幼体的关键因素,科技工作者和生产者探讨了采用不同措施提高凡纳滨对虾亲虾交配率,并取得了可喜的进展。研究表明,影响亲虾交配活动的因素有亲虾性腺发育状况、水温、雌雄比例、饲养密度、换水、光照和亲虾饲养环境^[10]。于淋江等^[5]以雌雄同池和分池驯养的方法研究比较其交配率的差异,得出雌雄分池诱交的配合率 50.3%,明显高于同池诱交的 35.3%,并以此推论得出交配期内提高雄亲虾比例(1:5 以上)和延长交配时间可以提高交配率。刘文脚也发现提高雄亲虾比例可以提高交配成功率^[11]。刘永^[12]报道加大换水量是提高亲虾交配率的主要手段,日换水 1~2 次亲虾交配率只有 40%~52%,平均 46%;日换水 2 次亲虾交配率高达 76%~88%,平均 79%。同时认为海水相对密度 1.0135~1.0145 时,对凡纳滨对虾亲虾的成熟、交配和产卵影响不大,而对受精孵化率有很大的影响。Chen 等和 Luiz 等^[1,13]报道纳精囊开放式对虾种类在手术后第 45~90 天是交配盛期,在这前后交配率均很低。本次实验由于采用的是“经产”亲虾对新亲虾的交配行为进行诱导,使交配盛期提前,在术后第 18~20 天,交配率就接近本实验的平均水平(61.8%),第 38~44 天交配率达高峰期为 72.1%。本实验交配率波动范围为 35%~77%,平均 61.43%。

笔者认为提高亲虾交配率应注意以下 3 个方面。(1)关注亲虾性腺发育状况。亲虾性腺发育良好是促使交配行为发生和完成的生物学基础。性腺发育良好的亲虾才有求偶的生理要求和交配行为的发生,正如 Yano^[14]所指出的只有成熟雌虾才能接受交配行为,相对应的是,只有成熟的雄虾才有追尾行为和完成交配的能力。可见,雄虾性腺发育对提高交配率起着举足轻重的作用,而现行虾蟹类生殖营养学研究重雌轻雄,这对提高繁殖成功率不利,应加大雄亲虾相关的研究力度,以求提高雄亲虾的交

配能力。尽管以提高雄虾比例来提高交配率的方法能起一定的作用,但不是解决问题的根本办法。(2)雌雄亲虾交配行为的诱导是一条事半功倍的捷径。目前在繁育对虾无节幼体的生产活动中,通过光周期调控已经可以做到使亲虾每日交配和产卵的时间提前,并相对集中在较短时间内完成以满足生产上的需要。亲虾的交配效果也可以人为加予调控,即在初次参加繁殖活动亲虾群体中掺入大约 5%的“经产”亲虾,这些具有丰富生殖经历的“经产”亲虾不仅有利于促进新亲虾性腺成熟,更重要的是给新亲虾在交配行为过程的诱导作用,以此可提高交配效率,使交配率高峰期提前。(3)亲虾驯养环境的稳定是亲虾繁殖活动健康、安全进行的基本保障。亲虾驯养过程加大换水量能使驯养环境保持清新,这本无可非议,但是若换水量过大,并过分搅动水体,会造成池底和池壁的一些已经稳定生长的有益菌膜遭受破坏,反而会导致水质变化无常,使亲虾受胁迫,轻者生殖性能下降,常常导致无节幼体变态为第 I 期的溞状幼体不开口摄食,重者危及亲虾本身的存亡。

参考文献:

- [1] Chen F, Reid B, Arnold C R. Maturing spawning and egg collection of the white shrimp *Penaeus vannamei* Boone in a recirculating system [J]. J World Aqu. Soc, 1991, 22(3): 167~172.
- [2] Wyben J A. Selective breeding of specific pathogen-free (SPF) shrimp for high healthy and increased growth [A]. Falks, Main K L. Disease of cultures penaeid shrimp in Asia and the united states [M]. Honolulu. The Oceanic Institute, Hawaii, 1992. 257~268.
- [3] 张伟权. 南美白对虾全人工授精技术研究 [J]. 海洋与湖沼, 1993, 24(4): 428~431.
- [4] 林治术. 南美白对虾雌雄全人工繁殖技术研究 [J]. 海洋科学, 1997, 21(6): 143~144.
- [5] 于淋江, 于奎杰, 张乃禹. 南美白对虾人工繁殖技术的初步研究 [J]. 海洋与湖沼, 2001, 32(5): 575~578.
- [6] Leung Tszjillo J R, Lawrence A L. Spermatophore emission times in *Penaeus setiferus*, *P. vannamei* and *P. stylirostris* [J]. J World Aqu Soc, 1991, 22(4): 244~251.
- [7] 王清印, 李健, 孙修涛, 等. 中国对虾雌雄交配能力和精英再生的研究 [J]. 海洋与湖沼, 1998, 29(1): 22~28.
- [8] 王美今. 经济预测与决策 [M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1997. 10.
- [9] Wouters R, Molina D, Laverno P, et al. Lipid composition and Vitamin content of Wild female *Litopenaeus setiferus* in differ-

- ent stages of sexual maturation[J]. *Aquaculture*, 2001, 198: 307-323.
- [10] 王克行. 虾蟹类增养殖学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997. 10.
- [11] 刘文卿. 白虾专著[M]. 高雄: 行政院农业委员会水产实验所, 1999. 1-32.
- [12] 刘永. 凡纳对虾人工繁殖的初步研究[J]. 湛江海洋大学学报, 2002, 22(4): 19-23.
- [13] Luis S, Barrio S. Maturing and spawning of the white shrimp *Penaeus schmitti* Breckenridge, 1936, under large scale rearing conditions [J]. *J World Aqu Soc.* 1990, 21(3): 170-179.
- [14] Yano I. Final oocyte maturation, spawning and mating in penaeid shrimp[J]. *J Exp Mar Biol Ecol.* 1995, 193: 113-118.

Gonad maturing rhythm and mating rate in *Litopenaeus vannamei* broodstock

LIN Qiong-wu¹, AI Chun-xiang¹, LI Shao-jing¹, WANG Gui-zhong¹, CHEN Xue-lei¹, SHEN Lü-zhou²

(1. College of Oceanography & Environment Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China; 2. Department of Statistics, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: Beginning in 1988, *Litopenaeus vannamei* was introduced into China, and 1998 on a commercial scale. China now has a large and flourishing industry for *Litopenaeus vannamei*, with Mainland China producing more than 270 000 metric tonnes in 2002, 300 000 metric tonnes (71 percent of the country's total shrimp production) in 2003, and 367 500 metric tonnes (78.5 percent of the country's total shrimp production) in 2004, which is higher than the current production of the whole of the Americas. The intensive culture of *Litopenaeus vannamei* continues to expand, which need more seed to meet it's farming, seed production from the white shrimp matured in captivity is increasing continuously and is one of the most important strategies in its farming activity. The aims of the present study were to probe into gonad maturing rhythm and mating rate in *L. vannamei* broodstock.

This experiment was conducted to study the gonad maturing rhythm and mating rate of 1 300 pairs of pond-reared *Litopenaeus vannamei* broodstock from Taiwan with body weight of 35-45 g. The experiment period was 73 d, water temperature (27 ± 2) °C, salinity 29 ± 2 , pH 7.8-8.5, and light intensity 1 000 lx. The results showed that during the reproductive time, the daily ovarian maturing rate of the broodstock was divided into four stages: surgical stimulative maturing stage (1-9 d), low maturing rate stage (10-16 d), stage (17-51 d) and smooth maturing rate stage (17-51 d) and smooth maturing rate stage (52-73 d). And daily spermatophore generating rate was divided into three stages: surgical generating stage (1-12 d), increasing generating stage (13-51 d) and smooth generating stage (52-73 d) and their daily mating rate is divided into three stages: no mating rate stage (1-12 d), increasing mating rate stage (13-51 d) and smooth mating rate stage (52-73 d). Under the guarantee probability of 95%, the average daily ovarian maturing rate of female was 10.33%, fluctuation interval was [9.14%-11.53%], and the average daily spermatophore generating rate of male was 6.63%, fluctuation interval was [5.87%-7.38%]. And their average mating rate was 61.43%, fluctuation interval was [58.85%-64.00%]. During the reproductive time culture, the interperiod and times of the ovarian maturation of female were 9.68 and 19.49 times respectively. And the interperiod and times of the spermatophore generation of male were in 15.10 d and 12.50 times respectively. This paper discussed not only the factors affecting on the ovarian maturation of female and the spermatophore generation male, but also how to increase their mating rate in detail. [*Journal of Fishery Sciences of China*, 2006, 13(4): 579-584]

Key words: *Litopenaeus vannamei*; broodstock; gonad mature; mate

Corresponding author: AI Chun-xiang. E-mail: chunxai@126.com