

饵料对河蟹溞状幼体变态发育的影响

尹绍武, 王德安

(湖南师范大学生命科学学院, 长沙 410081)

摘要:报道饵料对河蟹 状幼体($Z_1 \sim Z_3$)变态的影响。结果表明:梅尼小环藻是 Z_1 的适口饵料, 适量投喂浓度为 80 万个/ml 至 100 万个/ml; 投喂衣藻或小环藻与衣藻的等浓度混合饵料都不能使 Z_1 顺利变态为 Z_2 。20 个/ml 褶皱臂尾轮虫密度是适于 Z_2 的饵料密度, 轮虫密度低于 5 个/ml 或高于 40 个/ml 都对 Z_2 的变态有不良影响。另外, 投喂 60 万个/ml 小环藻加 20 个/ml 轮虫混合饵料对 Z_2 变态发育更为有利; 而用 20 万个/ml 衣藻加 20 个/ml 轮虫投喂 Z_2 , 却使 Z_2 的变态率明显降低。30 个/ml 轮虫密度是适于 Z_3 的饵料密度, 轮虫密度低于 20 个/ml 或高于 40 个/ml 都会对 Z_3 变态产生不良影响。

关键词: 饵料; 状幼体; 变态率

The effects of different diet on metamorphosis and development of *Eriocheir sinensis* zoeae larvae

YIN Shao-Wu, WANG De-An (College of Life Science, Hu'nan Normal University, Changsha 410081, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(4): 725~730.

Abstract: This paper was reported that effects of different diet on the metamorphosis of *Eriocheir sinensis* zoeae larvae. The results showed that *Cyclotella meneghiniana* was suitable diet for the Z_1 larvae, Suited feeding density of diet was form 800 000 ind/ml to 1 000 000 ind/ml. *Chlamydomonas* sp. wasn't suitable diet for the Z_1 larvae, It didn't successfully make the Z_1 larvae metamorphose that fed mixture with *C. sp.* and *C. meneghiniana* to the Z_1 larvae. That fed the *Brachinous plicatilis* density which was less than 5 ind/ml or more than 40 ind/ml to the Z_2 larvae could badly affect the metamorphosis of the Z_2 larvae. The feeding suitable density for the Z_2 larvae was 20 ind/ml of *B. plicatilis*. Feeding both 600,000 ind/ml *C. meneghiniana* and 20 ind/ml *B. plicatilis* was more available to the metamorphosis for the Z_2 larvae, but feeding both 200,000 ind/ml *C. sp.* and 20 ind/ml *B. plicatilis* could obviously make the metamorphosis of the Z_2 larvae decrease. That fed the *B. plicatilis* density which was less than 20 ind/ml or more than 40 ind/ml could badly affect the metamorphosis of the Z_3 larvae, the feeding suitable density for the Z_3 larvae was 30 ind/ml of *B. plicatilis*.

Key words: diet; zoeae larvae; the rate of metamorphosis

文章编号: 1000-0933(2003)04-0730-06 中图分类号: S968.25 文献标识码: A

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)俗称河蟹,是我国传统的名优特水产,国内有关它的人工繁殖的报道较多^[1~7],但对幼体期适宜的饵料报道甚少,梁象秋等对河蟹幼体发育过程做了详尽描述^[2],以及何林岗等对其幼体的摄食量的报道^[3],见国外学者对河蟹的幼体变态发育的报道。幼体饵料是否适口适量,直接关系到幼体的存活率高低和发育进度,是幼体正常生长变态的一个限制性因子。生产上盲目地采用不知适口与否的人工饵料,常不能保证幼体发育应有的营养需要,同时余饵易污染育苗池水质,导致蟹苗成活率降低。

收稿日期: 2001-02-16; 修订日期: 2002-05-22

作者简介: 尹绍武(1969~),男,土家族,湖南石门人,博士生,主要从事水生经济动物发育生物学研究。E-mail: Yinshaowu@163.com

Received date: 2001-02-16; Accepted date: 2002-05-22

Biography: 尹绍武,男,土家族,湖南石门人,博士生,主要从事水生经济动物发育生物学研究。E-mail: Yinshaowu@163.com

为此,作者选择了幼体饵料作为重点研究对象,通过对河蟹 状幼体 Z_1 、 Z_2 和 Z_3 (Z_1 、 Z_2 、 Z_3 分别为河蟹第 1 期,第 2 期,第 3 期 状幼体,下同)的培育,观察饵料对幼体变态发育的影响,并探讨其适口适量的饵料生物。以求从理论上丰富河蟹繁殖生态学及营养生理学的内容,并可用于河蟹的工厂化人工育苗。

1 材料与方法

1.1 不同浓度的小环藻对 Z_1 变态发育的影响

实验设 6 组,每组设 1 个重复,共 12 个处理,每个处理放 Z_1 幼体 200 尾,各组小环藻浓度依次为 20 万个/ml、40 万个/ml、60 万个/ml、80 万个/ml、100 万个/ml、120 万个/ml,每个处理都用 8L 小水族箱,装半咸水 4L,每两天换含相同的小环藻浓度的半咸水一次,水温 20℃,不间断冲气,到第 4 天时检查每个水族箱里存活的幼体数及已变态的幼体数。

1.2 不同浓度的衣藻对 Z_1 变态发育的影响

实验设 5 组,每组设 1 个重复,共 10 个处理,每个处理放 Z_1 幼体 200 尾,各组衣藻浓度依次为 10 万个/ml、20 万个/ml、30 万个/ml、40 万个/ml、50 万个/ml。另外把衣藻和小环藻按 1:1 比例混合成(10+10)万个/ml 的饵料浓度,设 1 个重复,各放 Z_1 幼体 200 尾,培育、检查同上。

1.3 轮虫密度对 Z_2 变态发育的影响

实验设 7 组,每组设 1 个重复,共 14 个处理。各组轮虫密度依次为 5 个/ml、10 个/ml、20 个/ml、30 个/ml、40 个/ml、50 个/ml、60 个/ml。每个处理都用 8L 小水族箱装 4L 半咸水,放 Z_2 幼体 100 尾,每两天换相同轮虫密度的半咸水 1 次。水温 20℃,不间断冲气,到第 4 天时检查记录每个处理里存活的幼体数和已变态的幼体数。

1.4 不同饵料组合对 Z_2 变态发育的影响

实验设 3 组,每组设 2 个重复,共 9 个处理,每个处理都用 1000ml 烧杯装半咸水 800ml,各放 Z_2 幼体 50 尾。第 1 组保持轮虫 20 个/ml,小环藻浓度 60 万个/ml;第 2 组仅有轮虫 20 个/ml。第 3 组保持轮虫 20 个/ml,衣藻 20 万个/ml。对第 1、3 组,每天检查小环藻、衣藻浓度 2 次(上午、下午各 1 次),保证小环藻、衣藻浓度不变。每两天按实验设计要求的饵料浓度换半咸水 1 次,检查同上。

1.5 轮虫密度对 Z_3 变态发育的影响

实验设 6 组,每组 1 个重复,共 12 个处理,各组轮虫密度依次为 10 个/ml、20 个/ml、30 个/ml、40 个/ml、50 个/ml、60 个/ml。均用 8L 小水族箱装半咸水 4L,放 Z_3 幼体 50 尾。每两天换相同轮虫密度的半咸水 1 次,检查同上。

1.6 数据计算

1.6.1 小环藻、衣藻数量测定 将培养出来的小环藻、衣藻,在显微镜下用血球计数板计数,然后相应地稀释,得到实验需要的各种浓度的小环藻、衣藻。

1.6.2 轮虫数量测定 用浮游生物网在轮虫培养池里轻捞,获取浓度较高的轮虫,再用 1ml 移液管,在亮光处计数 1ml 水里的轮虫数,然后按实验设计的轮虫密度梯度,相应稀释,得到实验需要的轮虫密度。

1.6.3 变态率、存活率的计算

变态率 = 检查时已经脱皮变态了的存活幼体数 / 实验开始时放入的幼体数 × 100%

存活率 = 检查时的全部存活幼体数 / 实验开始时放入的幼体数 × 100%

2 结果与分析

2.1 不同浓度的小环藻对河蟹 Z_1 变态的影响

把 Z_1 分别放入小环藻浓度为每毫升 20 万个、40 万个、60 万个、80 万个、100 万个、120 万个的半咸水中培育,结果发现小环藻浓度明显影响 Z_1 的变态(见表 1)。当小环藻浓度从 20 万个/ml 增加到 60 万个/ml 时, Z_1 变态率从 31.5%上升到 60.5%,上升速率较快;当小环藻浓度从 80 万个/ml 增加到 100 万个/ml,再到 120 万个/ml 时, Z_1 变态率从 70.5%上升到 74%,再到 72%,基本趋于稳定。由此可见当小环藻浓度较低时, Z_1 的变态率随小环藻浓度的升高而升高,当小环藻浓度达到一定水平以后, Z_1 的变态率趋于稳定。

另附数据

将表 1 中的数据作各处理组间变态率的差异性多重比较,可以看出(表 2),小环藻浓度较高的 3 个组

(浓度分别是 80 万个/ml、100 万个/ml、120 万个/ml)与小环藻浓度较低的两个组(浓度分别是 20 万个/ml、40 万个/ml), Z_1 的变态率相互差异高度显著($P<0.01$);小环藻浓度 60 万个/ml 的处理组与小环藻浓度更低的两个处理组, Z_1 的变态率相互差异也显著($P<0.05$)。

从统计分析角度看,小环藻浓度低于 60 万个/ml,使 Z_1 变态率明显降低;高于 80 万个/ml,使 Z_1 变态率升高。因此,80 万个/ml 到 100 万个/ml 的小环藻浓度为培育河蟹第一期 状幼体的适宜饵料浓度。

2.2 不同浓度的衣藻对河蟹 Z_1 变态的影响

把 Z_1 分别放在含衣藻浓度为每毫升 10 万个、20 万个、30 万个、40 万个、50 万个的半咸水中培育,发现不论用何种浓度的衣藻饵料投喂 Z_1 ,都不能使 Z_1 成功地变态到 Z_2 。

表 3 表明, Z_1 死亡率高低与饵料衣藻浓度关系很大,衣藻浓度过低,可能使 Z_1 摄食量减少,死亡率升高。如衣藻浓度为 10 万个/ml,死亡率达 12.5%。但衣藻浓度高到 40 万个/ml、50 万个/ml, Z_1 的死亡率同样较高,分别达 17%、20%,而当衣藻浓度为 20~30 万个/ml 时,幼体的死亡率只有 6~7%。因此,适宜的衣藻浓度为 20~30 万个/ml。另外,把衣藻和小环藻按 1:1 比例混合成浓度(10+10)万个/ml 的饵料,培育 Z_1 ,结果发现:同样没有一尾 Z_1 变态到 Z_2 ,但存活情况比单喂衣藻更好,存活时间更长。

从以上实验可知小环藻是 Z_1 的适口饵料,适宜浓度为 80 万个/ml 到 100 万个/ml,小环藻浓度低于 60 万个/ml 时,明显影响 Z_1 的变态;衣藻不能作为 Z_1 的饵料,不论衣藻浓度为多少,都不能使 Z_1 成功变态,但 20 万个/ml~30 万个/ml 衣藻浓度,能使 Z_1 的死亡率明显减少;小环藻和衣藻等量混合同样不能使 Z_1 成功变态到 Z_2 ,这两种饵料均可被 Z_1 摄取,显微镜检查 Z_1 胃内食物,发现用不同种饵料投喂的幼体都呈饱胃状态,用衣藻投喂的 Z_1 死亡后,胃内仍有不少完整的衣藻细胞,说明 Z_1 不能很好地消化衣藻。

2.3 轮虫密度对河蟹 Z_2 变态的影响

将 Z_2 放入 7 个不同的轮虫密度处理组中,实验结果表明不同的轮虫密度,对 Z_2 变态和存活影响十分明显(见表 4),当轮虫密度较低时(低于 20 个/ml), Z_2 的变态率和存活率随着轮虫密度的升高而迅速提高,但当轮虫密度高于 20 个/ml 时, Z_2 的变态率和存活率随着轮虫密度的升高反而下降。因此可以认为,20 个/ml 的轮虫密度对 Z_2 的变态比较适宜。

将表 4 的数据作各处理组间变态率的差异性多重比较(见表 5),轮虫密度 20 个/ml 与 5 个/ml、40 个/ml、50 个/ml、和 60 个/ml 4 个处理组,变态率差异显著($P<0.05$)。轮虫密度 30 个/ml 与 5 个/ml 处理组,变态率差异也显著($P<0.05$),但轮虫密度 30 个/ml 与 40 个/ml、50 个/ml、60 个/ml 处理组,变态率差异不显著。因此,从统计分析角度也可以看出,轮虫密度 20 个/ml 是 Z_2 适宜的饵料密度,低于 5 个/ml 或高于 40 个/ml 都使 Z_2 变态率明显降低。

表 1 不同小环藻浓度下 Z_1 的变态率

Table 1 The metamorphosis rate of Z_1 fed different densities of *C. meneghiniana*

变 态 率 The metamor- phosis rate	小 环 藻 浓 度 (万个/ml) Different densities of <i>C. meneghiniana</i> (ten thousand ind /ml)					
	20	40	60	80	100	120
1	34	31	62	77	71	76
2	29	35	59	64	77	68
平均 Average	31.5	33	60.5	70.5	74	72

表 2 小环藻浓度对 Z_1 变态率的差异性多重比较

Table 2 Polyduplicate comparision of the relationship between different densities of *C. meneghiniana* and the metamorphosis rate of Z_1

$\bar{x}_i$	$ \bar{x}_i-\bar{x}_6 $	$ \bar{x}_i-\bar{x}_5 $	$ \bar{x}_i-\bar{x}_4 $	$ \bar{x}_i-\bar{x}_3 $	$ \bar{x}_i-\bar{x}_2 $
$\bar{x}_1=31.5$	40.5**	42.5**	39.0*	29.0*	1.5
$\bar{x}_2=33$	39**	41**	37.5**	27.5*	
$\bar{x}_3=60.5$	11.5	13.5	10		
$\bar{x}_4=70.5$	1.5	3.5			
$\bar{x}_5=74$	2				
$\bar{x}_6=72$					

表 3 不同衣藻浓度下的 Z_1 死亡率(%)

Table 3 The death rate of Z_1 at different densities of *Chlamydomonas* sp.

死 亡 率 The death rate (%)	衣 藻 浓 度 (万个/ml) Different densities of <i>C. sp.</i> (ten thousand ind/ml)				
	10	20	30	40	50
1	13	9	7	19	18
2	12	5	6	15	22
平均 Average	12.5	7	6.5	17	20

表 4 不同轮虫密度下 Z₂ 的变态率、存活率

Table 4 The metamorphosis and survival rate of Z ₂ fed different densities of <i>B. plicatili</i>						
轮虫密度 Densities of <i>B. plicatili</i> (ind/ml)	变态率 The metamorphosis rate			存活率 The survival rate		
	1	2	平均 Average	1	2	平均 Average
5	4	10	7	4	10	7
10	18	31	24.5	18	31	24.5
20	53	64	58.5	55	65	60
30	32	59	45.5	33	64	48.5
40	12	22	17	14	24	19
50	11	17	14	12	19	15.5
60	15	6	10.5	21	8	14.5

表 5 轮虫密度对 Z₂ 变态率的差异性多重比较

Table 5 Polyduplicate comparision of the relationship between different densities of *B. plicatili* and metamorphosis rate of Z₂

$\bar{x}_i$	$ \bar{x}_i - \bar{x}_7 $	$ \bar{x}_i - \bar{x}_6 $	$ \bar{x}_i - \bar{x}_5 $	$ \bar{x}_i - \bar{x}_4 $	$ \bar{x}_i - \bar{x}_3 $	$ \bar{x}_i - \bar{x}_2 $
$\bar{x}_1=7$	3.5	7	10	38.5*	51.5*	17.5
$\bar{x}_2=24.5$	14.0	10.5	7.5	21	34	
$\bar{x}_3=58.5$	48*	44*	41.5*	13		
$\bar{x}_4=45.5$	35	31.5	28.5			
$\bar{x}_5=17$	6.5	3				
$\bar{x}_6=14$	3.5					
$\bar{x}_7=10.5$						

图 1 很直观地表明了 Z₂ 的变态率和存活率随轮虫密度变化的情况。轮虫密度较低时,幼体的变态率和存活率随轮虫密度升高而提高,但当轮虫密度超过一定值(20 个/ml)时,幼体的变态率和存活率反而随轮虫密度升高而迅速下降。由此可见,轮虫密度对河蟹 Z₂ 幼体的变态发育影响很大,轮虫密度 20 个/ml 是培育 Z₂ 最适的饵料浓度。两条曲线的差距,是尚未变态的 Z₂ 存活百分数,差距越大,尚未变态的 Z₂ 数量越多,表明轮虫密度对幼体变态率影响越大,从图中可看出,过高的轮虫密度对幼体变态的影响比过低的大。

2.4 不同饵料组合对河蟹 Z₂ 变态的影响

用 3 种不同组合的饵料投喂 Z₂,结果发现幼体变态率高低顺序为:小环藻+轮虫组(60%)>轮虫组(52%)>衣藻+轮虫组(14%),相互之间的差异很明显(表 6)。因此可以认为,小环藻(60 万个/ml)+轮虫(20 个/ml)的搭配方式最有利于 Z₂ 的变态发育。从本文结果也再次证明,衣藻不适宜作 Z₂ 的搭配饵料。

表 6 不同饵料组合下 Z₂ 变态率、存活率

饵料种类 Different diet	变态率 The metamorphosis rate				存活率 The survival rate			
	1	2	3	平均 Average	1	2	3	平均 Average
小环藻(60 万个/ml)+轮虫(20 个/ml) ^①	46	60	74	60	50	66	76	64
衣藻(20 万个/ml)+轮虫(20 个/ml) ^②	16	22	4	14	48	52	44	48
轮虫(20 个/ml) ^③	72	26	58	52	78	32	64	58

① *C. menziesii*(600 000 ind/ml) and *B. plicatilis*(20 ind/ml); ② *Chlamydomonas* sp. (200 000 ind/ml) and *B. plicatilis*(20 ind/ml); ③ *B. plicatilis* (20 ind/ml)

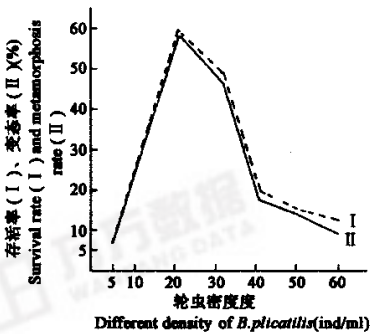


图 1 轮虫密度与河蟹 Z₂ 存活率(I)、变态率(II)的关系
Fig. 1 The relationship between different densities of *B. plicatilis* and survival rate (I) and metamorphosis rate (II) of Z₂

从表 6 可以看出,3 组不同饵料对 Z_2 存活率影响不明显,平均存活率都在 40%~60% 范围内,相差不多。

2.5 轮虫密度对河蟹 Z_3 变态的影响

把 Z_3 放入到轮虫密度 10 个/ml 到 60 个/ml 6 个处理组培育,结果发现:不同密度对 Z_3 变态率影响明显(表 7)。当轮虫密度为 10 个/ml 时, Z_3 变态率为 10%,存活率为 15%;当轮虫密度提高到 30 个/ml 时, Z_3 变态率达到 49.5%,相差近 5 倍,存活率为 63%。但随着轮虫密度再升高, Z_3 的变态率存活率反而下降,当轮虫密度 60 个/ml 时, Z_3 的变态率只有 1%,相差近 50 倍,存活率为 8%。轮虫密度过高比过低对 Z_3 变态率影响更大。从本实验得出,对 Z_3 最适宜的轮虫密度为 30 个/ml,轮虫密度高于 40 个/ml 或低于 20 个/ml,都会对 Z_3 的变态和存活产生明显不利影响。方差分析的结果也证实:不同的轮虫密度对 Z_3 变态率影响差异高度显著(表 8, $P<0.01$)。

表 7 不同轮虫密度下 Z_3 的变态率、存活率

轮虫密度 Densities of <i>B. plicatili</i> (ind/ml)	变态率 The metamorphosis rate			存活率 The survival rate		
			平均 Average			平均 Average
	1	2		1	2	
10	8	12	10	12	18	15
20	28	18	23	36	28	32
30	43	56	49.5	58	68	63
40	21	14	18	28	24	26
50	9	14	11	18	22	20
60	0	2	1	6	10	8

表 8 轮虫密度对 Z_3 变态率影响的方差分析

Table 8 Variance analysis of effects in different densities of <i>B. plicatili</i> on the metamorphosis rate of Z_3					
变差来源 Source of variance	平方和 SS	自由度 d. f.	均方 MS	F 值 F	显著性 Significance
组间 Inter groups	2928.75	5	585.75	15.72	* *
组内 Inside groups	223.5	6	37.25	8.70	
总变异 Total variance	3152.25	11			

3 讨论

3.1 饵料与 Z_1 变态发育的关系

饵料密度与河蟹 Z_1 变态发育的关系十分密切,小环藻浓度在 80~100 万个/ml 之间,能使 Z_1 变态率达 70% 以上,死亡率仅 10% 左右。饵料密度过高或过低对 Z_1 变态发育都不利。

不同种类饵料对 Z_1 变态发育影响十分明显。以梅尼小环藻为饵料, Z_1 能成功变态到 Z_2 ,最高变态率达 74%,且死亡率很低,最低的仅 2%;以衣藻为饵料, Z_1 不能变态到 Z_2 ,但衣藻浓度在 20~30 万个/ml 时,能略降低 Z_1 的死亡率;以衣藻加小环藻为饵料, Z_1 也不能变态到 Z_2 ,但 Z_1 存活时间延长。

选择适宜饵料应考虑饵料大小、形态、营养、可捕性和培养性等特性。小环藻体积小,细胞基本不游动,易被河蟹早期幼体捕获及消化;衣藻体积较大,细胞能较迅速游动,不易被 Z_1 捕获及消化,影响 Z_1 变态。

从梁象秋^[2]对 Z_1 口器解剖看, Z_1 的大颚特化为咀嚼器官,呈臼齿状,上有小齿,密生刚毛,形成过滤性口器,与这期幼体滤食单细胞藻类更适应。赵乃刚等^[1]用盐水丰年虫的无节幼体做河蟹 状幼体饵料,实验较成功。何林岗等^[3]认为河蟹 Z_1 从卵孵化出膜,就具有捕食其它小型浮游动物的能力,整个幼体期不出现食性转换现象。他只用一个幼体连续培养,实验样本太小,不能反映河蟹 状幼体饵料适口性。刘修业等^[7]用河蟹苗期微粒饵料投喂幼体,成活率达 72.79%,但水质很易被污染。至于应对河蟹 Z_1 投喂冷冻藻还是鲜活藻,颇有争议。于觉先等^[8]认为冷冻藻不含原藻液,更易被幼体摄取,不影响饵料供应,用冷冻藻更好,用新月菱形藻投喂河蟹 Z_1 ,结果冷冻藻组 Z_1 的存活率比鲜活藻组高 5% 左右。鲜活藻能悬浮于水中,易被幼体摄食,同时经光合作用吸收水中 CO_2 及 H_2S ,可稳定水质,增加溶氧,利于幼体生长发育。

3.2 轮虫密度与 Z_2 、 Z_3 变态发育的关系

轮虫是 Z_2 、 Z_3 的适口饵料,但投喂效果与其密度密切相关。轮虫密度 20 个/ml 是 Z_2 适宜的饵料密度,其成功变态率达 60%;对 Z_3 而言,30 个/ml 的轮虫密度能使其成功变态率达 50%;轮虫密度过低,幼体不能获得足够的食物,变态率降低,反映出河蟹 状幼体的摄食是一种相对被动的行为。Heasman^[12] 推测蟹类早期 状幼体捕获食物是由于碰撞,或当其腹部随意弯曲过程中机遇地获取的。可以认为,提高轮虫密度可提高幼体获食机率,从而提高其存活率和变态率。但轮虫密度过高,反而使 状幼体存活率和变态率迅速下降,原因可能是轮虫同样进行新陈代谢,产生代谢废物,过高的轮虫密度使水质极易被污染,从而影响 状幼体的变态和存活。据资料表明^[11],当轮虫密度为 60 个/ml 时,锯缘青蟹 Z_2 进入 Z_3 的幼体最高达 94.7%, Z_2 的死亡率仅 4%,但若轮虫密度再上升, Z_2 死亡率也升高。由于锯缘青蟹的同一期 状幼体比河蟹的个体要大,因此幼体所需的适量饵料密度也不一样。本实验用小环藻(60 万个/ml)加轮虫(20 个/ml)投喂 Z_2 的效果,比单独用轮虫(20 个/ml)投喂更好,变态率平均高出 8%,这说明 Z_2 对动物性饵料和植物性饵料都能摄食吸收,且混合饵料投喂效果此单一饵料好。

References:

- [1] Zhao L G. The experiment on artificial breeding *Eriocheir sinensis* in artificial half seawater. *Journal of Fisheries of China*, 1980, **4**(1):96~104.
- [2] Liang X Q, Yan S L, Zheng D C. Study on development of larvae of *Eriocheir sinensis*. *Acta Zoologica Sinica*, 1974, **20**(1):61~75.
- [3] He L G, Gu Z M. Study on feeding of larvae of *Eriocheir sinensis*. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1988, **19**(4):391~395.
- [4] Zhang S L, Xu D K, Wang R X. Study on food of larvae of *Eriocheir sinensis* in artificial breeding. *Journal of Aquaculture*, 1994, **1**:24~27.
- [5] Du N S, Xue L Z, Lai W. A study of the development of the digestive system of larvae of *Eriocheir sinensis*. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1992, **23**(1):79~82.
- [6] Liu X J, Zhang B Q, Zhang Y L. Study on feeding *Eriocheir sinensis* in artificial mixture food. *Freshwater Fisheries*, 1990, **5**:21~23.
- [7] Liu X Y, Wang L C, Yan J B. Applied on particle food of larvae of *Eriocheir sinensis* in practice. *Freshwater Fisheries*, 1990, **5**:6~8.
- [8] Yu J X. The experiment report that food production of sediment and frozen *Nitzschia closterium* and breeding zoeae larvae of *Eriocheir sinensis*. The Anniversary Reports of Crustacean Institute in China(No. 1), 1987, 278~280.
- [9] Yang H M, Yin S W, Wu Z H. On artificial cultivation and utilization of *Cyclotella meneghiniana*. *Acta Sci. Nat. Univ. Norm. Hu'nan*, 1997, **20**(3):56~61.
- [10] Yang H M, Lu Y Q, Tang J Y. The cultivation and utilization of *Brachionus plicatilis* in artificial half seawater. *Acta Sci. Nat. Univ. Norm. Hunan*, 1995, **18**(1):64~68.
- [11] Zeng Z S. Study on the experiment ecology of larval *Scylla serrata*. *Journal of Xiamen University Natural Science*, 1990, **22**(4):76~81.
- [12] Heasman. Predation and energetics of *Penaeus indicus* larvae feeding *Brachionous plicatilis* and *Artemia nauplii*. *Aquaculture*, 1984, **38**:201~209.
- [13] Yufera M, et al. Zooplankton ingestion and feeding behavior of *Penaeus kerathurus* larvae reared in the laboratory. *Aquaculture*, 1984, **12**:217~224.
- [14] Tobias Q E, et al. Growth survival and micronutrient composition of penaeus monodon *Fabricus* larvae fed with *Cheatoceros calcitrans* and *Tetraselmis chuii*. *Aquaculture*, 1982, **9**:253~260.

参考文献:

- [1] 赵乃刚. 用配制海水进行中华绒螯蟹人工繁殖的实验. 水产学报, 1980, **4**(1):96~104.
- [2] 梁象秋, 严生良, 郑德崇, 等. 中华绒螯蟹的幼体发育. 动物学报, 1974, **20**(1):61~75.
- [3] 何林岗, 顾志敏. 中华绒螯蟹幼体摄饵量的研究. 海洋与湖沼, 1988, **19**(4):391~395.
- [4] 张三龙, 徐德昆, 王让绪, 等. 河蟹人工育苗幼体饵料的研究. 水产养殖, 1994, **1**:24~27.
- [5] 堵南山, 薛鲁征, 赖伟. 中华绒螯蟹幼体消化系统发育的研究. 海洋与湖沼, 1992, **23**(1):79~82.
- [6] 刘学军, 张丙群, 张玉兰. 人工配合饲料养殖河蟹方面技术实验. 淡水渔业, 1990, **5**:21~23.
- [7] 刘修业, 王良臣, 阎家本. 河蟹苗期微粒饵料在生产上的应用. 淡水渔业, 1990, **5**:6~8.
- [8] 于觉先. 沉淀冷冻新月菱形藻(*Nitzschia closterium*)饵料制作及喂养河蟹 状幼体的实验报告. 中国甲壳动物学会年会报告(第一期), 1987. 278~280.
- [9] 杨海明, 尹绍武, 吴朝晖, 等. 梅尼小环藻(*Cyclotella meneghiniana*) 培养与利用. 湖南师范大学自然科学学报, 1997, **20**(3):56~61.
- [10] 杨海明, 卢以群, 唐吉余. 褶皱臂尾轮虫(*Brachionus plicatilis*)人工半海水的培养与利用. 湖南师范大学自然科学学报, 1995, **18**(1):64~68.
- [11] 曾祖曙. 锯缘青蟹幼体实验生态研究. 厦门大学自然科学学报, 1990, **22**(4):76~81.