

人工饲料和活饵喂养的印度对虾 (*Penaeus indicus*) 幼体的存活与生长

周浩郎

摘要 用人工饲料: CAR、ARA、ARA2、DHA、CD和活饵: 蓝藻粉(*Spirulina*)、中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)、扁藻(*Tetraselmis chuii*)和卤虫(*Artemia*)分别在取自实验室供水系统和自然海区的海水中喂养印度对虾(*Penaeus indicus*)幼体。结果表明,投喂鲜活饵的印度对虾幼体,在取自实验室供水系统的海水中,平均成活率是55%,在取自自然海区的海水中,平均成活率是71.67%,从PZ1期变态到PL1期所需的时间都是9 d;投喂人工饲料的印度对虾幼体,在取自实验室供水系统的海水中,实验至第2天后全部死亡,在取自自然海区的海水中,能够从PZ1期变态到PL1期,所需的时间是13 d,平均成活率5.67%~39.00%,说明海水影响投喂人工饲料的印度对虾幼体的存活,藻类活饵有助于对虾幼体在不同类型海水中存活和生长。

关键词 印度对虾 幼体 人工饲料 活饵 存活 生长

中图法分类号 S 966

The Survival and Growth of *Penaeus indicus* Larvae Fed on Artificial and Live Foods

D. A. Jones

Zhou Haolang

(Guangxi Institute of Oceanography, Beihai, 536000) (School of Ocean Sciences, Univ. of North Wales (Bangor), U.K.)

Abstract *P. indicus* larvae rearing trial was conducted by using artificial foods: CAR, ARA, ARA2, DHA, CD and live foods: *Spirulina* powder, *Skeletonema costatum*, *Tetraselmis chuii* in the seawater from lab water supply system and the sea. The larvae on live foods could acquire a survival of 55% in seawater from lab water supply system and a survival of 71.67% in seawater from the sea, and larvae metamorphosis from PZ1 to PL1 covered 9 days. When fed with artificial foods, the larvae reared in seawater from lab water supply system died in the second day, however, the larvae in seawater from the sea could survive from PZ1 to PL1 at a duration of 13 days with an average survival from 5.67% to 39.00%. The results showed that seawater had some impacts on the survival of *P. indicus* fed on artificial foods, and microalgae were helpful to the larvae for their coping with different sorts of rearing seawater.

Key words *Penaeus indicus*, larvae, artificial foods, live foods, survival, growth

对虾养殖业发展早期,对虾幼体的成功孵化主要依赖于天然的鲜活饵料〔1~3〕。随着对虾幼体用人工微粒饲料的发明,人工饲料便作为天然饲料的替代品,逐渐地应用于对虾幼体的孵化和生产〔4,5〕。70年代末,微粒饲料包囊专利技术发明,改进了对虾微粒饲料的生产工艺,在防止人工饲料污染水质和保持饲料营养方面取得了进步,包囊技术在对虾微粒饲料的制造中得到了应用〔6〕。在包囊技术经过改良以后〔7〕,微囊饲料投入了商业化生产,并广泛应用于虾苗生产。

为了研究对虾幼体的营养需要和探讨利用微囊饲料替代鲜活饵料的可能性,人们进行了广泛的研究工作。K. KurMaly〔8〕等人的实验表明,斑节对虾(*Penaeus monodon*)幼体可单独依靠人工饲料培养到仔虾,但其成活率和生长,不如用活饵或人工饲料与活饵混合喂养的幼体。尽管有的微囊饲料可以使对虾幼体的成活率达到投喂活饵时的水平,但幼体生长速度仍不如投喂活饵的幼体。Kontara, E.K.等人〔9〕认为,最有效的投喂方式是扁藻(*Tetraselmis chuii*)和人工饲料的混合投喂。Amjad, S.等人〔10〕也证实,微囊饲料和微藻(10 cells/L)混合投喂,可以使对虾幼体的存活和生长与投喂活饵的幼体一致。

本研究就印度对虾(*Penaeus indicus*)幼体在人工饲料喂养条件下的变态生长和存活情况,探讨利用微囊饲料替代活饵料的可能性,分析培养用水对对虾幼体的生长和存活的影响。

1 材料与amp;方法

1.1 材料

印度对虾的亲体培育于北威尔士大学(班戈尔)海洋系的鱼类实验室内,2次实验所用的印度对虾幼体分别产于1996年1月13日和20日,其亲体分别是带绿白标签和绿黑标签的雌虾。~期无节幼体用经3 μm 过滤的海水清洗,按200只/升的密度培养于5 L的玻璃容器中,插入气管,轻柔地向水中充入气体。海水盐度32.50‰、温度28 $^{\circ}\text{C}$ 、pH值7.8。

实验用饲料:CAR、ARA、ARA2、DHA、CD、蓝藻粉(*Spirulina*)、中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)、扁藻和卤虫(*Artemia*)无节幼体。其中CAR、ARA、ARA2、DHA、CD是鱼类实验室提供的人工饲料,这些饲料是有关厂家生产的微囊饲料。中肋骨条藻和扁藻由海洋系藻类培养室提供,卤虫无节幼体在鱼类实验室孵化。

第1次实验所用的海水来自北威尔士大学(班戈尔)海洋系实验室海水供给系统,经过5 μm 过滤。第2次实验所用的海水直接取自班戈尔的Menai海峡,同样经过5 μm 过滤。

1.2 方法

根据投喂饲料的种类设定6组处理,每组处理安排3次重复。在PZ1到PZ3幼体期间,对照组投喂中肋骨条藻和扁藻,2种微藻在培养水体中的密度均不低于25 cells/ μL 。其他5组处理投喂人工饲料,用量为4 mg / L*d,分4等份在24 h内投喂。处理1用的饲料是CAR,处理2用CAR和蓝藻粉,其中CAR占75%,蓝藻粉占25%,处理3用ARA,处理4用ARA2,处理5用DHA。从M1到PL期,对照组投喂卤虫无节幼体,按5只 / 毫升的密度保持其在培养水体中数量,但在第1次实验中,对照组所用饲料仅为CD,用量为8 mg / L*d;其他5组处理投喂人工饲料CD和卤虫无节幼体,用量分别是8 mg / L*d和2只 / 毫升,其中CD分4等份在24 h内投喂。

印度对虾幼体自PZ1期开始，便被置于装有2 L实验用海水（32.5‰）的圆底烧瓶中，幼体密度为100只/升。将气管插入烧瓶中并柔和地充入直径约为1cm的气泡，使瓶中海水产生上下循环，在实验过程中保持饲料悬浮。玻璃烧瓶置于28℃的水浴中，使瓶中水温在整个实验阶段均保持28℃。

2次实验分别在1月16日和1月23日早上开始进行。投喂饲料的实验处理的4次投喂时间是8:00，12:00，17:00和23:00。中肋骨条藻和扁藻取自半连续藻类培养系统，其浓度通过每天用coulter计数板在解剖镜下计数换算得到。卤虫卵于连续光照下，在28℃的海水中孵化，仅用其无节幼体作为对虾幼体的饵料。对虾幼体培养烧瓶中的藻类和卤虫无节幼体密度，通过取样计数得到，并及时进行适量添加，以保持其密度维持在实验所要求的密度水平上。在印度对虾幼体达到PL1期后，从每个烧瓶中随机抽取10只幼体，在双筒解剖镜下测量其体长（从额角前端到尾节末端），并计数烧瓶中成活的幼体以计算幼体的成活率。

1.3 统计分析

数据分析采用单因素方差分析(ANOVA)，当 $P < 0.05$ 时，差异被认为是显著的。

2 结果

2.1 实验1

喂人工饲料的印度对虾幼体在蚤状幼体阶段便开始死亡，幼体的大量死亡发生在实验开始后的第2天；而此时喂活饵的对照组印度对虾幼体生长良好。在1月24日进行成活率计算(表1)和体长测量(表2)时，印度对虾幼体已是PL1和PL2幼体。印度对虾幼体从PZ1期变态到PL1期的时间为9 d。

表1 对照组的印度对虾PL幼体的成活数

瓶号	成活数 (只)	成活率 (%)
1	96	48
2	96	48
3	136	68
平均	109.3	55
标准差	23.1	11.55

表2 对照组的印度对虾PL幼体的体长

样本	体长(mm)
1	4.15
2	3.52
3	4.23
4	3.96
5	4.57

6	4.32
7	4.00
8	3.80
9	3.64
10	4.32
平均	4.05
标准差	0.33

2.2 实验2

不同处理的印度对虾幼体在各个实验日的幼体阶段见表3，对照组的印度对虾PL幼体成活数和体长于1月31日计算和测量;处理1~5的印度对虾PL幼体成活数和体长于2月4日计算和测量，见表4和表5。

表3 不同处理的印度对虾幼体在各个实验日的幼体阶段

处理	幼体阶段												
	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d	8 d	9 d	10 d	11 d	12 d	13 d
对照组	Z1	Z1 ~ Z2	Z2 ~ Z3	Z3	Z3 ~ M1	M1 ~ M2	M2 ~ M3	M3 ~ P1	P1 ~ P2				
处理1	Z1	Z1	Z1 ~ Z2	Z2	Z2 ~ Z3	Z3	Z3 ~ M1	M1	M1 ~ M2	M2	M2 ~ M3	M3	P1 ~ P2
处理2	Z1	Z1	Z1 ~ Z2	Z2	Z2 ~ Z3	Z3	Z3 ~ M1	M1	M1 ~ M2	M2	M2 ~ M3	M3	P1 ~ P2
处理3	Z1	Z1	Z1 ~ Z2	Z2	Z2 ~ Z3	Z3	Z3 ~ M1	M1	M1 ~ M2	M2	M2 ~ M3	M3	P1 ~ P2
处理4	Z1	Z1	Z1 ~ Z2	Z2	Z2 ~ Z3	Z3	Z3 ~ M1	M1	M1 ~ M2	M2	M2 ~ M3	M3	P1 ~ P2
处理5	Z1	Z1	Z1 ~ Z2	Z2	Z2 ~ Z3	Z3	Z3 ~ M1	M1	M1 ~ M2	M2	M2 ~ M3	M3	P1 ~ P2

在第2次实验中,投喂鲜活饵料的印度对虾幼体表现了良好的成活率和生长速度,对虾幼体的变态几乎同时发生,从PZ1期变态到PL1期需要9 d时间(1月23日到31日),不同烧瓶之间的印度对虾幼体的体长无明显差异($F=12.67, P=0.26$)。与投喂鲜活饵料的印度对虾幼体相比,投喂人工饲料的印度对虾幼体在成活率上表现出来的差异相当明显($F=12.67, P=0.01$),幼体从PZ1期变态到PL1期所需的时间更长,需要13 d(1月23日到2月4日)。投喂DHA的处理5的印度对虾幼体的成活率明显较低($F=3.86, P=0.03$),而其他4种处理的印度对虾幼体,在成活率上不存在明显

表4 不同处理的印度对虾PL幼体的成活数

处理	成活数(只)			平均成活数(只)	标准差(只)	成活率(%)
	烧瓶1	烧瓶2	烧瓶3			
对照组	124	154	152	143.33	16.77	71.67
处理1	27	42	36	35	7.55	17.50
处理2	49	79	106	78	28.51	39.00
处理3	20	25	44	29.67	12.66	14.83
处理4	20	74	104	66	42.57	33.00
处理5	3	9	12	11.33	8.02	5.67

的差异($F=2.34, P=0.15$)。

投喂CAR的处理1的印度对虾幼体,不同烧瓶之间的幼体长度差异明显($F=9.64, P=0.00$)。其中1个烧瓶中的印度对虾幼体在实验结束时,仍有相当比例处于M3幼体阶段。投喂CAR + 蓝藻的处理2($F=32.24, P=0.00$)和投喂ARA2的处理4($F=23.41, P=0.00$)不同烧瓶间的PL幼体长度存在差异。但投喂ARA的处理3($F=1.11, P=0.34$)和投喂DHA的处理5($F=1.09, P=0.35$)不同烧瓶之间PL幼体长度不存在明显差异。

3 讨论

实验1和实验2对照组的印度对虾幼体,从PZ期变态到PL期所需的时间都是9 d。比较印度对虾PL幼体的成活率和体长(表6),我们发现实验2对照组PL幼体成活率较高,体长较长。实验1对照组的印度对虾幼体在进入M期后只喂人工饲料CD,而实验2对照组印度对虾在M期到PL期投喂卤虫无节幼体。尽管对虾幼体的饲料不同,但对虾幼体的变态时间一样,这说明人工饲料CD可以满足在PZ幼体期间投喂微藻的印度对虾幼体,从M期幼体变态到PL期幼体的营养需要。印度对虾PL1幼体在体长上表现出来的差异,可能是饲料不同所致。

表5 不同处理的印度对虾PL幼体的体长

处理	瓶号	体长(mm)										平均值(mm)	标准差(mm)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
对照组	1	5.31	4.57	5.23	4.15	5.48	3.98	4.15	5.31	4.81	3.90	4.69	0.59

	2	4.65	5.15	4.48	3.98	4.23	4.48	4.90	4.98	4.40	4.73	4.60	0.34
	3	5.64	5.15	4.65	5.40	4.23	4.23	4.40	5.48	5.31	5.23	4.97	0.51
处理1	1	4.07	3.74	3.16*	3.49*	3.98	3.16*	3.57*	3.32*	4.57	3.16*	3.62	0.45
	2	4.07	4.32	3.98	3.57	3.90	3.32	3.65	4.48	4.32	4.65	4.03	0.40
	3	5.15	4.07	4.15	4.23	3.98	4.57	5.31	4.40	4.48	4.65	4.50	0.42
处理2	1	3.74	4.32	4.32	4.23	3.74	4.48	4.32	3.57*	4.48	4.40	4.16	0.32
	2	3.74	3.82	3.98	4.15	4.40	3.65	3.65	4.48	4.15	3.90	3.99	0.28
	3	5.40	5.64	4.57	5.40	4.65	4.81	5.48	4.98	5.64	4.98	5.16	0.38
处理3	1	4.65	5.64	5.15	5.15	3.57	3.74	4.48	5.23	3.32*	3.65	4.46	0.79
	2	4.48	4.84	4.48	5.64	3.98	3.90	3.90	4.32	4.65	4.65	4.48	0.50
	3	3.98	5.40	5.31	4.98	3.74	5.40	4.81	3.90	5.64	5.64	4.88	0.70
处理4	1	3.74	3.65	3.49	3.98	3.57	4.07	3.65	3.49	3.98	3.49	3.71	0.21
	2	3.82	4.73	4.65	4.81	4.73	4.65	3.74	4.40	4.32	4.48	4.43	0.36
	3	5.15	5.40	4.32	5.06	5.15	4.23	5.40	3.98	5.23	5.31	4.92	0.51
处理5	1	4.32	5.40	4.15								4.62	0.55
	2	4.23	4.65	4.07	5.31	3.57	3.57	4.57	4.15	5.98	4.32	4.44	0.71
	3	5.23	5.40	3.82	4.90	5.40	5.40	4.07	4.23	4.98	5.64	4.91	0.61

*表示对虾幼体为M3幼体;处理5烧瓶1中的对虾幼体只存活3只。

两次实验所用的海水分别取自实验室供水系统和自然海区。在第1次实验中,投喂人工饲料的印度对虾幼体在PZ1幼体阶段死亡;而投喂藻类对照组的印度对虾幼体,在两次实验中均能正常成活和生长,表明藻类的投喂,引入了对印度对虾幼体的成活和生长有益的因素,可以使印度对虾幼体在不同类型的海水中正常生长。

另一方面,投喂人工饲料的印度对虾幼体的成活和生长,受到海水类型的强烈影响。实验的结果显示,印度对虾幼体在直接取自自然海区的海水中可以生长变态到PL幼体阶段;而在来自实验室供水系统的海水中,印度对虾幼体在PZ1阶段时便死亡了。

表6 不同处理的印度对虾幼体变态

到仔虾的变态持续时间和仔虾平均体长

处 理	实 验	PZ变态到PL 仔虾的时间 (d)	PL仔虾的平均 体长 (mm)
对照组	实验1	9	4.05
	实验2	9	4.75
处理1	实验2	13	4.05

处理2	实验2	13	4.44
处理3	实验2	13	4.61
处理4	实验2	13	4.35
处理5	实验2	13	4.66

不同海水类型对印度对虾幼体的不同影响,有可能是海水中的微生物群落结构不同所导致。人工饲料的投入,会使实验用水环境发生变化,加快水中的细菌的生长〔10〕。如果水体中不同细菌间的平衡关系破坏,有害细菌占主导地位,对虾幼体会就会受到致命的影响。我们分析,实验室供水系统提供的海水,有利于有害细菌的生长繁殖。而自然海区的海水,可在一定程度上,抑制对虾培养水体中有害细菌的生长。其原因可能是水体中有益细菌压制了有害细菌的生长繁殖。藻类的投喂也有可能向幼体培养水体中引入了有益的细菌。此外,中肋骨条藻本身能够有选择性的抑制弧菌,并刺激其它细菌的生长〔11〕。在一定条件下,有益菌株可以抑制水体中的有害弧菌〔12〕,并有益于对虾幼体的生长。

比较实验2中印度对虾幼体的生长速度,我们发现,对照组的印度对虾幼体的生长最快,其他5组处理的印度对虾生长较慢,但变态较为一致。除处理1的印度对虾幼体体长较短外,其余4组处理的印度对虾PL幼体的体长不存在明显差异($F = 1.30$, $P = 0.28$)。对照组与其他处理组印度对虾幼体在变态速度和体长上差异,表明藻类更有益于印度对虾幼体的生长。藻类可以诱导对虾PZ幼体分泌更多的胰蛋白酶〔13〕,而且卤虫无节幼体所含的自源酶对对虾幼体的消化吸收作用有所贡献。显然,消化酶的水平高低会影响对虾幼体对营养的吸收〔14〕。

从本实验的结果,我们得出结论:投喂鲜活饵料的印度对虾幼体生长较快,幼体变态时间一致,成活率较高;印度对虾幼体可以依靠人工饲料从PZ幼体变态到PL仔虾,但投喂人工饲料的印度对虾幼体变态的时间较长,幼体的成活率较低,生长速度较慢;海水对投喂人工饲料的印度对虾幼体的存活有明显的影晌;藻类有助于对虾幼体在不同类型海水中存活和生长。

作者单位:周浩郎 广西海洋研究所 北海 536000

D. A. Jones 英国北威尔士(班戈尔)大学海洋系

参考文献

- 1 Hudinaga M. Kuruma shrimp (*Penaeus japonicus*) cultivation in Japan. Fish Rep F A O, 1969,57(3):811 ~ 832.
- 2 New M B. A review of dietary studies with shrimps and prawns. Aquaculture, 1976,9:101 ~ 144.
- 3 Liao I C, Su H M, Liu J H. Larval foods for penaeid prawns. In: J P McVey (Editor). CRC Handbook of Mariculture. Boca Raton: CRE Press, 1983.1:43 ~ 70.
- 4 Heinen J M. An introduction to methods of rearing penaeid shrimp larvae. Proc World Maricult Soc, 1976,7:33 ~ 343.
- 5 Wilkenfeld J S, Lawrence A L, Kuban F D. Metamorphosis and growth of penaeid shrimp

- larvae reared on a variety of algal and animal foods. *J World Maricult Soc*, 1984, 15:31 ~ 49.
- 6 Jones D A, Munford J G, Gabbott P A. Microcapsules as artificial food particles for aquatic filter feeders. *Nature (London)*, 1974, 247:233 ~ 235.
- 7 Jones D A, Kurmaly K, Arshard A. Penaeid shrimp hatchery trials using microencapsulated diets. *Aquaculture*, 1987, 64(2):133 ~ 146.
- 8 Kurmaly K, Jones D A, Yule A B et al.. Comparative analysis of the growth and survival of *Penaeus monodon* (Fabricius) larvae, from protozoa 1 to postlarva 1, on live feeds, artificial diets and on combinations of both. *Aquaculture*, 1989, 81(1):27 ~ 45.
- 9 Kontara E K, Setyantini W H, Harsito. The effect of various artificial plankton in combination with *Tetraselmis chuii* on the growth and survival of *Penaeus monodon* larvae. *Bull Brackishwat Aquacult Dev Cent Jepara*, 1987, 8(2):86 ~ 93.
- 10 Amjad S, Jones D A. An evaluation of artificial larval diets used in the culture of penaeid shrimp larvae *Penaeus monodon* (Fabricius). *Pak J Zool*, 1992, 24(2):135 ~ 142.
- 11 Kogure K. Effect of *Skeletonema costatum* (Grev.) cleve on the growth of marine bacteria. *J Exp Mar Biol Ecol*, 1979, 36:201 ~ 215.
- 12 Maeda M. Fry production with biocontrol. *Isr J Aquacult Bamidgeh*, 1992, 44(4):142 ~ 143.
- 13 Le Vay L, Rodriguez A, Mourente G et al.. Influence of diet on digestive activity and growth of *Penaeus japonicus* larvae implications for nutritional studies from discovery to commercialization. In: Carrillo M, Dahle L, Morales J et al.. *Oostende belgium european Aquaculture Soc*, 1993, 19:145.
- 14 Kumlu M, Sarihan E, Tekelioglu N. Trypsin activity in larvae of *Penaeus monodon* Fabricius, 1789 (Crustacea; Decapoda; Penaeidae) in relation to their diet. *Isr J Aquacult Bamidgeh*, 1992, 44(4):103 ~ 110.

(责任编辑：邓大玉)
1999-05-10收稿。