

近缘新对虾幼体的饥饿、摄食和食性*

林 瑞 才

(厦门市渔政处, 361005)

周莲贞 张金标

(国家海洋局第三海洋研究所, 厦门 361005)

提 要 本文于 1987、1988 两年近缘新对虾的繁殖季节, 研究了早期饥饿对近缘新对虾幼体发育、变态的影响, 饥饿时间与幼体变态时间的关系; 幼体及后期幼体各阶段摄食卤虫无节幼体、褶皱臂尾轮虫数量的变化; 幼体各阶段的适宜饵料种类及密度。

关键词 近缘新对虾, 幼体, 饥饿, 摄食, 饵料

近缘新对虾 *Metapenaeus affinis* (H. Milne-Edwards) 是我国南方沿海的重要经济虾类之一。俗称土虾、砂虾(福建), 中虾、芦虾和赤爪虾(广东)。近年来, 我国南方养虾业由于虾病, 损失较重, 故改换新品种虾、开展多品种养殖和一年多茬养虾。近缘新对虾的人工养殖已受欢迎, 但人工育苗存活率一直不理想。国外, 据曾文阳 1986 年的统计, 海产虾类已能成功繁殖作为养殖对象有 19 种, 近缘新对虾却不在其中^[4]。

对近缘新对虾的繁殖生态、生理研究报道很少, 国外 Pillay 等报道了印度西南沿海近缘新对虾的周年性腺发育^[2,4]; 国内刘瑞玉、闵信爱等分别报道了我国南海近缘新对虾的一些基础生物学和渔业情况^[1,2]。因此为了开发近缘新对虾的养殖, 有必要对它繁殖生理、生态进行较深入的研究。我们自 1987 至 1989 年, 对近缘新对虾的卵子发生, 精子超微结构, 胚胎发育和幼体的实验生态开展了较系统的研究。本文报道了饥饿对幼体发育、变态的影响, 幼体及后期幼体各发育阶段对褶皱臂尾轮虫 (*Brachionus plicatilis*)、卤虫无节幼体的摄食及幼体各阶段适宜饵料种类和密度。期望上述结果能为提高育苗存活率、出苗率提供科学依据。

材 料 与 方 法

(1) 实验材料 亲虾来源及运输同文献[3], 所有实验幼体均为人工室内培育。

(2) 饥饿对幼体的发育、变态的影响的实验 具体实验方案见图 1。选用健康、活跃的无节幼体 VI 置各实验中。用水由超滤膜(0.45 μ)过滤, 实验容器为盛水 500 毫升的烧杯, 水温为 28 $^{\circ}$ C 和 28.5 $^{\circ}$ C, 微冲气培养, 饵料为钙质角毛藻(*Chaetoceros calcitrans*)(10×10^4 个细胞/毫升), 平行实验二杯。

(3) 摄食率的实验 对轮虫的摄食实验 溞状幼体, 实验容器为 400 毫升的烧杯, 盛水 200 毫升,

*本文曾在中国水产学会第五次会员代表大会暨学术年会(1991 年 11 月 6~10 日)上宣读。

收稿年月: 1991 年 11 月; 1992 年 1 月修改。

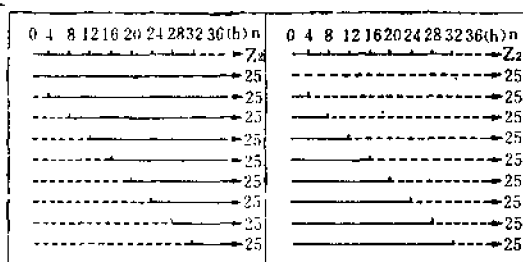


图1 饥饿实验设计

Fig. 1 The design of the starvation experiment

-->饥饿时间, n——幼体尾数, ——>投饵摄食时间,
h——小时, Z₂——蚤II幼体。

置幼体 20 尾, 轮虫密度分别为 2、5、10、20、30 和 50 个/毫升等 6 个梯度, 暗条件、微冲气培养, 实验连续时间为 4~6 小时。糠虾幼体和后期幼体的实验容器改为盛水 150 毫升的烧杯, 置幼体 6 尾, 其它条件同上。上述实验均平行三杯, 水温 32°C, 盐度 32.2‰。对卤虫无节幼体的摄食 糠虾幼体, 容器为盛经超滤膜过滤的海水 50 毫升的烧杯, 置 1 尾幼体, 吸取卤虫无节幼体 250 尾, 微冲气培养, 平行实验 6 杯, 实验连续时间为 24 小时。后期幼体, 容器为盛水 100 毫升的烧杯, 吸卤虫无节幼体 500 尾(即密度为 5 个/毫升), 分 36、32 和 25°C 三个组, 平行实验 5 杯, 于第 5 天后后期幼体前, 实验分阶段进行, 以后为连续培养, 实验每 24 小时全换水, 其它条件同上。有关摄食率计算方法同文献[15]。

(4) 幼体的饵料及食性实验 实验所用的各种微形藻均系人工室内纯种培养, 褶皱臂尾轮虫喂以扁藻(*Platymonas subcordiformis*)和异胶藻(*Heterogloea* sp.), 卤虫卵由天津塘沽盐场所产。蛋黄由鸭蛋煮熟后, 经 250 目筛网研细过滤, 豆浆也经 200 目筛网过滤。蚤状幼体的饵料的实验 具体安排见表 5、6、7。第一次实验容器为 4 升的方形玻璃缸, 第二、三次实验改为盛培养水 1 升的烧杯, 置幼体 50 尾。用水均经 24 小时以上的暗沉淀且砂滤处理。实验着重解决蚤状幼体不同阶段所适宜的不同饵料搭配, 因此多次改变培养方案和环境条件。实验隔天全换水一次。糠虾幼体的饵料的实验 设不同饵料投法的三个实验组, 具体安排见表 8, 其它同上。

实验结果

(一) 饥饿对幼体发育、变态的影响

表 1 表明, 在先饥饿后投饵的实验中, 蚤 I 幼体发育至蚤 II 幼体的变态率与饥饿时

表 1 饥饿对蚤状幼体 I 变态的影响(实验开始时间: 1988.8.20; 水温: 28.5°C)

Table 1 Effect of starvation on metamorphosis of Zoeal I of *M. affinis*

(Exp. date: 20, 8, 1988; Temperature: 28°C)

实验组别 实验尾数		F	4hS + F'	8hS + F'	12hS + F'	16hS + F'	20hS + F'	24hS + F'
		内容	25	25	25	25	25	25
变态率 (%)	1	60	85	50	24	24	0	0
	2	52	55	45	32	12	0	0
	平均	56	70	47.5	28	18	0	0
方差分析	方差来源	平方和	自由度	均方	F'	显著性		
	组间	9034.7	6	1505.8	17.6	**		
	组内	598.5	7	85.5				
	总和	9630.2	13					

注: F—投饵, S—饥饿, h—小时, **—高度显著。

间关系呈高度显著($P < 0.01$), 变态率随饥饿时间的延长而递减。当饥饿时间超过 16 小时后, 幼体的变态率急速降低, 实验中的变态率仅 18%, 饥饿时间超过 20 小时后, 即使以后投喂充足的钙质角毛藻, 幼体也不能成功变态。

以“不可恢复点”(PNR₁₀₀-point of no return)来衡量幼体耐饥饿能力, 即饥饿时间阈值, 当超过这个阈值时, 即使后来喂以充足的优质饵料, 幼体也不会成功变态, 只能延长存活时间, 近缘新对虾的蚤 I 幼体的 PNR₁₀₀ 约为 20 小时, 若以 50% 幼体变态描述耐饥饿能力, 则蚤 I 幼体的 PNR₅₀ 应在 12 小时左右。

饥饿同时导致了幼体发育、变态时间的延长(图 2)。在 PNR₁₀₀ 阈值内, 饥饿时间(t)和幼体的变态时间(D_t)呈显著的线性相关:
 $D_t = 36.88 + 1.37t$ ($r = 0.996$), 表明了幼体因饥饿变态时间延长并不是简单地以饥饿时间添加, 而是以一个系数成倍地增长。图 2 中虚线表示理想的发育时间 ($D_t = D_0 + t$, D_0 为正常投喂下, 幼体发育时间, 本实验为 37.3 小时)。两条曲线的差距则为机体修补由于饥饿造成机体组织的损耗所需的额外摄食时间, 饥饿时间越长, 差距也就越大, 表明额外摄食时间所需越长。

在先投饵后饥饿的实验中(表 2), 结果表明, 至蚤 II 幼体的变态率和喂食时间长短有明显的关系, 当喂食时间短于 12 小时, 幼体即使存活长达 4.1 天, 也未见变态; 短于 16 小时, 幼

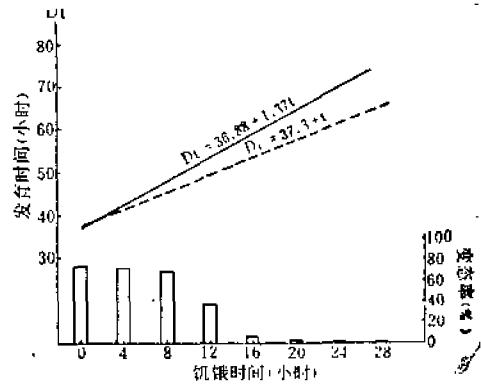


图 2 近缘新对虾 I 幼体发育时间、变态率与饥饿时间的关系
 Fig. 2 The relationship between developmental time, metamorphosis rate of *M. affinis* zoeal I and starvation time

表 2 饥饿条件下蚤状幼体 I 存活与变态(实验开始日期:1988.8.30;水温 28.5°C)
 Table 2 Survival and metamorphosis of Zoeal I of *M. affinis* under different starvation condition (Exp. date: 30, 8, 1988; Temperature: 28.5°C)

实验组别 实验尾数	S	4hF+S	8hF+S	12hF+S	16hF+S	20hF+S	24hF+S	28hF+S	32hF+S	F
	内容	25	25	25	25	25	25	25	25	25
至蚤 II 期变态率(%) (平均)	0	0	0	0	10	28	40	67.5	70	73
存活率(%) (平均)	4	8	40	84	18	20	56	67.5	72	73
存活最长 时间(天)	3.2	3.5	4.1	—	—	—	—	—	—	—

注: F—投饵, S—饥饿, h—小时。

体变态率低, 只有 10%, 而当幼体给以饱食 32 小时后再饥饿时, 幼体的变态率可达 70%, 与对照实验相似。以“营养贮存饱和点”(PRS-Point of reserve saturation)表示幼体经足够时间摄食后, 即使不再喂饵也能正常变态。近缘新对虾的蚤 I 幼体的 PRS 约为 32 小时。若用 PRS₅₀ 表示幼体变态率达到正常给饵的 50% 的投饵时间, 则 PRS₅₀ 为 20~

24小时,即在20~24和32小时的投饵时间内,有50%的幼体可能会成功地发育、变态而不再依赖摄食。

当给饵时间短于12小时,尽管幼体未成功地发育、变态,却显著延长存活时间,在完全不摄食下,幼体最多只活3.2天,而给食12小时却能延长到4.1天。

(二) 幼体和后期幼体对轮虫和卤虫无节幼体的摄食

1. 幼体与后期幼体对轮虫的摄食 由图3可知,蚤I幼体不摄食轮虫,尽管提高其

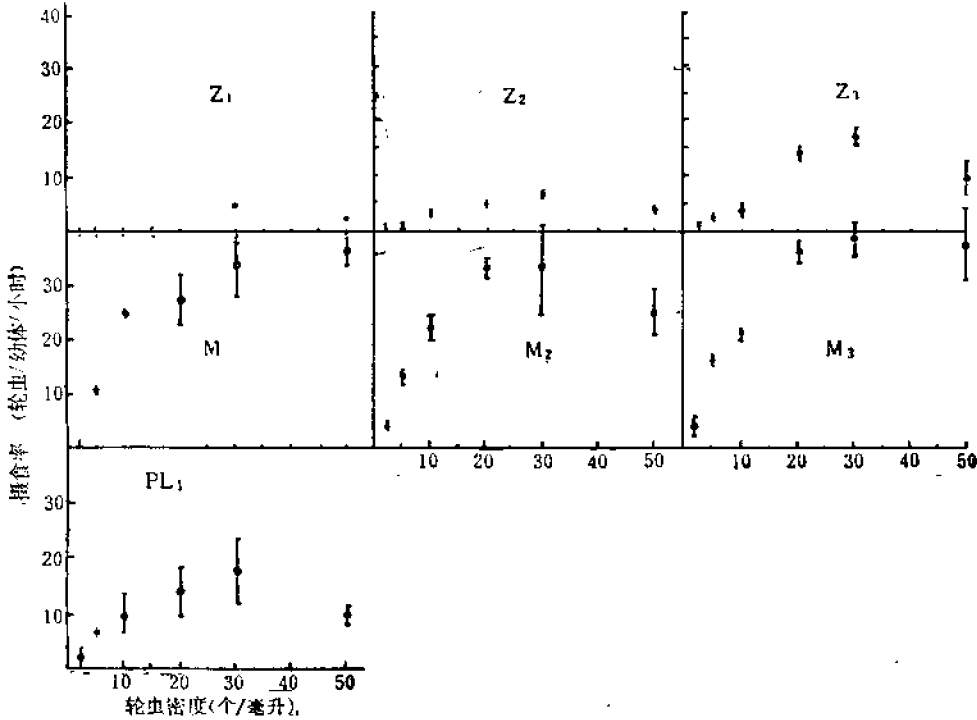


图3 不同阶段不同轮虫密度下近缘新对虾幼体对轮虫的摄食率

Fig. 3 Ingestion rate of larvae of *M. affinis* on *Brachionus plicatilis* under different food density

Z₁—蚤 I 幼体, Z₂—蚤 II 幼体, Z₃—蚤 III 幼体, M₁—糠 I 幼体, M₂—糠 II 幼体, M₃—糠 III 幼体, PL₁—后期幼体 I

密度,却仍基本不摄食;从蚤 II 开始,幼体的摄食率才随轮虫的密度升高而递增,可见,蚤 II 幼体才具有捕食轮虫的能力,但能力弱,蚤 III 幼体后逐渐提高;糠虾阶段,摄食能力显著提高,体现在摄食率曲线上升幅度更大,在轮虫密度为20个/毫升时,幼体的摄食率也越接近于轮虫密度为30个/毫升时的摄食率;至后期幼体后,对轮虫的摄食率又有下降的趋势。

幼体对轮虫的摄食率,随着轮虫密度的增加而增加,当轮虫密度超过一定值后即30个/毫升,幼体的摄食率基本上趋于稳定。表3为不同幼体发育阶段在轮虫密度为30个/毫升时对轮虫的日摄食量及能量摄入。当轮虫密度低于30个/毫升时,幼体对轮虫的摄食量及能量摄入不能达到最高值,而处于半饥饿状态,尤其当轮虫密度低于10个/毫升

表 3 近缘新对虾发育阶段对轮虫的摄食及能量的摄入
Table 3 Predation and energy intake of larvae of *M. affinis* on *Brachionus plicatilis*

发育阶段 项 目	Z ₂	Z ₃	M ₁	M ₂	M ₃	PL ₁
饱和摄食率 (个/天)	165 ± 14.4	390 ± 4.5	820 ± 170	804 ± 216	924 ± 72	360 ± 144
能量摄入 (焦耳/天)	0.58 ± 0.05	1.88 ± 0.16	2.91 ± 0.60	2.85 ± 0.77	3.28 ± 0.26	1.28 ± 0.51

注: 能量摄入换算按照 Emmerson W. D. 1984, Z—蚤状幼体, M—糠虾幼体, PL—后期幼体, 以下同。

时, 摄入能量低, 在蚤 II、蚤 III、糠 I、糠 II、糠 III 和后期幼体 I 等各阶段的能量摄入分别为能量摄入饱和值的 45%、38%、73%、58%、55%、和 63%, 即幼体处于摄食不够的半饥饿状态。

2. 幼体和后期幼体对卤虫无节幼体的摄食 近缘新对虾蚤状幼体和糠虾幼体都不能摄食卤虫无节幼体, 后期幼体开始才摄食卤虫无节幼体。表 4 表明: 在 32°C 时, 第 2 天

表 4 近缘新对虾后期幼体对卤虫无节幼体的摄食和能量摄入(卤虫无节幼体密度: 5个/毫升)

Table 4 Predation and energy intake of postlarvae of *M. affinis* on *Artemia nauplii* (*Artemia nauplii* dense: 5pcs/ml)

发育阶段 项 目 水温(°C)	摄 食 率 (个/天)			能 量 摄 入 (焦耳/天)		
	36	32	25	36	32	25
PL ₂	0	0	0	0	0	0
PL ₃	4 ± 0.6	3.7 ± 0.9	2.5 ± 0.5	0.14 ± 0.02	0.13 ± 0.03	0.09 ± 0.02
PL ₄	28 ± 1	15 ± 6.3	1.5 ± 0.5	0.97 ± 0.03	0.82 ± 0.34	0.05 ± 0.02
PL ₅	死亡	25 ± 1.2	3	死亡	0.87 ± 0.04	0.10
PL ₆		24 ± 2.3	4		0.83 ± 0.08	0.14
PL ₇		21.7 ± 7.8	2		0.78 ± 0.27	0.07
PL ₈		65.3 ± 0.9	3		2.27 ± 0.03	0.10
PL ₉		96.7 ± 2.3			3.37 ± 0.08	
PL ₁₀		114.3 ± 3.5			3.98 ± 0.12	
PL ₁₁		208 ± 2.3			7.24 ± 0.08	
PL ₁₂		228 ± 2.9			7.03 ± 0.10	

注: 能量摄入 = 摄食数量 × 卤虫无节幼体平均干重(1.44 微克/尾) × 卤虫无节幼体单位干重能量(24.16 焦耳/毫克, Emmerson, 1984)。

的后期幼体未能摄食卤虫无节幼体, 第 3 天后, 才开始摄食, 但摄食低, 日摄食量仅 3~4 尾; 第 4 天后增大, 达 15 ± 6.3 尾; 第 8 天的后期幼体, 日摄食量突增到 65.3 ± 0.9 尾; 第

9、10天,日摄食量分别为 96.7 ± 2.3 和 114.3 ± 3.5 尾; 11天后,摄食量高达 208 ± 2.3 尾。

温度对后期幼体摄食卤虫无节幼体的影响,在 36°C ,后期幼体的摄食量高于 32°C ,第3、4天的后期幼体的日摄食量分别为 4 ± 0.6 和 28 ± 1 尾;第5天后,由于蜕皮不成功死去。在水温 25°C 的实验组,后期幼体的日摄食量一直很低,用钙质角毛藻和扁藻辅助培养,日摄食量不多4尾,培养至第10天后死去。

(三) 幼体的食性及饵料

1. 不同饵料种类对溞状幼体发育与存活的影响 三次实验结果如表5、6、7所示,结

表5 不同饵料对溞状幼体发育及存活的影响(实验开始日期:1987.9.8)

Table 5 Effect of different food on development and survival of zoecal larvae of *M. affinis* (Exp. date: 8, 9, 1987)

实验内容 饵料种类 密度		变态率(%)			50%幼体变态时间(天)			存活率(%)					备注
		Z ₂	Z ₃	M ₁	Z ₂	Z ₃	M ₁	1天	2天	3天	4天	5天	
		叉鞭金藻	10	70	15	1.0	2	3.5	5	100	75	50	
角	10	71.5	25	5.25	1.75	3.25	4.5	100	75	50	25	5.8	
扁藻	2	30	3.75	1.6	2	3.75	5	100	80	25	3.8	1.6	
叉+角+扁	4+4+1	91.5	40	14	1.75	3	4.25	100	100	75	40	15	
角+豆浆	5+6ppm	57.5	7.5	5	2	3.5	4.75	100	62.5	56.3	7.5	5	
角+扁	5+1	57.5	12.5	5.5	2	3.25	4.5	100	62.5	50	7.5	6	
豆饼	12ppm	0	0	0	—	—	—	100	25	2	0	0	
蛋黄	1.2个/吨	1.6	0	0	4.25	—	—	100	40	20	1	1.6	
小球藻	40	25	0	0	2	—	—	100	75	3	0	0	
空白	—	0	0	0	—	—	—	100	20	0	0	0	

注:叉—叉鞭金藻,角—钙质角毛藻,扁—扁藻,以下同。

果表明不同的饵料种类及不同的饵料投法对溞状幼体的变态率、存活率和变态时间有明显的不同作用,溞 I 幼体的理想饵料为钙质角毛藻、叉鞭金藻或钙质角毛藻+叉鞭金藻+扁藻的混合饵料。单独投喂叉鞭金藻的实验组幼体变态率明显降低;扁藻作为溞状幼体的前期饵料,较不理想,作为溞状幼体的后期饵料效果较好;溞状幼体不能成功利用卤虫无节幼体。

2. 不同饵料对糠虾幼体的发育、变态的影响 结果如表8所示,用 4×10^4 个/毫升钙质角毛藻 + 4×10^4 个/毫升叉鞭金藻 + 1×10^4 个/毫升扁藻混合投喂近缘新对虾的糠虾幼体,发育至糠 II、糠 III 和后期幼体 I 的累积变态率分别为 55%、37.5% 和 32.5%;用 8×10^4 个/毫升钙质角毛藻 + 10 个/毫升轮虫培养时,糠虾幼体的变态率明显比用混合藻

表 6 不同投饵方法对蚤状幼体发育的影响(实验开始日期:1987.9.26)
Table 6 Development of zoeal larvae under different way of diet
(Exp. date: 26, 9, 1987)

投 饵 方 法	变 态 率 (%)	至 M ₁ 的变态率	备 注
Z ₁ -Z ₂ -Z ₃ -M ₁ —叉+角—	7.5+7.5	18.8±2.3	实验水温 26~28℃, 盐度为 32‰, 容器为 1 升的烧杯, 微冲气培养。藻类的密度单位为万个/毫升, “配”为日本东元牌配合饵料, 单位为 ppm。“轮”、“卤”分别为轮虫和卤虫无节幼体, 单位为个/毫升。
Z ₁ -Z ₂ -Z ₃ -M ₁ —叉+角+轮—	7.5+7.5+10	29.7±0.9	
Z ₁ -Z ₂ -Z ₃ -M ₁ —叉- -角+卤-	7.5+7.5, 5+5	6.3±1.1	
Z ₁ -Z ₂ -Z ₃ -M ₁ —叉+角- -角+配-	7.5+7.5, 5+3	15 ±2.1	
Z ₁ -Z ₂ -Z ₃ -M ₁ —配—	3	0	
Z ₁ -Z ₂ -Z ₃ -M ₁ —叉+角- -轮—	7.5+7.5, 10	2.3±1.8	
Z ₁ -Z ₂ -Z ₃ -M ₁ —叉+壳- -卤—	7.5+7.5, 5	0	
Z ₁ -Z ₂ -Z ₃ -M ₁ —叉+角- -配-	7.5+7.5, 3	2.7±0.9	
Z ₁ -Z ₂ -Z ₃ -M ₁ —叉+角- -角+扁+轮-	7.5+7.5, 5+5+10	20.8±2.1	

表 7 不同饵料和近缘新对虾蚤状幼体发育、变态的关系(实验开始日期:1988.10.17;
水温 32℃; 盐度 29.6‰)

Table 7 Relationship between food and development and metamorphosis of zoeal larvae of *M. affinis*. (Exp. date: 17, 10, 1988; Temperature: 32℃; Salinity: 29.6‰)

饵 料 种 类	变 态 率 (%)	至 Z ₂	至 Z ₃	至 M ₁
钙质角毛藻	10×10 ⁴ /毫升	91.3±3.4	75.3±5.5	45.3±3.2
叉鞭金藻	10×10 ⁴ /毫升	90 ±3.1	46 ±4.3	28.7±4.6
亚心形扁藻	2×10 ⁴ /毫升	28.8±2.0	17.3±1.0	12.7±1.8
螺旋藻	5×10 ⁴ /毫升	22 ±2.1	19.3±1.4	16 ±1.7
角+螺旋藻	5×10 ⁴ +2.5×10 ³ /毫升	92 ±1.2	82 ±3.1	62 ±3.1
角+叉+扁+轮	3×10 ⁴ +3×10 ⁴ +0.5×10 ⁴ +10/毫升	90.7±2.3	78 ±4.2	81.3±5.8
F 值		68.2	55.7	40.2

注：轮—轮虫, 从蚤 II 阶段开始投喂。

表8 不同饵料对近缘新对虾糠虾幼体发育变态的影响(实验开始日期:1989.10.20;水温:
32°C;盐度29.6‰)

Table 8 Effect of different food on development and metamorphosis of mysis larvae of *M. affinis* (Exp. date: 20, 10, 1989; Temperature: 32°C; Salinity: 29.6‰)

实验项目	饵料种类	角+叉+扁	角+轮虫	卤虫无节幼体
	饵料密度	$(4+4+1) \times 10^4$ /毫升	$8 \times 10^4 + 10$ 个/毫升	2个/毫升
至 M ₂ 的变态率(%)		55	55	0
至 M ₃ 的变态率(%)		37.5	65	0
至 PL ₁ 的变态率(%)		32.5	57.5	0

类培养高,至后期幼体的累加变态率达57.5%;糠虾幼体不能利用和捕食刚孵化的卤虫无节幼体,用卤虫无节幼体投喂,糠虾幼体未成功变态。

3. 不同藻类浓度对幼体的影响 由表9可知,藻类浓度对溞状幼体发育、变态有明 表9 不同藻类浓度对 Z₁→Z₂ 变态发育的影响(实验水温:28.5°C;盐度31.2‰)

Table 9 Effect of algae density on development and metamorphosis of zoeal larvae of *M. affinis* (Temperature: 28.5°C; Salinity 31.2‰)

饵料种类	日期 (年.月.日)	变 态 率 (%)	1988.9.1	1988.9.13
			至 Z ₂ (平均)	至 Z ₂ (平均)
钙 质 角 毛 藻	饵料密度 (万个/毫升)	2	8	5.5
		5	14	23.5
		10	31	31.5
		20	35	31.5
		30	40	35
		50	24	32
叉 鞭 金 藻	饵料密度 (万个/毫升)	2	13	5.5
		5	16	18
		10	35	34.5
		20	38	36.5
		30	36	31.5
		50	27	27.5
扁 藻	饵料密度 (万个/毫升)	2	10	4.5
		5	7	5
		10	9	3.5
		20	4	2

显的影响, 蚤 I 幼体发育至蚤 II 幼体的适宜钙质角毛藻和叉鞭金藻浓度分别为 $10\sim 30 \times 10^4$ 个/毫升, 当藻类浓度低于 5×10^4 个/毫升或高于 50×10^4 个/毫升时, 幼体的变态率明显降低。扁藻的适宜浓度为 $2\sim 5 \times 10^4$ 个/毫升, 当其浓度高于 20×10^4 个/毫升时, 幼体的变态率也明显下降。

讨 论

(一) 饥饿对幼体的存活与发育的影响

近年来, 饥饿对甲壳类幼体存活与发育的影响已有许多报道, 但多偏重于短尾类幼体^[8,9,20,23], 有关虾类幼体的报道却很少。本文研究表明了饥饿对近缘新对虾幼体的变态同样存在“ PNR_{100} ”即饥饿超过 20 小时(水温 28°C), 尽管后来喂以够量的适宜饵料, 幼体也未能变态, 相似的现象见诸于其它甲壳类幼体^[8-10,19,20,23]。McConagha 认为 PNR_{100} 可能代表蛋白质破坏超过有机体能够修补的阈值^[19], *Hyas araneus* 幼体 I 期经 8 天的饥饿消耗组织蛋白 52%, 脂肪减少却只有 15.4%^[8], 可见组织蛋白的破坏与饥饿有明显的关系。在短于 PNR_{100} 阈值内, 饥饿明显导致发育时间的延长, 本研究表明了饥饿时间和幼体的变态时间呈显著的线性相关, 又一次证明了一些作者的观点^[20,23]。

甲壳类幼体在营养贮存饱和点 PRS 后不再依赖摄食, 仍能正常变态已有报道^[9,10,19,23], 在 PRS₅₀ 和 PRS 间称为“ D_0 阈”^[10], 意味着 50% 幼体能正常变态而不再依赖摄食, 而另 50% 幼体仍需进一步摄食才会正常变态, 因此, 在“ D_0 阈”内, 仍要注意提供足够的适宜饵料。

(二) 幼体和后期幼体对轮虫和卤虫无节幼体的摄食

幼体发育过程中的摄食率变化, 反映出幼体发育各阶段营养和能量的需求, 近缘新对虾幼体从蚤 II 幼体开始具有摄食轮虫的能力, 与 *Penaeus kerathurus* 蚤 II 阶段开始捕食轮虫相同^[28], 而印度对虾 *P. indicus* 却从蚤 I 就已能捕食轮虫^[15]。不同的轮虫密度, 幼体的摄食率显著不同, 而当轮虫密度达到一定值, 幼体的日摄食量达到最高值。此现象在其它虾类也较为普遍^[18,21]。轮虫密度太稀, 幼体较难摄食, 未能获得足够的维持幼体发育、生长所需的能量, 而处于摄食不足的半饥饿状态, 对幼体发育、生长不利。

虽然一些作者认为, 虾幼体对轮虫的摄食获得较少的能量, 需要在蚤 III 阶段投喂卤虫无节幼体来补充摄食能量的不足^[15]。而新对虾属的近缘新对虾却与对虾属的虾类不同, 在蚤状和糠虾阶段都未能捕食卤虫无节幼体, 却能摄食轮虫而获得较高的摄食量和能量。如蚤 III 为 1.38 ± 0.16 焦耳/天; 糠 II 幼体为 2.85 ± 0.77 焦耳/天; 糠 III 幼体为 3.28 ± 0.16 焦耳/天, 比对虾属的印度对虾高^[15]。再者轮虫含有较高含量的高度不饱和脂肪酸(如 20:5w3 和 22:5w3 等)^[18], 因此投喂轮虫配合单胞藻培养近缘新对虾幼体, 可取得良好的培养效果。

Gopalakrishnan 等在卤虫无节幼体为 1~3 个/毫升下培养 *P. marginatus* 幼体, 获得了最好存活率^[17], Emmerson 以 5 个/毫升卤虫无节幼体培养印度对虾, 效果良好^[14]。

由此,我们在5个/毫升的密度下,研究了近缘新对虾幼体和后期幼体的摄食率变化,结果表明了近缘新对虾与对虾属的幼体对卤虫无节幼体摄食情况^[15,17,28]明显不同,其在后期幼体第3天后才具备捕食卤虫无节幼体,而对虾属的幼体多在蚤II阶段就会捕食。Chu等研究了新对虾属的另一种即刀额新对虾(*M. ensis*)也有类似的报道^[13]。因此,用卤虫无节幼体培养近缘新对虾的蚤状幼体和糠虾幼体,均未取得成功。

(三) 幼体的食性及饵料

对虾幼体存活率的高低与饵料有密切的关系,适宜的饵料应考虑到饵料的大小、形态、密度、营养及可捕性^[9]和易培养性诸因素。从我们实验选用饵料看,钙质角毛藻(5~7 μ)、叉鞭金藻(5~7 μ)、扁藻(11~16 μ)、小球藻(3~5 μ)、轮虫(70~250 μ)等大小上,均适宜于近缘新对虾幼体,螺旋藻细胞群体偏大,但经组织绞肉机绞碎后,小片段(50 μ 左右)大小也适宜,卤虫无节幼体个体偏大,从摄食实验看,蚤状和糠虾幼体均未能摄入;形态上,扁藻和小球藻细胞壁太厚,尤其在幼体早期阶段,由于消化能力弱,不能完全消化,大便仍剩有细胞片断甚至完整细胞;营养上看,生物饵料是否适用幼体培养可能更取决于生物饵料所含脂肪酸适用性、维生素、微量元素等因素。查阅和我们实验相同或相近种、属的藻类的一般化学组成^[6,16,22,25-27],从中很难找出一般化学成份与幼体存活、发育的关系。雷其祥等比较了7种生物饵料培养斑节对虾,认为生物饵料的一般化学组成与幼体的生长、存活不相关^[9]。显然,藻类的一般化学组成随藻类的培养条件及生长阶段不同差异很大,且这种差异超过藻类本身引起^[25]。Parsons等研究了11种海洋浮游植物在相同理化条件培养下,不论大小及分类上的不同,其全体有机组成相同^[22]。而藻类的脂肪虽因光照、营养盐及其它条件不同而异,但脂肪酸的组成形式是一定的^[7]。一定的脂肪酸组成形式尤以20:5w3和22:6w3的高度不饱和脂肪酸含量的高低,对幼体脱壳起重要作用^[6,12,18,20]。硅藻类的钙质角毛藻、骨条藻比扁藻、螺旋藻含有较高比例的20:5w3^[9,7,20],因而投喂幼体时,幼体的变态、存活率比扁藻、螺旋藻较高。

饵料的混合投喂比单一投喂好,其营养上得到了互补,许多作者证实了这个观点。^[18]

参 考 文 献

- [1] 刘瑞王等,1986.南海对虾类,161—168.农业出版社(京)。
- [2] 闵信爱,1987.南海北部的新对虾.海洋渔业,(1):6—10。
- [3] 林瑞才等,1991.近缘新对虾成熟精子的超微结构.台湾海峡,10(3):195—197。
- [4] 曾文阳,1986.海产虾类人工繁殖学(应用篇),117—152.前程出版社(台湾)。
- [5] 湛江水产专科学校主编,1979.海洋饵料生物培养,40—134.农业出版社。
- [6] 雷其祥、苏惠美,1985.草虾苗以不同饵料喂饲时之生长及生存率.台湾水产学会杂志,12(2):54—69。
- [7] Ackman, R. C., et al., 1968. Marine phytoplankton fatty acids. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 28(8): 1608—1620.
- [8] Anger, K. & K. K. C. Nair, 1979. Laboratory experiments on the larva developemnt of *Hyas araneus* (Decapoda, Mijidae). *Helgolander Wiss Maeres*, 32: 36—54.
- [9] Anger, K. et al., 1981. Effects of early stravation periods on zoeal development of brachyuran crabs. *Biol Bull.*, 161: 199—212.
- [10] —, 1984. Energetics, molt cycle, and ecdysteroid titers in spider card (*Hyas araneus*) larvae starved after the Do threshold. *Mar. Biol.*, 94: 367—375.

- [11] Chu, K. H. *et al.*, 1986. Feeding behavior of the shrimp *Metapenaeus ensis* on *Artemia* nauplii. *Aquaculture*, **58**: 175—184.
- [12] Corbin, D. E. *et al.*, 1983. Lobster nutrition. In "CRC Handbook of Mariculture, Vol. I. Crustacean Aquaculture" (edited by J. P. Mc Vey and J. R. Moore) CRC press, Florida, 413—423.
- [13] Corbin, J. S. *et al.*, 1983. Feeding practices and nutritional consideration for *Macrobrachium rosenbergii* culture in Hawaii In "CRC Handbook of Mariculture, Vol. I. Crustacean Aquaculture" (edited by J. P. Mc Vey and J. R. Moore) CRC press, Florida, 319—412.
- [14] Emmerson, W. D., 1980. Ingestion, growth and development of *penaeus indicus* larvae as a function of *Thalassiosira weissflogii* cell concentration. *Mar. Biol.*, 391—412.
- [15] —, 1984. Predation and energetics of *Penaeus indicus* (Decapoda, Penaeid) larvae feeding on *Brachionus plicatilis* and *Artemia* nauplii. *Aquaculture*, **38**: 201—209
- [16] Epifanio, C. E., 1979. Growth in bivalve molluscs nutritional effects of two or more species of algae in diet fed to the American oyster *Crassostrea virginica* and the hard clam *Merceyria mercenaria* (L.), *Aquaculture*, **18**: 1—12.
- [17] Gopalakrishnan, K., 1976. Larval rearing of red shrimp, *penaeus marginatus* (Crustacea). *Aquaculture*, **9**: 145—154.
- [18] Liao, I. C. *et al.*, 1983. Larval foods for penaeid prawns. In "CRC Handbook of Mariculture, Vol. I. Crustacean Aquaculture" (edited by J. P. McVey & J. R. Moore), CRC press, Florida, 43—69.
- [19] McConaughy, J. R., 1982. Regulation of crustacean morphogenesis in larvae of the mud crab, *Rhithropanopeus harrisi*. *J. Exp. Zool.*, **223**: 155—163.
- [20] McConaughy, 1985. Nutrition and larval growth. "In "Crustacean Issue 2, Larval growth" (edited by Adrian, M. W.) A. A. Balkema publishers, 127—154.
- [21] Omori, M., 1979. Growth, feeding, and mortality of larval and early postlarval Stages of the oceanic shrimp *Sergestes similis* Hansen. *Limnol. Oceanogr.*, **24**(2): 273—288.
- [22] Parsons, T. R. *et al.*, 1961. On the chemical composition of eleven species of marine phytoplanktons. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **18**: 1001—1016.
- [23] Paul, A. J. & J. M. Paul, 1980. The effect of early starvation on later feeding success of king crab zoeae. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **44**: 247—251.
- [24] Pillay, K. K & N. B., Nair, 1971. The annual reproductive cycles of *Uca annulipes*, *Portunus retalicus* and *Metapenaeus affinis* (Decapoda: Crustacea) from the southwest coast of India. *Mar. Biol.*, **11**: 152—166.
- [25] Shiffrin, N. S. & S. W. Chisholm, 1981. Phytoplankton lipids, interspecific difference and effects of nitrate, silicate and light-dark cycles. *J. phycol.*, **17**: 374—384.
- [26] Tobias-Quinitio, E. *et al.*, 1982. Growth, survival and macronutrient composition of *Penaeus monodon* Fabricius larvae fed with *Chaetoceros calcitrans* and *Tetraselmis chuii*. *Aquaculture*, **29**: 253—260.
- [27] Watanabe, T. *et al.*, 1983. Nutritional values of live organisms used in Japan for mass propagation of fish: a review. *Aquaculture*, **34**: 115—143.
- [28] Yufera, M. *et al.*, 1984. Zooplankton ingestion and feeding behavior of *Penaeus kerathurus* larva reared in the laboratory. *Aquaculture*, **12**: 217—224.

STARVATION, FEEDING BEHAVIOR AND FOOD OF LARVAE (POSTLARVAE) OF *METAPENAEUS AFFINIS*

Lin Ruicai

(Xiamen Department of Fisheries Administration, 361005)

Zhou Lianzheng and Zhang Jingbiao

(Third Institute of Oceanography of SOA, Xiamen 361005)

ABSTRACT The paper dealt with the effect of early period of starvation on the larvae of *M. affinis*, the relationship between the starvation time and metamorphosis time of the larvae, predation and energetics of larvae and postlarvae feeding on *Artemia nauplii* and *Brachinous plicatilis* and suitable food and food density for different stages of larvae.

The significant effect of starvation on the development and metamorphosis of larvae was observed in the laboratory. The relationship between the metamorphosis time of zoeal-I larvae (Dt, hour) and the starvation time (t, hour) could be described as: $Dt = 36.88 + 1.37t$ ($r = 0.996$). At temperature 28°C, the PNR-100 (point of no return) for zoeal-I larvae was about 20 hours, PNR-50 about 12 hours, PRS (point of reserve saturation) about 32 hours, PRS-50 about 20-24 hours. Zoeal-II larvae began to ingest the rotifer *B. plicatilis* and the ingestion rate was found to increase with progressive increase of larvae development, reached a peak during mysis-III larvae stage, then declined at PLI. Rotifer density being 30 cells/ml, the maximum ingestion rate was obtained. When the rotifer density was 10 cells/ml, the larvae's energy ingestion was 0.45, 0.38, 0.73, 0.58, 0.55 and 0.63 time as much as the maximum energy ingestion, respectively, during ZII, ZIII, MI, MII, MIII and PL I larvae stages. Both zoea and mysis larvae couldn't ingest *Artemia nauplii*. Postlarvae-III began to ingest. The daily ingestion and its relationship with the temperature were also studied.

Chaetoceros calcitrans, *Dicraterria zhangjiangensis* and their combination with *Platymonas subcordiformis* were all suitable food for Zoeal-I larvae. The metamorphosis rate would be obviously developed when the larvae were fed on the combination of *C. calcitrans*, with *B. plicatilis* or with *Spirulina* sp. from zoeal-II to mysis-I stage. The combination microalgae such as *C. calcitrans*, *D. zhangjiangensis* and *P. subcordiformis* were also suitable to culture the larvae from zoeal-I to mysis-I stage. Single fed on *D. zhangjiangensis* or *P. subcordiformis*, the zoea larvae couldn't develop satisfactorily to mysis stage. But fed on *P. subcordiformis* at later stage of zoea larvae, the better survival of larvae developing to mysis stage could be obtained. At

the stages of MI to PL I, the best survival and metamorphosis were obtained when the larvae fed on the combination of *C. calcitrans* with *B. Plicatilis* among the test food organisms. The larvae could also develop well only fed microalgae in combination of *C. calcitrans* with *D. zhangjiangensis* and *P. subcodiformis*. The suitable concentrations of microalgae for culturing Zoeal-I larvae were: *C. calcitrans* and *D. zhangjiangensis* 10×10^4 — 30×10^4 cells/ml, *P. subcodiformis* 2×10^4 — 5×10^4 cells/ml.

KEYWORDS *Metapenaeus affinis*, larvae (postlarvae), starvation, feeding behavior, food

一九九三度《现代渔业信息》杂志征订通知

九十年代是信息时代,信息是智慧、是力量、是生产力。科技期刊是普及和提高科学技术知识、交流生产技术经验、推广科学技术成果、探讨学术问题。引入竞争机制、开拓外向型渔业经济,为科技、教育、生产工作者以及各级领导通报渔业信息,启发思路、开阔其视野均需要现代渔业信息。

《现代渔业信息》杂志系农业部主管、中国水产科学研究院东海水产研究所主办和农业部东海区渔政局、上海市海洋渔业公司、大连海洋渔业总公司、福建省海洋渔业公司、江苏省水产局、南昌市水产局、江苏省海洋渔业公司、福州制冷设备公司、福州市渔业机械厂、舟洋渔业合营公司、福建省闽东渔场指挥部泉州市闽洋渔业开发有限公司、国际渔业交流服务中心以及上海市郊区渔业指挥部等十七个单位协办的一本供全国农、林、水系统各级领导、高等院校教师、科技人员以及生产单位工作者参阅的渔业科技综合性信息刊物(月刊)。

本刊向国内外公开发行,报道的主要内容侧重于国外渔业生产、水产科学技术的新动态、新工艺、新材料和新方法等信息;同时报道国内渔业生产、科技及教育等方面进展动态。九十年代是信息时代,对您单位或个人及时了解国外渔业发展动向、掌握国内外水产科学发展趋势,特别是对各级领导正确决策、科研人员开阔思路、院校教师更新教材以及生产单位技术改造、引入竞争机制等均有参考价值。

欲订者,每本1.10元(包括邮费),全年12期,共计13.20元。请将款通过邮局直接寄往:上海市军工路300号中国水产科学研究院东海水产研究所《现代渔业信息》杂志编辑部发行部。叁拾元以上请信汇,帐号为上海市杨浦区工商银行办事处222—08900575。

国内统一刊号:CN311465公开发行 邮政编码:200090

《现代渔业信息》杂志编辑部

一九九二年七月