

卤虫无节幼体的营养强化对黑斑口虾蛄 (*Oratosquilla kempii*)幼体发育的影响*

王春琳¹ 尹飞¹ 宋微微¹ 王武²

(宁波大学生命科学与生物工程学院 宁波 315211; 上海水产大学生命科学与技术学院 上海 200090)

¹ (宁波大学生命科学与生物工程学院 宁波 315211)

² (上海水产大学生命科学与技术学院 上海 200090)

提要 用扁藻、酵母、“鱼油+酵母”强化和“不强化”4种方式处理的卤虫无节幼体投喂黑斑口虾蛄各期幼体,比较不同强化方法对黑斑口虾蛄幼体成活率、变态率、生长速度及总脂与脂肪酸组成的影响。结果表明,3种方式强化12h后的卤虫无节幼体与对照组相比,总脂含量都有不同程度的增加。卤虫无节幼体的脂肪酸组成与强化方式密切相关,其中“鱼油+酵母”强化的卤虫无节幼体 20:5n-3(EPA)和 22:6n-3(DHA)占总脂肪酸的比例最高,分别为 5.74%和 4.84%。投喂强化后富含 EPA 和 DHA 的卤虫无节幼体,可增加黑斑口虾蛄幼体体内脂肪酸尤其是 EPA 和 DHA 等不饱和脂肪酸的含量,从而提高其幼体的成活率、变态率与发育速度。

关键词 黑斑口虾蛄,幼体,营养强化,总脂,脂肪酸

中图分类号 S968.2

饵料中脂类和脂肪酸含量的增减可以影响甲壳动物体中相应成分的变化(翁幼竹等,2001),动物体中不同的脂肪酸含量与其成活率和抗逆性的强弱有较大关系(戴子坚等,2002)。目前甲壳动物虾蟹类育苗采用的生物饵料中,脂类、EPA和DHA的含量较低,这在很大程度上影响了虾蟹幼体的正常发育,从而造成虾蟹类育苗生产中不稳定局面。所以,人们通常用饵料营养强化的方式来提高虾蟹类幼体的脂类和脂肪酸含量。

国内外有关甲壳类中虾蟹类脂类营养需求的研究有一些报道(翁幼竹等,2001;Montano *et al.* 1996;Johan *et al.* 1994;Watanabe *et al.* 1983),但对甲壳动物虾蛄类幼体脂类营养需求的研究未见报道。作者通过投喂不同强化方式的卤虫无节幼体,研究黑斑口虾蛄幼体对脂类营养的需求,找出其幼体营养状况与饵料营养的关系,从而提高幼体培育成活率、变态率与抗逆能力,为黑斑口虾蛄生产性育苗的饵料投喂提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 黑斑口虾蛄各期幼体及培育

黑斑口虾蛄(*Oratosquilla kempii*)亲体取自浙江省三门湾,选取已交配、性腺发育成熟、体长为10—14cm的雌性个体放养于铺有20cm海泥的水泥池中,定时投喂新鲜鱼虾肉。待幼体孵化出膜后另池培育,幼体由同一批亲体孵化而来,分为4组,每组设3个平行。第二相虾蛄幼体放养密度为20个/L,投喂2个/ml的卤虫幼体,实验时间为25—28天;第三相虾蛄幼体放养密度为3个/L,投喂2个/ml的卤虫幼体,实验时间为7—10天。实验时间为2004年6月17日—7月23日。实验期间每天换水1/3,水温为21—26℃,盐度为23.56。

1.2 卤虫幼体的强化培养

分别用扁藻(1×10^4 个/ml)(B组)、100%高糖面包酵母(20mg/L)(C组)和“70%酵母+30%鱼油”(20mg/L)(D组)强化卤虫无节幼体12h,A组为对照组。将各组卤虫用150目筛绢网

* 国家农业科技成果转化资金项目,02EFN213310651号;浙江省自然科学基金资助项目,302442号;浙江省教育厅重点项目,20040898号;浙江省新世纪151人才工程基金,2005。王春琳,教授,博士,E-mail:wangchunlin@nbu.edu.cn
收稿日期:2004-12-26,收修改稿日期:2005-03-28

取出过滤, 冲洗后分别投喂给相应的黑斑口虾蛄幼体。实验期间, 水温为 21—26℃, 盐度为 23.56, 光照强度为 1500—2000 lx, 充气。

1.3 黑斑口虾蛄体长、成活率与变态率测定

每 4 天测量一次幼体全长。实验结束时, 计算其幼体成活率与变态率。

1.4 总脂的提取

收集强化 12h 后的各组卤虫无节幼体和黑斑口虾蛄各期幼体样品, 用 Folch 程序提取总脂 (Folch *et al.* 1957)。减压使有机溶剂挥发, 于 4℃ 冰箱中保存。

1.5 脂肪酸测定

用毛细管气相色谱法分析脂肪酸含量, 所用气相色谱仪为 Agilent 6890 系列气相色谱系统, 分析条件为分流进样系统; 脂肪酸标准样品购自 Sigma 公司, 脂肪酸的定量采用峰面积归一化法确定。

1.6 数据分析与统计方法

$$\text{幼体成活率}(\%) = \frac{\text{计数时存活的幼体数}}{\text{实验始放的幼体数}} \times 100\%$$

$$\text{幼体变态率}(\%) = \frac{\text{计数时已变态的幼体数}}{\text{计数时存活的幼体数}} \times 100\%$$

日均增长率 $I_L = (L_T - L_0) / (L_0 \times T) \times 100\%$
式中, I_L : 增长率, L_0 、 L_T : 实验开始、结束时黑斑口虾蛄各期幼体平均全长, T : 实验天数。

$$\text{脂肪含量}(\%) = \frac{\text{脂肪干重}}{\text{组织干重}} \times 100\%$$

所有百分数经反正弦转换后, 以一元方差分析 (One-way analysis of variance) 和 Duncan 法进行多重比较。以上统计分析在 SPSS 11.5 for Windows 环境下进行。

2 结果

2.1 饵料营养强化对黑斑口虾蛄幼体成活率、变态率和生长的影响

投喂不同强化剂培养的卤虫无节幼体, 黑斑口虾蛄幼体的成活率和变态率都有不同程度的提高, 其顺序依次为 $A < B < C < D$ ($P < 0.05$)。同时, 用营养强化后的卤虫无节幼体投喂黑斑口虾蛄各期幼体, 可促进虾蛄幼体的生长。经分析, A、C 两组幼体之间平均体长差异不显著 ($P > 0.05$), B 组和 D 组幼体增长显著 ($P < 0.05$), 其日增长率分别为 10.09% 和 10.52% (表 1)。

表 1 营养强化对黑斑口虾蛄幼体成活率、变态率及其生长的影响

Tab 1 The influence of nutritional enrichment on survival, metamorphosis rate and growth of *O. kenpi* larvae

组别	第二相至第三相幼体		第三相幼体至仔虾蛄		平均体长 (mm)		I_L (%)
	成活率 (%)	变态率 (%)	成活率 (%)	变态率 (%)	开始时	结束时	
A	11 ± 1.7 ^d	52 ± 3.1 ^c	47 ± 6.3 ^b	65 ± 3.5 ^c	3.16 ± 0.08 ^a	13.68 ± 0.32 ^c	9.25 ± 0.51 ^b
B	22 ± 3.1 ^c	60 ± 7.5 ^{bc}	49 ± 2.0 ^b	71 ± 3.7 ^c	3.14 ± 0.11 ^a	14.55 ± 0.38 ^b	10.09 ± 0.59 ^a
C	29 ± 4.6 ^b	67 ± 5.4 ^b	56 ± 8.6 ^b	81 ± 6.9 ^b	3.13 ± 0.10 ^a	13.89 ± 0.25 ^c	9.55 ± 0.43 ^b
D	43 ± 2.9 ^a	87 ± 7.2 ^a	73 ± 5.0 ^a	89 ± 8.0 ^a	3.14 ± 0.09 ^a	15.03 ± 0.80 ^a	10.52 ± 0.72 ^a

注: 表中数据为平均值 ± 标准差; 同一行数据标注的上标不同者, 表示差异显著 ($P < 0.05$)。下同

2.2 营养强化对卤虫无节幼体及黑斑口虾蛄幼体总脂的影响

D 组强化的卤虫幼体总脂含量最高, 占干重的 20.68%, 与其他各组卤虫幼体有显著差异 ($P < 0.05$)。C 组、B 组和 A 组三组差异不显著 ($P > 0.05$)。比较可知, 第三相幼体的总脂含量与投喂的卤虫无节幼体的总脂含量正相关, 其总脂含量高低依次为 D 组、C 组、B 组和 A 组 ($P < 0.05$), 与相应卤虫组的总脂含量高低顺序一致。仔虾蛄的总

脂含量也与投喂饵料卤虫无节幼体总脂含量相对应, C、B、A 三组总脂差异不显著 ($P > 0.05$), D 组最高, 与其他组差异明显 ($P < 0.05$) (表 2)。

2.3 营养强化对卤虫无节幼体脂肪酸组成的影响

比较表 3 四组不同方式强化培养后的卤虫无节幼体脂肪酸组成可知, 其脂肪酸含量差异明显。A 组的 C16:0 和 C18: (1+2+3) 含量很高, 而 EPA 和 DHA 含量很低。B 组的 C14:0、C16:

1 ω 7, C18: (1+ 2+ 3)和 C20: 4 ω 6等脂肪酸含量均高于 C组。B, C两组的 EPA 和 DHA 含量均较 A 组有明显提高。D组的 C16: 0和 C18: (1+ 2+

3)的含量远低于 A 组, 但其 DHA 含量最高, EPA 的含量是 A 组的两倍多。另外, 除了 A 组外其他各组的 EPA /DHA 差别不大, 在 1. 08—1. 19。

表 2 营养强化对卤虫幼体及黑斑口虾蛄幼体总脂的影响

Tab 2 Influence of TL of *Artemia* nauplii and larvae of *O. kempfi* after the nutritional enrichment

组 别	总脂含量 TL(干重%)		
	卤虫无节幼体	虾蛄第三相幼体	仔虾蛄
A	13.09 ± 1.97 ^b	9.24 ± 0.62 ^c	6.59 ± 0.40 ^b
B	13.66 ± 2.83 ^b	9.83 ± 0.32 ^{bc}	6.87 ± 0.47 ^b
C	15.78 ± 2.15 ^b	10.90 ± 1.45 ^{ab}	6.96 ± 0.39 ^{ab}
D	20.68 ± 1.62 ^a	12.17 ± 0.42 ^a	7.66 ± 0.33 ^a

表 3 不同强化培养条件下卤虫幼体的脂肪酸组成

Tab 3 Fatty acid compositions of *Artemia* nauplii cultivated in different enrichment formats

脂肪酸	组 别			
	A	B	C	D
C14: 0	0.54 ± 0.08 ^a	0.78 ± 0.11 ^a	0.62 ± 0.35 ^a	0.46 ± 0.14 ^a
C16: 0	9.48 ± 0.24 ^a	8.32 ± 0.34 ^{ab}	8.41 ± 0.33 ^{ab}	7.62 ± 1.30 ^b
C18: 0	5.72 ± 0.41 ^c	7.51 ± 0.08 ^b	7.88 ± 0.27 ^b	8.68 ± 0.40 ^a
C16: 1 ω 7	3.59 ± 0.37 ^a	3.31 ± 0.24 ^{ab}	2.10 ± 0.60 ^c	2.74 ± 0.42 ^{bc}
C18: (1+ 2+ 3)	66.70 ± 9.10 ^a	62.02 ± 9.56 ^{ab}	58.68 ± 4.52 ^{ab}	55.14 ± 4.65 ^b
C20: 1	1.37 ± 0.06 ^a	1.06 ± 0.19 ^{ab}	1.11 ± 0.63 ^{ab}	0.59 ± 0.10 ^b
C22: 1	—	—	—	6.75 ± 0.20 ^a
C20: 4 ω 6	1.64 ± 0.10 ^a	1.27 ± 0.23 ^a	0.61 ± 0.29 ^b	0.64 ± 0.20 ^b
C20: 5 ω 3(EPA)	2.11 ± 0.53 ^c	2.71 ± 0.17 ^{bc}	3.15 ± 0.41 ^b	5.74 ± 0.54 ^a
C20: 3 ω 3	2.33 ± 0.50 ^c	3.08 ± 0.14 ^b	4.54 ± 0.18 ^a	2.76 ± 0.25 ^{bc}
C22: 6 ω 3(DHA)	—	2.29 ± 0.37 ^c	2.93 ± 0.44 ^b	4.84 ± 0.25 ^a
EPA/DHA		1.18	1.08	1.19

注: —表示未检出。下同

2.4 饵料营养强化对黑斑口虾蛄各期幼体脂肪酸的影响

用四种方法强化培养后的卤虫无节幼体分别投喂刚变态成的第二相幼体、第三相幼体, 培育变态至第三相幼体、仔虾蛄, 该第三相幼体、仔虾蛄的脂肪酸组成见表 4 表 5。从表 4 并比较表 3 可知, 虾蛄幼体的脂肪酸组成在一定程度上受饵料卤虫脂肪酸组成的影响。各组虾蛄幼体 C18: 0 和 EPA 含量高低顺序与对应各组卤虫无

节幼体中的排列顺序相一致, 虽然各组卤虫无节幼体之间 C18: 0 和 EPA 相差很大, 但各组虾蛄幼体之间的差异不显著 ($P > 0.05$)。投喂 D 组卤虫无节幼体的黑斑口虾蛄幼体 DHA 最高 (22.68%), 这显然与投喂的饵料含有较多的 DHA 有关 (4.84%)。

虾蛄幼体摄食各组卤虫后, 各组虾蛄幼体间饱和和脂肪酸差异并不显著 ($P > 0.05$), Σ SFA 含量在 B 组中最高, A 组最低。E 组是取自生产性育苗池中

摄食混合饵料的虾蛄幼体, 其 C18: (1+ 2+ 3) 和 Σ MUFA 的含量高于前四组, 但其 EPA 和 DHA 含量在各组中并不是最高, Σ PUFA 含量最低 ($P < 0.05$)。

由表 5 可知, 各组仔虾蛄 DHA 含量依次为 $D > C > B > A$ ($P < 0.05$), 但 D 组 EPA 含量却在

各组中最低 ($P < 0.05$); 摄食混合饵料的 E 组幼体 EPA 的含量明显高于其他各组 ($P < 0.05$), 而其 DHA 含量却相对较低。A 组 Σ MUFA 的含量最高 ($P < 0.05$), B 组 Σ SFA 含量最高 ($P < 0.05$), D 组 Σ PUFA 的含量最高 ($P < 0.05$)。

表 4 投喂不同卤虫无节幼体的第三相黑斑口虾蛄幼体脂肪酸组成

Tab 4 Fatty acid composition of the third phase larvae of *O. kempfi* fed with differently-enriched *Artemia* nauplii

脂肪酸	第三相幼体				
	A	B	C	D	E
C14: 0	1.59 ± 0.13 ^a	2.00 ± 0.04 ^a	1.60 ± 0.12 ^a	1.74 ± 0.16 ^a	1.61 ± 0.04 ^a
C16: 0	12.26 ± 1.21 ^a	14.33 ± 0.80 ^a	13.32 ± 1.71 ^a	14.37 ± 1.00 ^a	13.51 ± 1.51 ^a
C18: 0	7.24 ± 0.87 ^a	7.65 ± 0.61 ^a	7.63 ± 1.19 ^a	7.86 ± 0.25 ^a	7.29 ± 0.51 ^a
Σ SFA	21.09 ± 1.47 ^a	23.98 ± 0.34 ^a	22.55 ± 2.98 ^a	23.97 ± 1.36 ^a	22.41 ± 1.55 ^a
C16: 1 ω 7	1.52 ± 0.07 ^d	1.69 ± 0.29 ^{cd}	2.02 ± 0.15 ^{bc}	2.55 ± 0.10 ^a	2.27 ± 0.31 ^{ab}
C18: (1+ 2+ 3)	28.62 ± 1.04 ^b	30.72 ± 2.53 ^{ab}	30.63 ± 2.29 ^{ab}	30.89 ± 2.39 ^{ab}	33.40 ± 2.48 ^a
C22: 1	4.30 ± 0.26 ^a	—	3.38 ± 0.12 ^b	—	2.00 ± 0.54 ^c
Σ MUFA	34.44 ± 0.75 ^{ab}	32.41 ± 2.84 ^b	36.03 ± 2.50 ^{ab}	33.44 ± 2.50 ^{ab}	37.67 ± 3.34 ^a
C20: 4 ω 6	12.38 ± 1.07 ^{ab}	12.33 ± 1.96 ^{ab}	12.18 ± 0.73 ^{ab}	12.74 ± 0.21 ^a	10.04 ± 1.91 ^b
C20: 5 ω 3	3.10 ± 0.19 ^a	3.14 ± 0.12 ^a	3.26 ± 0.14 ^a	3.54 ± 0.36 ^a	3.44 ± 0.36 ^a
C22: 6 ω 3	18.71 ± 0.98 ^b	19.87 ± 1.12 ^b	15.95 ± 1.66 ^c	22.68 ± 0.94 ^a	17.86 ± 0.51 ^{bc}
Σ PUFA	38.16 ± 1.94 ^{bc}	35.34 ± 0.86 ^b	31.39 ± 2.63 ^c	34.99 ± 0.90 ^a	31.06 ± 2.55 ^c
EPA/DHA	0.17	0.16	0.20	0.16	0.19

注: Σ SFA 为饱和脂肪酸含量总和; Σ MUFA 为单不饱和脂肪酸含量总和; Σ PUFA 为多不饱和脂肪酸含量总和。
表 5 同

表 5 投喂不同卤虫无节幼体的黑斑口虾蛄仔虾蛄脂肪酸组成

Tab 5 Fatty acid composition of the infant of *O. kempfi* fed with differently-enriched *Artemia* nauplii

脂肪酸	仔 虾 蛄				
	A	B	C	D	E
C14: 0	1.88 ± 0.22 ^a	1.82 ± 0.22 ^a	1.69 ± 0.16 ^{ab}	1.61 ± 0.40 ^{ab}	1.02 ± 0.35 ^b
C16: 0	14.09 ± 2.05 ^a	14.98 ± 1.61 ^a	14.04 ± 1.08 ^a	13.69 ± 1.03 ^a	12.93 ± 1.30 ^a
C18: 0	9.03 ± 1.42 ^a	8.28 ± 0.51 ^{ab}	7.47 ± 0.44 ^b	7.64 ± 0.63 ^{ab}	7.14 ± 0.49 ^b
Σ SFA	25.00 ± 1.75 ^{ab}	25.08 ± 1.07 ^a	23.20 ± 0.99 ^{abc}	22.94 ± 0.95 ^{bc}	21.09 ± 0.57 ^c
C16: 1 ω 7	3.03 ± 0.81 ^a	2.53 ± 0.09 ^{ab}	2.35 ± 0.44 ^{ab}	1.66 ± 0.28 ^b	2.68 ± 0.36 ^a
C18: (1+ 2+ 3)	30.16 ± 2.01 ^a	31.63 ± 1.83 ^a	30.57 ± 1.80 ^a	31.34 ± 1.73 ^a	28.48 ± 1.70 ^a
C22: 1	1.81 ± 0.14 ^a	—	—	—	0.75 ± 0.75 ^b
Σ MUFA	35.00 ± 2.79 ^a	34.16 ± 1.94 ^a	32.92 ± 1.59 ^a	33.00 ± 1.86 ^a	31.91 ± 1.77 ^a
C20: 4 ω 6	17.59 ± 0.66 ^a	14.83 ± 0.77 ^b	9.86 ± 1.03 ^c	11.76 ± 1.28 ^c	11.11 ± 1.86 ^c
C20: 5 ω 3	3.57 ± 0.39 ^{ab}	3.39 ± 0.08 ^{ab}	3.43 ± 0.45 ^{ab}	3.30 ± 0.34 ^b	4.16 ± 0.58 ^a
C22: 6 ω 3	9.13 ± 0.45 ^c	14.87 ± 1.34 ^b	22.17 ± 1.68 ^a	22.22 ± 2.12 ^a	15.27 ± 0.52 ^b
Σ PUFA	30.29 ± 0.60 ^c	33.09 ± 1.23 ^{bc}	35.46 ± 1.59 ^{ab}	37.28 ± 0.95 ^a	33.73 ± 3.05 ^c
EPA/DHA	0.39	0.23	0.15	0.15	0.27

3 讨论

3.1 卤虫幼体的营养价值

有研究指出,甲壳动物常规生物饵料的脂类营养不足,特别是 $n-3$ 长链多不饱和脂肪酸的 EPA 和 DHA 的含量较低 (Rodríguez *et al* 1996, Watanabe *et al*, 1983; Millamena *et al*, 1988); 本实验对照组卤虫的 EPA 只有 2.11%, 而 DHA 未检测到。不同产地的卤虫在营养方面有很大差别 (陈立新等, 1996; 刘俊英等, 1999; 曾庆华等, 2001), 本实验卤虫原产地为俄罗斯, 总脂含量为 13.09%。

本实验卤虫无节幼体经 12h 强化后与对照组卤虫幼体相比总脂含量都有不同程度的增加。藻类组卤虫幼体总脂含量与对照组差异不显著 ($P > 0.05$), 主要原因是扁藻中脂类含量较低。卤虫幼体吸收鱼油等乳化液的方式除了直接摄食外, 也可通过体表吸收, 故用鱼油强化的 D 组卤虫幼体总脂含量有显著增加 ($P < 0.05$), EPA 和 DHA 的含量也有较大程度提高, 达到了强化营养目的。

3.2 饵料脂肪酸组成与含量对黑斑口虾蛄幼体脂肪酸的影响

甲壳动物体内一般不能或很少能合成 EPA 和 DHA 等必需脂肪酸 (Kanazawa *et al* 1985; Chapells *et al*, 1984), 这必须从饵料中获得。研究表明, 用富含长链多不饱和脂肪酸的饵料或生物饵料投喂幼体, 可以增加其长链多不饱和脂肪酸含量并能够提高成活率和变态率 (翁幼竹等, 2001; 邱小琼等, 2004; 戴子坚等, 2002; 成永旭等, 1998)。本实验中用鱼油强化的卤虫幼体投喂黑斑口虾蛄幼体后, 得到了与前人相似的结果; 虾蛄幼体摄食较高含量的 $n-3$ PUFA 后, 可大量减少基础代谢过程中的能量消耗, 大部分能量能用于其生长发育。

摄食未强化组、藻类组卤虫幼体的第三相幼体和仔虾蛄的成活率在各实验组中相对较低 (第三相幼体分别为 11%、22%; 仔虾蛄分别为 47%、49%), 其原因除了 EPA 和 DHA 的含量较低外, 还可能是这两组饵料中的 C18 含量高之故 (未强化组为 66.70%, 藻类组为 62.02%)。

3.3 饵料中 EPA/DHA 比率对黑斑口虾蛄幼体发育和存活的影响

DHA 对 EPA 的比值是决定饵料质量好坏的关键因素 (郑乐云, 2004)。生物膜磷脂中含有适

当比例的 EPA 和 DHA 也有利于生长发育, 反之则会导致海水仔稚鱼活力下降及死亡率增高 (Rodríguez *et al*, 1997; 严正凜等, 1994)。这是因为 EPA 阻止花生四烯酸 C20:4 $n-6$ (ARA) 生成前列腺素。郑乐云 (2004) 的实验也说明了饵料中 DHA 比 EPA 对点带石斑鱼幼鱼生长更为重要。本实验中, 第三相幼体 D 组的 EPA 和 DHA 含量都是最高的, 分别为 3.54% 和 22.68%, 但其 EPA/DHA 在各组中最低为 0.16, 仔虾蛄 C 和 D 组的 EPA/DHA 都为 0.15 在各组中也最低, 而 A 组仔虾蛄 EPA 和 DHA 含量最低, 分别为 3.57% 和 9.13%, 但其 EPA/DHA 则高达 0.39, 是 D 组卤虫的 2 倍多。D 组幼体具有较高的成活率, 也进一步印证了以上结论。所以通过鱼油强化不但可提高卤虫体内 EPA 和 DHA 的含量, 而且也能调整 EPA/DHA 的比例, 对于提高黑斑口虾蛄幼体成活率、变态率和发育速度非常有利。

参 考 文 献

- 成永旭, 严生良, 王武等, 1998 饲料中磷脂和多不饱和脂肪酸对中华绒螯蟹大眼幼体育成仔蟹的成活率和生长的影响. 水产学报, 22(1): 9—15
- 刘俊英, 罗键, 郑绵平, 1999 西藏拉果错卤虫 - 2 营养成分. 湖泊科学, 11(3): 283—288
- 邱小琼, 周洪琪, 曾庆华等, 2004 营养强化的轮虫、卤虫对牙鲆仔鱼的成活、生长及体脂肪酸组成的影响. 水产科学, 23(2): 4—8
- 陈立新, 葛国昌, 1996 我国若干地区所产卤虫卵及幼虫的主要营养成分. 海洋通报, 15(3): 19—27
- 严正凜, 曾文德, 江宏等, 1994 EPA, DHA 在海产仔稚鱼中的营养作用. 福建水产, (2): 54—60
- 郑乐云, 2004 不同饵料对点带石斑鱼幼鱼生长、存活的影响. 台湾海峡, 23(3): 341—346
- 翁幼竹, 李少菁, 王桂忠等, 2001 锯缘青蟹幼体饵料的营养强化. 水产学报, 25(3): 227—231
- 曾庆华, 周洪琪, 黄旭雄等, 2001 我国六个产地卤虫初孵无节幼体的营养价值. 上海水产大学学报, 10(3): 213—217
- 戴子坚, 蔡春芳, 丁磊等, 2002 卤虫的营养强化及其对罗氏沼虾幼体培养的影响. 水利渔业, 22(5): 1—3
- Chapells S, Zwingelstein G, 1984 Phospholipids composition and metabolism of Crustacean gills as related to changes in environmental salinities relationship between Na⁺K⁺-ATPase activity and phospholipids Comp Biochem Physiol 78B: 363—372

- Floch J, Lees M, Sbane Stanley G H, 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Biol Chem*, 226: 497—509
- Johan V, Johan C, Helmut S, 1994. The effect of low HUFA and high HUFA-enriched *Artemia*, fed at different feeding levels on growth, survival, tissue fatty acids and liver histology of *Clarius gariepinus* larvae. *Aquaculture*, 126: 137—150
- Kanazawa A, Teshima S, Sakamiti M, 1985. Effects of dietary lipids and phospholipids on growth and survival of prawn *Penaeus japonicus*. *Aquaculture*, 50: 39—49
- Millanena O M, Bambeo R F, Jumabon N A, 1988. Effects of various diets on the nutritional value of *Artemia* sp as food for the prawn *Penaeus monodon*. *Mar Biol*, 98: 217—221
- Montano M, Navaro J C, 1996. Fatty acid of wild and cultured *Penaeus vannamei* larvae from Ecuador. *Aquaculture*, 142: 259—268
- Rodriguez C, Perez J A, 1996. Improvement of nutritional value of rotifer by varying the type and concentration of oil and enrichment period. *Aquaculture*, 147: 93—105
- Rodriguez C, Perez J A, Diaz M *et al*, 1997. Influence of the EPA/DHA ratio in rotifers on gilthead seabream *Sparus aurata* larval development. *Aquaculture*, 150: 77—89
- Watanabe T, Kitajima C, Fujita S *et al*, 1983. Nutritional value of live organisms used in Japan for mass propagation of fish—a review. *Aquaculture*, 34: 115—143

INFLUENCE OF NUTRITION-ENRICHED ARTEMIA NAUPLII ON DEVELOPMENT OF ORATOSQUILLA KEMPI LARVAE

WANG Chun-Lin, YIN Fei, SONG Weiwei, WANG Wu

(Faculty of Life Sciences and Biotechnology, Ningbo University, Ningbo 315211; Faculty of Life Sciences and Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090)

* (Faculty of Life Sciences and Biotechnology, Ningbo University, Ningbo 315211)

** (Faculty of Life Sciences and Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090)

Abstract This study evaluated the effects of nutrition-enriched *Artemia* nauplii on larval development of *Oratosquilla kempfi*. *Artemia* nauplii were fed with four different formulas: algae-enriched, yeast-enriched, fish oil (30%) + yeast (70%) -enriched and unenriched (the control) and then to feed *O. kempfi* larvae. Survival rate, growth rate, total lipids and fatty acid compositions of *O. kempfi* larvae were analyzed for the four groups.

The results showed that there were significant differences in total lipid among the four *Artemia* nauplii groups of feeding them. The lipid content and fatty acid composition in *O. kempfi* larvae varied with different larval cultures and showed a clear deviation from the natural pattern. The fish oil + yeast-enriched *Artemia* nauplii showed the highest content of total lipid ($P < 0.05$), and the highest level of 20:5n-3 and 22:6n-3 (EPA, eicosapentaenoic acid 5.74% of total fatty acids; DHA, docosahexaenoic acid 4.84% of total fatty acids), but the lowest EPA/DHA ratio (0.15), while the control group had the highest ratio. The influence of lipid composition of food on lipids in cultured larvae was clear. The control group had slower growth and higher death rate than enriched groups, which probably result from nutritional unbalance in fatty acid composition. It is clearly showed by this study that feeding with EPA and DHA riched *Artemia* nauplii would enhance the survival, metamorphosis and growth of *O. kempfi* larvae.

Key words *Oratosquilla kempfi* Larvae, Nutritional enrichment, Total lipids, Fatty acid