

三种藻类对中华绒螯蟹 I 期溞状幼体 培育效果的比较

沈和定 黄旭雄

(上海水产大学渔业学院, 200090)

摘要 对中华绒螯蟹 Z_1 幼体, 分别投喂微绿球藻、三角褐指藻、钝顶螺旋藻粉, 培育3天后, 测定各试验组幼体变态成活率、发育期及水质状况。结果表明, 虽然微绿球藻组幼体发育期较其他组延长 $23.5\text{h} \pm 5.5\text{h}$, 但培育效果优于其他两组, 其适宜的使用浓度为 $50 \sim 200 \times 10^4/\text{mL}$ 。在自然海水及消毒海水中, 适宜浓度的藻类对中华绒螯蟹 Z_1 幼体的变态成活率无明显影响。净化稳定水质的能力以微绿球藻组为好, 能抑制有害藻类过度繁殖, 提高 Z_1 幼体的变态成活率, 微绿球藻不失为中华绒螯蟹 Z_1 幼体的一种良好饵料, 值得推广使用。

关键词 微绿球藻, 三角褐指藻, 钝顶螺旋藻, 中华绒螯蟹 Z_1 幼体, 变态成活率

中图分类号 S963.2

在中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*) (俗称河蟹) 的人工育苗过程中 I 期溞状幼体(以下简称 Z_1) 变态为 II 期溞状幼体(以下简称 Z_2) 的变态成活率较低, 是影响该苗种生产的难题之一。 Z_1 幼体所需的植物性饵料, 单细胞藻类的种类及数量是影响变态成活率高低的一个因素。目前生产上一般采用肥水的方法培育自然海水中的单细胞藻类, 以满足河蟹溞状幼体的饵料需要。而自然繁育天然藻类的方法由于受天气状况、育苗时间、藻类的种类和水质等因素的影响, 往往很难满足 Z_1 幼体对单细胞藻类的需求。只能用豆浆、蛋黄、酵母等人工饵料来补充, 水质较难控制, 或因藻类繁殖过度水色过肥, 造成 Z_1 至 Z_2 的变态率成活率低, 育苗效果不理想。孙成渤[1990]、杨振久等[1993]和张三龙等[1994]等对河蟹育苗生产中幼体的基础饵料作了一些研究, 其中关于 Z_1 幼体期的单细胞藻类的培育均只采用肥水的方法。对虾蟹幼体饵料效果较好的生物饵料有硅藻类的角毛藻、骨条藻、三角褐指藻及金藻类中的等鞭金藻、叉鞭金藻等, 由于这些藻类大多为高温种类较难培养且容易污染、老化。而绿藻类虽然较易进行大规模培养, 但由于其细胞壁较厚、不易被虾蟹幼体所消化吸收, 一直只被用作轮虫的饵料, 直接用作虾蟹幼体饵料的研究极少。本文根据多年的经验和调研的结果, 选择在河蟹育苗生产季节中较易培养、细胞壁较薄的微绿球藻(*Nannochloropsis oculata*)、三角褐指藻(*Phaeodactylum tricoruytum*) 和市售的钝顶螺旋藻(*Spirulina platensis*) 粉作比较试验。为解决河蟹 Z_1 幼体对藻类的需要提供参考。

1 材料与方 法

1.1 藻类使用

微绿球藻、三角褐指藻的藻种由上海水产大学饵料生物实验室提供。藻类培养过程中的消毒和管理按藻类培养操作规程。单细胞藻类在使用前三天内不施加营养盐,且避免采用污染及老化的种藻,以免对幼体造成不良影响。钝顶螺旋藻粉为市售的商品螺旋藻类。鲜活单细胞藻类按试验要求一次投入,该藻粉每日用量6mg/L,据幼体密度适当增减,分6次投喂。

1.2 不同浓度的微绿球藻对河蟹 Z_1 幼体变态成活率的影响

试验容器为5L的广口瓶,水浴控温,用小气泵连续充气。海水经200目的筛绢过滤,盐度为28,其中加入5mg/L的EDTA二钠盐。试验所用的 Z_1 幼体取自在2小时内排放出来的幼体池中,排放结束后的6小时内开始试验。 Z_1 幼体的起始密度均为 30×10^4 个/ m^3 ,瓶内幼体总数为1500尾,按试验设计接种微绿球藻。采用7个不同浓度组的微绿球藻和一个对照组(投喂干酵母和蛋黄颗粒)进行比较,至 Z_1 第3天起各试验组投喂少量蛋黄颗粒或少量轮虫,至第4天有80%以上的 Z_2 出现时统计 Z_1-Z_2 的变态成活率。试验期间水浴温度由20℃逐渐上升到22℃。试验期间不加换水,试验重复进行两次。

1.3 自然海水中三种藻类对河蟹 Z_1 幼体饵料效果的比较

试验用 Z_1 幼体取自刚放散不久的育苗池中,试验在50L的白色塑料桶中进行,用电热棒直接加温,控温仪控制试验水温在20~22℃,连续充气, Z_1 幼体的密度为每立方水体 25×10^4 个,分别投喂3种藻类。 Z_1 后期添加少量蛋黄颗粒及轮虫。试验开始时桶内水量为40L,第2天起每天添加或更换10L等温海水,第4天 Z_1 幼体基本上变态为 Z_2 时统计 Z_1-Z_2 的变态成活率。所用海水盐度为22,经200目的筛绢过滤后使用。海水内施加5mg/L的EDTA二钠盐和1mg/L的土霉素。试验重复2次,试验结果为2次数据的算术平均值。

1.4 三种藻类对河蟹 Z_1 幼体饵料效果的生产性试验

选用18个正常容积为32 m^3 的育苗池和28个正常容积为20 m^3 的育苗池进行试验,试验期间海水盐度为22。 Z_1 幼体的密度为每立方水体 $10 \times 10^4 \sim 30 \times 10^4$ 个。 Z_1 后期投喂适量蛋黄颗粒及少量轮虫或少量卤虫无节幼体。钝顶螺旋藻粉每日按6mg/L,分6次投喂。试验期间水温为20~22℃,早期每日添加部分等温海水, Z_1 期间基本不换水。多点取样计算幼体密度,求出池内幼体总数并分别统计 $Z_1 \sim Z_2$ 的变态成活率。

1.5 消毒海水中三种藻类对河蟹 Z_1 幼体饵料效果的生产性试验

试验使用15个24 m^3 水体的育苗池,试验用海水为新鲜的自然海水经漂粉精或强氯精消毒后无余氯的上层澄清水,海水盐度为24。 Z_1 幼体密度为每立方水体 $10 \times 10^4 \sim 25 \times 10^4$ 个。分3组分别投喂微绿球藻、三角褐指藻、钝顶螺旋藻粉。 Z_1 第3天投喂部分蛋黄、人工配饵和刚孵或濒死卤虫无节幼体。试验期间不断镜检观察幼体的摄食、活动情况,幼体变态状况和病害情况,据投饵0.5h后饱食幼体的比例及时增减饵料量。至池中有80%以上的幼体变态为 Z_2 时统计 Z_1 —

Z_2 的变态成活率。

1.6 数据测量和统计分析

单细胞藻类的密度由血球计数板测得,定期对每个样品进行测定,取二次测得的平均值作为藻类的密度数据。水体的 pH 值用 PHB-2型 pH 计进行测定,每日上午8点和下午3点各测定一次。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 值用纳氏法测定, COD 测定用碱性高锰酸钾法,每日一次。河蟹幼体的密度测定为:小容器中取二次样本的平均数,育苗池采用5点取样法,然后求其密度的平均值,并根据实际水体测算出池内的幼体数。取样计数后的幼体均放回原容器或原幼体池内。待80%以上的 Z_1 幼体变态为 Z_2 时,统计试验水体中的幼体总数作为 Z_2 幼体数。应用方差分析和多重比较(Q法)进行差异显著性检验。

2 结果

2.1 微绿球藻作为河蟹 Z_1 幼体基础饵料的效果

表1 不同浓度的微绿球藻对河蟹 Z_1 - Z_2 变态成活率的影响

Tab. 1 Effect of metamorphosis and survival rate of Z_1 to Z_2 at different concentrations of *Nannochloropsis oculata*

组别	对照组	1	2	3	4	5	6	7
浓度($\times 10^4$ /mL)	0	20	50	100	200	300	400	500
Z_1 幼体变态成活率(%)	40	59.5	82	86	81	50	40	36
平均变态成活率(%)	40.5	60.0	85.2	87.1	83.0	50.0	42.0	37.1

试验结果见表1,分析表明,水体中的微绿球藻浓度过高或过低都不利于河蟹 Z_1 幼体的发育变态。藻类过少,幼体的适口饵料得不到满足,人工代用饵料蛋黄等的饵料效果较差,幼体变态成活率较低为40.5%。藻类密度过高时由于本身代谢产物的抑制和毒害,河蟹 Z_1 幼体的变态成活率反而呈下降趋势,生产上常采用控制光照、泼洒豆浆等方法以防止 pH 值过高,避免 Z_1 幼体的大量死亡。不同浓度组间的幼体变态成活率差异极显著($p < 0.01$)。但 50×10^4 /mL 组、 100×10^4 /mL 组、 200×10^4 /mL 组间幼体的变态成活率无明显差异($p > 0.05$),且变态成活率较高,可见 Z_1 幼体期微绿球藻合适的使用浓度为 $50 \sim 200 \times 10^4$ /mL。

2.2 三种藻类对河蟹 Z_1 幼体培育效果的比较

试验发现,三角褐指藻组的幼体变态成活率较高且 Z_1 幼体变态整齐,变态时间也较正常,三角褐指藻是 Z_1 幼体较好的基础饵料。而微绿球藻组的 Z_1 幼体的变态时间较三角褐指藻组的延长(23.5 ± 5.5)h。试验期间微绿球藻组育苗水体的 pH 值始终维持在 8.1~8.5 之间的正常范围内, $\text{NH}_4\text{-N}$ 值在 0.19~1.0mg/L 之间, COD 值在 20mg/L 以下,而钝顶螺旋藻粉组的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 值最高达 1.47mg/L, pH 值由于使用代用饵料后在 7.8~8.6 之间,下降较多。虽均未超过育苗水质指标,但钝顶螺旋藻粉组需严格控制饵料量,不然很容易出现因水质恶化而逐渐死苗甚至全部死亡的现象。试验发现,在育苗池的小生态系中,微绿球藻使水呈淡绿色,环境比较稳定,三角褐指藻使水带褐色,通常不太稳定。试验过程中还发现无毒性的活体单胞藻在水

体中占有绝对的种群优势,能够防止其它有害细菌增殖,维持水体的生态平衡,防止病害发生。三角褐指藻组在苗池水温 22°C 之前水质指标均在正常范围内,但当水温上升到 23°C 左右三角褐指藻死亡后,水瘦透明度大,pH 值低,易诱发链壶菌类的真菌病害。试验中各浓度组间幼体的变态成活率有极显著差异($p < 0.01$)。钝顶螺旋藻粉组与三角褐指藻 $20 \times 10^4/\text{mL}$ 组的幼体变态成活率无显著差异($p > 0.05$)。三角褐指藻 $50 \times 10^4/\text{mL}$ 组与三角褐指藻 $20 \times 10^4/\text{mL}$ 组有极显著差异($p < 0.01$),这可能与增投人工饵料量不同有关。微绿球藻 $120 \times 10^4/\text{mL}$ 组、 $70 \times 10^4/\text{mL}$ 组与三角褐指藻 $20 \times 10^4/\text{mL}$ 组之间也有明显的差异($p < 0.05$)。而三角褐指藻 $50 \times 10^4/\text{mL}$ 组,微绿球藻 $70 \times 10^4/\text{mL}$ 组, $120 \times 10^4/\text{mL}$ 组与钝顶螺旋藻组间无明显差异($p > 0.05$)。

表2 微绿球藻、三角褐指藻、钝顶螺旋藻对河蟹 Z_1 幼体培育效果的比较

Tab. 2 Comparison of three species microalgae on metamorphosis and survival rate of the first stage larvae of chinese mitten crab

藻类	微绿球藻	微绿球藻	微绿球藻	三角褐指藻	三角褐指藻	钝顶螺旋藻
浓度($\times 10^4/\text{mL}$)	5	70	120	20	50	6mg/L
Z_1 幼体变态成活率%	50	86	85	80	89	84
	51.4	88.8	87	80.2	91.2	86
变态速度	一般	较慢	较慢	较快	较快	较快
平均变态成活率(%)	50.7	87.4	86.0	80.1	90.1	85.0

2.3 育苗池中生产性试验结果

试验结果表明,6个试验组之间的幼体变态成活率有极显著差异($p > 0.01$),除微绿球藻 $350 \times 10^4/\text{mL}$ 组与各饵料组间的幼体变态成活率有极显著差异外($p > 0.01$),其他各组间幼体的变态成活率无明显差异($p > 0.05$),具体见表3。

表3 育苗池中三种藻类作为河蟹 Z_1 幼体基础饵料的效果比较

Tab. 3 Effect of three species microalgae as basic food at different concentrations in rearing the first stage larvae of the crab in large pools

藻类	三角褐藻	三角褐指藻	微绿球藻	微绿球藻	微绿球藻	钝顶螺旋藻粉
试验池数	8	7	10	10	3	8
起始浓度($\times 10^4/\text{mL}$)	30	50	80	140	350	6mg/L
Z_1-Z_2 的变态成活率(%)	85.25 \pm 4.98	82.40 \pm 4.86	84.10 \pm 4.51	81.20 \pm 3.82	71.00 \pm 3.61	81.87 \pm 4.58

2.4 消毒海水中三种藻类对河蟹 Z_1 幼体培育效果的生产性试验结果

试验发现微绿球藻组、三角褐指藻组中水体清新爽洁,河蟹幼体活泼健壮,弹跳有力。镜检体表光洁未发现病害。试验结果列于表4,分析表明3个试验组之间的幼体变态成活率无显著差异($P > 0.05$),在消毒海水中微绿球藻、三角褐指藻和钝顶螺旋藻粉对 Z_1 幼体培育效果无显著差异,钝顶螺旋藻粉组的 Z_1 幼体变态前水质的 NH_4-N 值可达 1.4mg/L ,镜检 Z_1 幼体的背刺折断比例较其他两组高20%。

表4 三种藻类对河蟹 Z_1 幼体培育结果

Tab. 4 The effect of three microalgae on the metamorphosis and survival rate of mitten crab larvae I

藻类	微绿球藻	三角褐指藻	钝顶螺旋藻
试验池数	7	3	5
藻类浓度($\times 10^4$ /mL)	80	30	6mg/L
Z_1-Z_2 的变态成活率(%)	80.71 \pm 3.40	81.00 \pm 3.61	76.80 \pm 2.17

3 讨论

3.1 三种藻类的营养成分及使用技术

按照一般动物营养需要的规律,蛋白质:碳水化合物:脂类的最佳比例是4:3:1[Raymont 1980],河蟹幼体为45%:20%:6%(即7.5:3.3:1)[徐新章等 1990]。三种微藻的营养成分[Brown等 1997, Renaud和 Parry 1994, 易翠萍等 1998, 周洪淇等 1998],尽管在组成比例上与河蟹幼体的营养需求有一定的差距,但在各种营养成分的总量上,是能够满足水产动物生长发育的需要,都是较好的饵料品种,根据已知的各种微藻组成成分,参考动物的营养需求,选择两种或两种以上的微藻进行混合投喂,饵料效果可以得到更好的发挥[马志珍, 1992]。试验过程中也证实了两种藻类混合投喂的良好效果。影响幼体变态成活率很重要的因素是必需脂肪酸含量,微绿球藻、三角褐指藻均富含不饱和脂肪酸[周洪淇等 1998, 易翠萍等 1998]。单纯以浮游植物为饵料,在数量和质量上都不能满足蚤状幼体的营养需要。由于 Z_1 幼体个体小且消化系统不完善[堵南山等 1992],生产上可采用几种单胞藻混合投喂或在 Z_1 后期及时增投适量动物性饵料的方法,以改善单胞藻类的使用效果,提高河蟹 Z_1 幼体的变态成活率。

3.2 三种藻类对河蟹 Z_1 幼体的培育效果与消化率

微绿球藻的细胞壁极薄,幼年时看不到细胞壁,至成年、分裂时才清晰可见。三角褐指藻的细胞壁极薄而钝顶螺旋藻的细胞壁以半纤维素为主[陈明耀 1995]。试验过程中发现微绿球藻组 Z_1 幼体排出的粪便,镜检可以见到很多完整的藻类细胞,这与林瑞才等[1992]在中国对虾幼体中的结果相一致。姜新耀等[1998]的结果为在 500×10^4 /mL 的密度下, Z_1 幼体对微绿球藻的饵料利用率为38.71%,说明河蟹 Z_1 幼体对微绿球藻的消化率不高。而三角褐指藻组 Z_1 幼体排出的粪便中,镜检已见不到完整的藻类细胞,粪便呈金黄色,其消化效果较好。钝顶螺旋藻粉组 Z_1 幼体排出的粪便中,也很难见到完整的藻类细胞。资料显示[周鑫等 1995]其平均消化率为33.2%。虽然 Z_1 幼体对三种藻类的消化率不同,但试验结果显示藻类对河蟹 Z_1 幼体的培育效果并不与幼体对该藻类的消化吸收率相一致。因此需从幼体对藻类的消化吸收率,该藻类稳定、净化水质的能力、抑菌抑藻能力等各方面来综合评价一种藻类对河蟹幼体的培育效果。

3.3 三种藻类的易得性比较

三角褐指藻生长繁殖的合适温度为10~15℃,且容易污染老化。很难满足大规模生产的需要。育苗过程中当水温达到23℃左右时,很容易引起老化和死亡,而出现沉淀及上浮的现象,水质突然变清。此时易引起弧菌或真菌的繁殖生长,幼体容易出现大批死亡。有些育苗生产单位

采用高温育苗或在后期高水温期育苗过程中,此时 Z_1 期水温就高达 $23\sim 25^\circ\text{C}$,上述情况就更为严重。三角褐指藻不能起到既满足河蟹 Z_1 幼体的营养需要,同时又稳定育苗池水质的双重作用,这与赵乃刚[1988]的结果相一致。而微绿球藻生长繁殖的适宜温度较高,一般在 $10\sim 36^\circ\text{C}$ 的温度范围内都能迅速繁殖,其最适宜的温度在 25°C 左右[陈明耀 1995]。培养过程中不易被污染,也不易老化沉底,容易满足大规模生产的需求。育苗过程中即使当水温达到 25°C 时也不易产生沉淀老化现象,稳定水质的能力较强。幼体不会因为水质的突然变化而出现大批死亡的现象。购买饲料级纯顶螺旋藻粉的费用较培养三角褐指藻或微绿球藻低得多,也不失为河蟹育苗生产中的一种较好的饵料。

3.4 微绿球藻具有较强的稳定水质的能力

从实验结果可以看出,微绿球藻作为河蟹 Z_1 幼体的基础饵料培育效果良好。微绿球藻不易污染水体,且能吸收水体中的氨氮,起到净化水质的功能。COD, NH_4-N 较对照组为低。何家苑等[1996]试验结果发现,小三毛金藻从对数生长末期至稳定期产生毒素,此时期溶藻毒素活性最高。用一定浓度的微绿球藻能够竞争苗池水中赤潮生物的繁殖生长,防止有害藻类的过度生长,抑制其毒性的产生。大小规模的试验均证实,效果良好,能起到生物间的竞争和抑制,拮抗作用明显,有利于水质的良性循环和正常发展。幼体的变态成活率较高,育苗效果较好,尤其在用人工调配海水的育苗场更应选择微绿球藻等无毒性、抗污染、净化水质效果好的单细胞藻类作为育苗用藻。

3.5 合理安排人工饵料的投喂

试验中因为幼体的起始密度较低, Z_1 幼体早期仅靠摄食投入的单细胞藻类及其在池内生长繁殖的藻类就可以满足幼体生长的需要。当 Z_1 幼体阶段水体中的单细胞藻类浓度太高时不能过早过多地投喂人工饵料,不然藻类未能及时消耗会引起过度繁殖。藻类浓度过高,容易出现老化现象产生毒素引起幼体死亡。而采用布放高密度 Z_1 幼体的方法, Z_1 幼体的密度在 $50\text{万}/\text{m}^3$ 以上,单靠摄食水体中的单细胞藻类是远远满足不了幼体对饵料的需要,须及时追加单细胞藻类或人工饵料并及时加换水。从各期幼体消化道的生长率测定结果来看, Z_2 幼体消化道的生长特别快,推测与 Z_1 幼体体内残留丰富的胚胎营养有关,这些养料足以供幼体快速生长,因此人工育苗时,对 Z_1 幼体和 Z_2 幼体无需投喂过多的饵料[堵南山等 1992]。为了维持水体中单细胞藻类的数量平衡,育苗生产时不宜过早或过量投喂代用饵料或鲜活饵料。大规模的生产实践也证明,在新鲜的自然海水中,只要水体中有适量的基础饵料如单细胞藻类, Z_1 幼体变态为 Z_2 这个难关也是不难克服的。

3.6 鲜活微藻可降低重金属的毒性

在微藻渗出物中,最普遍的有机配体包括多糖,多酚,氨基酸,多肽和蛋白质[Langston 和 Bryan 1984]。一些微藻渗出物能有效地络合溶液中的某些重金属离子,从而减少细胞对其吸收,降低重金属毒性[Gnassia 等 1978, Fisher 和 Frood 1980]。因此育苗水体中保持一定浓度的活体单胞藻,有利于降低重金属离子的毒性,提高幼体的变态成活率。在自然海水重金属含量不高的海区使用微绿球藻、三角褐指藻等活体藻类培育蟹苗,可不用或少用 EDTA,节约育苗生产成本。作者已在生产性试验中收到了良好的效果。

3.7 微绿球藻的饵料效果应予再评价

藻类饵料效果的好坏,除了考虑微藻的一般特性(生长特性、营养价值等)以外,还应结合实际情况进行比较试验,才能筛选出适用于不同苗种生产需要的优良微藻饵料[马志珍1992]。主要应考虑到水产动物苗种生产中的温度范围。低温型微藻三角褐指藻在河蟹育苗中的饵料效果很不稳定,不适应育苗过程中的温度变化,引起藻类死亡影响水质变化是其主要原因。缺乏单细胞藻类培养条件的单位或自然海水中藻类不足时钝顶螺旋藻粉是一种较好的植物性饵料。以前认为在河蟹育苗中效果不好的微绿球藻,因其适应性强,在河蟹苗种生产中能形成稳定的藻群生态系,育苗效果较好。作者经多年的研究感到,对微绿球藻等绿藻类的饵料效果应给以再评价。

参 考 文 献

- 马志珍. 1992. 常用微藻饵料效果的综合评价. 现代渔业信息, (11):12~19
- 张三龙,徐德昆,王让绪等. 1994. 河蟹人工育苗幼体饵料的研究. 水产养殖, (1):24~27
- 孙成渤. 1990. 河蟹蚤状幼体饵料生物的控制和利用. 淡水渔业, (1):17~18
- 陈明耀(主编). 1995. 生物饵料培养. 北京:农业出版社. 29~30
- 何家苑,陈明惠,何振荣. 1996. 小定鞭藻毒素的分离与鉴定. 水生生物学报, 20(1):41~48
- 周鑫,何全源,宋迁红. 1995. 中华绒螯蟹蚤状I期幼体对钝顶螺旋藻的摄食率和消化率. 水产学报, 19(4):358~361
- 周洪琪,丁卓平,张旭日等. 1998. 微藻(三角褐指藻和牟氏角毛藻)饵料的研究. 上海水产大学学报, 17(增刊):323~331
- 杨振久,邹盛希,唐鹤鸣等. 1993. 河蟹人工半咸水育苗中幼体饵料生物的研究. 内陆水产, (8~9):13~15
- 林瑞才,周莲贞,张金标. 1992. 近缘新对虾幼体的饥饿、摄食和食性. 水产学报, 16(3):189~201
- 易翠萍,周洪琪,丁卓平等. 1998. 氮源及其浓度对微绿球藻生长、总脂肪含量及其脂肪酸组成的影响. 上海水产大学学报, 17(增刊):332~337
- 赵乃刚,堵南山,包祥生等. 1988. 河蟹的人工繁殖与增养殖. 合肥:安徽科技出版社. 193~196
- 姜新耀,周洪琪,易翠萍等. 1998. 中华绒螯蟹蚤状I期幼体对单胞藻的摄食与吸收. 上海水产大学学报, 17(增刊):297~302
- 徐新章,杨萍,廖志刚等. 1990. 微型饵料在河蟹育苗生产中的应用. 江西水产科技, (4):3~11
- 堵南山,陈炳良,赖伟. 1992. 中华绒螯蟹幼体消化系统发育的研究. 海洋与湖沼, 23(1):79~82
- Brown M R, Jeffrey S W, Volkman J K, et al. 1997. Nutritional properties of microalgae for mariculture. *Aquaculture* 151, 315~331
- Fisher N S, Froud L. 1980. Heavy metals and marine diatoms influence of dissolved organic compounds on toxicity and selection for metal tolerance four species. *Mar Biol*, 59:85~93
- Gnassia Barrelli M, Romeo M H, Laumond F, et al. 1978. Experimental studies on the relationship between copper complexes and their toxicity to phytoplankton. *Mar Biol*, 47:15~19
- Langston W J, Bryan G W. 1984. The relationship between metal speciation in the environment and bioaccumulation in aquatic organism. In "Complexation of Trace Metal in Natural Waters", Kramer C J and Duinker J C(Eds). Martinus Nijhoff/Junk Publishers, 375
- Raymont J E C. 1980. Plankton and productivity in the oceans (2nd edition), Vol. 1 Phytoplankton. 191~202. Pergamon press
- Renaud S M, Parry D L. 1994. Microalgae for use in tropical aquaculture I: Effect of salinity on growth, gross chemical composition and fatty acid composition of three species of marine microalgae. *Journal of Applied Phycology* 6:347~356.

**STUDY ON METAMORPHOSIS AND SURVIVAL RATE OF
ZOEAE I OF *ERIOCHEIR SINENSIS* FED
ON *NANNOCHLOROPSIS OCULATA*,
PHAEODACTYLUM TRICORNUTUM
AND POWDER OF *SPIRULINA PLATENSIS***

SHEN He-Ding, HUANG Xu-Xiong
(Fisheries College, SFU, 200090)

ABSTRACT Microalgae are the primary food source for the first stage (Z_1) of Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*. The paper dealt with the effects on the metamorphosis and survival rate of Z_1 of Chinese mitten crab of three species of microalgae *Nannochloropsis oculata*, *Phaeodactylum tricornutum* and the powder of *Spirulina platensis*. The result was revealed: (1) The metamorphosis and survival rate of Z_1 was significantly affected by the concentrations of microalgae in the media. 50×10^4 cells/mL to 200×10^4 cells /mL was the suitable density ($p > 0.05$). (2) In the sterile seawater, There was no significant difference ($p > 0.05$) in the metamorphosis and survival rate of Z_1 between the groups which fed with the three microalgae in its suitable density respectively. (3) The duration of Z_1 fed with *N. oculata* was prolonged 23.5 ± 5.5 hrs, but the difference can be eliminated by being fed simultaneously with egg yolk or other inert diets. (4) *N. oculata* could not only inhibit the toxin from red-tide but also stabilize the seawater quality in the pool more effectively than the others. *N. oculata* is a good food source in breeding the first stage larvae of Chinese mitten crab.

KEYWORDS *Nannochloropsis oculata*, *Phaeodactylum tricornutum*, *Spirulina platensis*, Zoea I of *Eriocheir sinensis*, metamorphosis and survival rate