

饲料脂肪水平对三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)幼蟹生长及体组成的影响*

韩 涛^{1,2} 王骥腾² 胡水鑫² 李新宇² 李荣华¹
母昌考¹ 王春琳¹ 余方平³ 史会来³

(1. 宁波大学海洋学院 宁波 315211; 2. 浙江海洋学院水产学院 舟山 316022;
3. 浙江省海水增养殖重点实验室 舟山 316100)

提要 采用单因素试验设计方法,进行了不同饲料脂肪水平对三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)幼蟹生长及体组成影响的研究。结果表明,低饲料脂肪水平(1.8%)组的增重率和特定生长率最低,饲料脂肪水平为 4.2%组的增重率和特定生长率最高。不同饲料处理对三疣梭子蟹蟹体的水分、粗蛋白和灰分含量无显著影响,饲料脂肪水平为 9.01%组蟹体的脂肪含量最高,饲料脂肪水平为 1.8%组的蟹体脂肪含量最低。饲料处理显著影响各处理组的性腺指数,饲料脂肪水平为 13.76%组的性腺指数最低。而不同饲料处理对各组的肝胰腺指数、壳宽、壳长和壳高无显著影响。本实验结果显示,4.2%—13.76%的饲料脂肪水平能满足三疣梭子蟹正常生长和发育所需。

关键词 三疣梭子蟹; 脂肪水平; 生长; 体组成
中图分类号 S963

三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)是全球梭子蟹渔业中最重要的品种之一,2011年的全球捕捞量达到 395495 吨(FAO, 2011)。在中国养殖的三种主要蟹类[三疣梭子蟹、锯缘青蟹(*Scylla serrata*)和中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)]中,三疣梭子蟹的养殖产量和面积居于首位,2010 年全国梭子蟹的养殖产量为 91050 吨(农业部渔业局,2011)。在养殖过程中,饲料花费占总成本的 70%左右,因此,制作满足养殖品种营养需求且廉价的饲料对于养殖的成功至关重要。由于市场没有专用的三疣梭子蟹配合饲料,这限制了三疣梭子蟹集约化养殖的发展。目前,三疣梭子蟹的养殖基本采用围塘养殖的方式,饵料大多采用鲜杂鱼,这种传统的投喂方式产生了诸多问题,如:饵料

系数高、水体环境污染严重,同时容易造成病害频发和存活率降低等。由于有较好的水中稳定性,人工配合饲料在生产运用中能很好地解决这些问题。一种配合饲料的成功应用,都必须以掌握这个物种的营养需求为前提(Bautista-Teruel *et al*, 2011),但目前有关三疣梭子蟹营养需求的报道极其有限。

脂类在甲壳动物营养方面扮演着重要角色,它为维持生物膜完整性和复杂功能提供物质和能量基础,并且是必需脂肪酸源(Conklin *et al*, 1980; Kanazawa *et al*, 1979, 1985; Teshima *et al*, 1986),脂类还担当着脂溶性维生素的储运功能(Watanabe, 1982)。一般甲壳动物饲料的脂肪需要量在 2%—10%之间,添加过量的脂肪会对甲壳动物的生长和存活产生不利的

* 浙江省水产育种专项,2012C12907-3 号;浙江省海水养殖重点科技创新团队项目,2010R50025-08 号;国家星火计划项目,2013GA701041 号,2013GA701002 号;浙江省教育厅科研计划项目,Y201225349 号;浙江省科技厅公益性技术应用研究项目,2013C32037 号,2013C31032 号;浙江省海洋与渔业局海洋经济和渔业新兴产业补助项目,2011 年;宁波市海洋蟹类产业科技创新团队项目,2011B81003 号;宁波市重大科技攻关计划项目,2013C11017 号;王宽诚基金资助。韩涛,博士研究生,讲师,goodhantao@gmail.com

通讯作者:王春琳,教授,E-mail:wangchunlin@nbu.edu.cn

收稿日期:2013-03-22,收修改稿日期:2013-05-31

影响, 并且会导致体内脂肪含量过高而有可能使得储存时间变短以及消费者接受程度降低(Andrews *et al.*, 1972; Forster *et al.*, 1973; Colvin, 1976; Cho *et al.*, 1985)。甲壳动物饲料中适宜脂肪水平是获取最大生长所必需。本实验旨在探讨饲料不同脂肪水平对三疣梭子蟹生长、存活及体组成的影响, 以期为三疣梭子蟹人工配合饲料的研制提供数据参考和科学依据。

1 材料与方法

1.1 饲料配制

设计 6 种等能等氮饲料(蛋白质水平约 44.6%), 饲料组成及营养成分见表 1。以脱脂白鱼粉作为蛋白源, 玉米淀粉作为糖源, 鱼油和豆油(2:1)作为脂肪

表 1 实验饲料配方及成分组成(%干物质)

Tab.1 Formulation and proximate composition of the experimental diets (% dry weight)

成分(g/100g)	实验饲料组					
	1	2	3	4	5	6
脱脂鱼粉	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
鱼油	0.0	1.6	3.2	4.8	6.4	8.0
豆油	0.0	0.8	1.6	2.4	3.2	4.0
玉米淀粉	27.0	21.6	16.2	10.8	5.4	0.0
牛磺酸	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
胆固醇	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
胆碱	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
褐藻酸钠	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
维生素 ¹⁾	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
矿物质 ²⁾	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
磷酸二氢钙	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
纤维素	0.0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0
成分组成(%湿重)						
水分	9.10	8.90	8.47	8.00	7.66	7.50
粗蛋白	44.54	44.75	45.00	44.67	44.35	44.56
粗脂肪	1.80	4.20	6.60	9.01	11.40	13.76
灰分	11.18	11.25	11.71	11.72	11.80	11.52
无氮浸出物(差值计算)	28.36	23.38	17.70	13.08	8.27	3.14
估算能量(MJ/kg) ³⁾	12.9	13.0	13.0	13.1	13.1	13.2

1) 维生素添加量(%): 硫胺素 B₁ 0.5; 核黄素 0.8; 烟酰胺 2.6; 生物素 0.1; 泛酸钙 1.5; 维生素 B₆ 0.3; 叶酸 0.5; 肌醇 18.1; 维生素 C 12.1; 维生素 K₃ 0.2; 对氨基苯甲酸 3.0; 维生素 B₁₂ 0.1; 维生素 A 2.5; 维生素 D₃ 2.5; 维生素 E 5; 纤维素 50.2。2) 矿物质(g/kg mixture): 磷酸二氢钙 122.87; 乳酸钙 474.22; 磷酸二氢钠 42.03; 硫酸钾 163.83; 硫酸亚铁 10.78; 柠檬酸铁 38.26; 硫酸镁 44.19; 硫酸锌 4.74; 硫酸锰 0.33; 硫酸铜 0.22; 氯化钴 0.43; 碘酸钾 0.02; 氯化钠 32.33; 氯化钾 65.75。3) 能量估算(MJ/kg) = (%粗蛋白 × 4) + (%粗脂肪 × 9) + (%糖水平 × 4)

源, 设计了 6 个脂肪添加水平(分别为 0%、2.4%、4.8%、7.2%、9.6%、12%, 设为饲料 1 组—6 组)。各种干原料(过 60 目筛)在混合机中充分混合 15min, 再先后添加油源和蒸馏水混合均匀后, 用双螺杆挤条机制成颗粒饲料, 50℃条件下烘干 24h 后放入-20℃冰箱待用。

1.2 养殖管理

养殖实验在浙江省海洋与水产研究所浙江省海洋增殖重点实验室进行。实验所用三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)幼蟹来自该所育苗场, 使用暂养饲料喂养 2 周。实验开始前, 挑选健康、规格一致的梭子蟹放入圆形塑料筐(底部直径 30cm, 高 40cm)中进行单独养殖, 以避免残杀, 所有养殖塑料筐均放置在一个水泥池中。放养幼蟹均重 18.0—18.22g, 每个处理 18 只蟹, 每种饲料重复 3 组。

养殖实验持续 8 周。每天投喂 2 次(6:00 和 18:00), 投饵量约为体重的 8%, 每 2 周称重一次, 调整投喂量。每天记录死亡和蜕壳的情况。实验期间, 每天换 15% 的池水, 水温 26—29℃, 水中溶氧 >7mg/L, pH 6.9—7.2, 盐度 26—29, 自然光照。整个过程没有出现水质和病害问题。

1.3 样品采集和分析方法

实验开始前, 禁食 24h, 取 12 只蟹冷冻保存在 -75℃超低温冰箱中用以分析初始蟹体成分。实验开始前和养殖结束后, 对养殖筐中的梭子蟹进行计数、称重和测量壳宽、壳长和壳高。养殖结束后, 每个平行随机抽取 2 只蟹用于全蟹体成分分析, 另取 2 只分别取出性腺和肝胰腺以计算性腺指数和肝胰腺指数。

1.4 计算公式

增重率(Weight gain)、特定生长率(Specific growth rate)、饲料转化率(Feed conversion ratio)、成活率(Survival)、肝胰腺指数(Hepatopancreas index)、性腺指数(Gland index)、壳长增加(Carapace length gain)、壳宽增加(Carapace width gain)和壳高增加(Carapace height gain)用以下公式求得:

增重率(WG%) = 100 × (终末均重 - 初始均重)/初始均重;

成活率 SR(%) = 100 × 终末只数/初始只数;

特定生长率 SGR(%) = 100 × (ln 终末体质量 - ln 初始体质量)/实验天数;

饲料转化率(FCR) = 摄入干饲料的量/(终末体质量 - 初始体质量);

性腺指数(GSI) = 100 × 性腺重量/体重;

肝胰腺指数(HI) = 100 × 肝胰腺重量/体重;

壳长增加(CLG) = 100 × (终末壳长 - 初始壳长)/
初始壳长;

壳宽增加(CWG) = 100 × (终末壳宽 - 初始壳宽)/
初始壳宽;

壳高增加(CHG) = 100 × (终末壳高 - 初始壳高)/
初始壳高;

采用国际标准方法分析饲料样品和全蟹的营养成分, 包括粗蛋白、粗脂肪、水分和灰分。水分含量用烘箱 105℃ 常压干燥法烘至恒重测定; 粗蛋白水平的测定用微量凯氏定氮法(总氮 × 6.25)(K-355/K438, BUCHI, Swiss), 总脂肪水平采用索氏抽提法测定(E-816, BUCHI, Swiss), 提取有机试剂为石油醚; 灰分水平用 550℃ 马福炉高温灼烧法。

1.5 数据分析

实验数据表示为平均值 ± 标准差, 采用 SPSS 11.5(SPSS, IL, USA)软件对数据进行统计学分析, 先对数据作单因素方差分析, 若有显著差异再进行 Duncan's 多重比较, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果

2.1 饲料脂肪水平对三疣梭子蟹幼蟹生长和饲料利用的影响

由表 2 可知, 在本次实验结果表明, 饲料中的脂肪水平对增重率和特定生长率存在显著影响($P < 0.05$); 饲料脂肪水平 1.8% 组的增重率和特定生长率值最低, 其余各组间不存在显著性差异, 其中饲料脂肪水平 4.2% 组的增重率和特定生长率值最高。饲料处理显著影响着饲料转化率($P < 0.05$), 饲料脂肪水平 4.2% 组的 FCR 值最低, 1.8% 组的 FCR 值最高, 2 组—6 组之间无显著性差异。各组之间的存活率也受到饲料脂肪水平的显著影响($P < 0.05$)。

2.2 饲料脂肪水平对三疣梭子蟹幼蟹肝胰腺指数、性腺指数、壳宽、壳长和壳高的影响

由表 3 可知, 饲料脂肪水平对三疣梭子蟹幼蟹的肝胰腺指数无显著影响; 性腺指数受饲料脂肪水平影响显著($P < 0.05$)。饲料脂肪水平 13.76% 组的性腺指数最低, 显著低于饲料脂肪水平 1.8%、6.6% 和 11.4% 组。本次实验中饲料处理对三疣梭子蟹幼蟹的壳宽、壳长和壳高的影响无显著性差异。

2.3 饲料脂肪水平对三疣梭子蟹幼蟹体组成的影响

表 4 的结果表明, 不同脂肪水平饲料显著影响着三疣梭子蟹幼蟹的蟹体脂肪含量($P < 0.05$), 脂肪水平 1.8% 和 4.2% 组蟹体脂肪含量显著地小于饲料脂肪水平 6.9%—13.76% 组, 但 3—6 组之间的蟹体脂肪含量无显著差异。饲料处理对各组蟹体的水分含量、粗蛋白含量和灰分水平无显著影响。

3 讨论

相互残杀是导致许多肉食性蟹类在养殖研究实验中高死亡率的主要原因之一。一般认为, 在甲壳动物研究中养殖存活率超过 80% 是较好的实验结果(Cuzon *et al*, 1997)。本次实验采用单养的方式, 避免了相互之间的残杀, 存活率在 50%—100% 之间。

不同甲壳动物之间因为种类的不同对于脂肪的利用差异很大。水产饲料中过高的脂肪会抑制水生动物的生长(NRC, 1983), 这可能是因为水产动物对于饲料中过高水平脂肪的消化和吸收能力有限, 导致摄食量减少, 过量的脂肪积累在肝脏和其它脏器可能产生代谢紊乱(Luo *et al*, 2005)。本试验结果显示, 低脂肪水平 1.8% 组的增重率显著低于其它各组($P < 0.05$), 这可能是由于可消化能供应不足或者是必需脂肪酸的缺乏, 导致生长受到抑制。这一现象在鱼类脂质营养研究中也经常见到。当鱼类饲料中脂肪水平

表 2 饲料脂肪水平对三疣梭子蟹幼蟹生长及饲料利用的影响

Tab.2 The effects of dietary lipid level on growth and feed utilization of juvenile swimming crabs

指标	实验饲料组					
	1	2	3	4	5	6
起始体重(g)	18.22 ± 1.17	18.00 ± 0.60	18.07 ± 0.62	18.22 ± 0.96	18.04 ± 0.67	18.22 ± 1.50
终末体重(g)	59.13 ± 6.69 ^a	82.34 ± 15.56 ^b	76.50 ± 4.33 ^{ab}	79.36 ± 8.55 ^{ab}	78.20 ± 16.77 ^{ab}	76.72 ± 5.17 ^{ab}
增重率(%)	222.80 ± 12.36 ^a	357.57 ± 46.69 ^b	314.74 ± 38.61 ^{ab}	337.93 ± 67.91 ^b	328.98 ± 92.72 ^{ab}	330.25 ± 46.10 ^{ab}
特定生长率(%)	2.06 ± 0.09 ^a	2.74 ± 0.21 ^b	2.50 ± 0.20 ^{ab}	2.61 ± 0.32 ^b	2.58 ± 0.42 ^b	2.57 ± 0.23 ^b
饲料转化率	2.66 ± 0.44 ^b	1.27 ± 0.37 ^a	2.05 ± 0.38 ^{ab}	1.77 ± 0.40 ^a	1.56 ± 0.53 ^a	1.83 ± 0.32 ^a
存活率(%)	77.78 ± 9.62 ^c	50.00 ± 0.00 ^a	72.22 ± 9.62 ^{bc}	66.67 ± 0.00 ^b	66.67 ± 0.00 ^b	100.00 ± 0.00 ^d

表中的值为平均数 ± 标准差($n=3$), 同一行中具不同字母标记的值表示差异显著($P < 0.05$)

表 3 饲料脂肪水平对三疣梭子蟹幼蟹肝胰腺指数、性腺指数、壳宽、壳长和壳高的影响
Tab.3 The effects of dietary lipid levels on juvenile swimming crabs hepatopancreas index, gland index, carapace width, carapace length and carapace height

指标	实验饲料组					
	1	2	3	4	5	6
肝胰腺指数(HI)	6.71 ± 0.58	5.51 ± 1.22	6.55 ± 0.8	6.44 ± 0.78	7.19 ± 1.44	6.60 ± 0.71
性腺指数(GSI)	0.21 ± 0.01 ^b	0.15 ± 0.04 ^{ab}	0.17 ± 0.07 ^b	0.13 ± 0.08 ^{ab}	0.21 ± 0.05 ^b	0.07 ± 0.02 ^a
壳宽						
起始壳宽 ICW(cm)	3.436 ± 0.089	3.436 ± 0.026	3.421 ± 0.025	3.438 ± 0.072	3.433 ± 0.033	3.438 ± 0.055
终末壳宽 FCW(cm)	5.339 ± 0.264	5.762 ± 0.310	5.434 ± 0.187	5.743 ± 0.153	5.556 ± 0.347	5.427 ± 0.142
壳宽增加 CWG(%)	55.20 ± 3.03	67.21 ± 8.18	57.34 ± 7.55	67.79 ± 6.99	60.84 ± 10.16	58.07 ± 5.57
壳长						
起始壳长 ICL(cm)	6.857 ± 0.153	6.863 ± 0.045	6.811 ± 0.053	6.871 ± 0.161	6.835 ± 0.075	6.854 ± 0.094
终末壳长 FCL(cm)	10.692 ± 0.460	11.487 ± 0.604	10.851 ± 0.444	11.475 ± 0.266	11.198 ± 0.467	10.801 ± 0.265
壳长增加 CLG(%)	55.69 ± 3.01	66.13 ± 8.29	57.83 ± 7.48	67.13 ± 8.12	62.50 ± 7.18	57.75 ± 4.89
壳高						
起始壳高 ICH(cm)	1.769 ± 0.042	1.722 ± 0.027	1.709 ± 0.030	1.739 ± 0.039	1.729 ± 0.024	1.731 ± 0.012
终末壳高 FCH(cm)	2.770 ± 0.175	2.774 ± 0.142	2.683 ± 0.114	2.770 ± 0.087	2.723 ± 0.207	2.573 ± 0.066
壳高增加 CHG(%)	55.65 ± 5.75	63.14 ± 11.87	56.74 ± 6.56	59.65 ± 8.09	56.64 ± 11.58	48.61 ± 3.71

表中的值为平均数 ± 标准差(n=3), 同一行中具不同字母标记的值表示差异显著(P<0.05)

表 4 饲料脂肪水平对三疣梭子蟹幼蟹体组成的影响(% , 干重)
Tab.4 The effects of dietary lipid levels on whole body composition of juvenile swimming crabs (% , DW)

指标	实验饲料组					
	1	2	3	4	5	6
水分(%)	69.00 ± 0.45	70.90 ± 3.74	70.93 ± 1.90	71.99 ± 3.24	71.68 ± 3.08	70.50 ± 4.60
粗脂肪(%)	4.80 ± 0.87 ^a	4.86 ± 0.80 ^a	6.36 ± 0.63 ^b	7.58 ± 0.80 ^b	6.87 ± 0.83 ^b	7.20 ± 0.76 ^b
粗蛋白(%)	43.50 ± 3.64	40.10 ± 0.28	43.92 ± 4.88	44.60 ± 1.65	40.10 ± 3.98	40.48 ± 1.83
灰分(%)	31.85 ± 0.62	34.62 ± 0.59	34.71 ± 0.93	33.42 ± 1.73	33.19 ± 1.32	34.56 ± 2.70

表中的值为平均数 ± 标准差(n=3), 同一行中具不同字母标记的值表示差异显著(P<0.05)

不足, 导致生长抑制, 是因为鱼体无法获得足够的能量和必需脂肪酸源(L ó pez *et al*, 2009)以满足生长的需要。

无脂肪饲料会减少锯缘青蟹的蜕壳频率(Sheen *et al*, 1999)。甲壳动物的生长主要依靠蜕壳进行, 饲料中脂肪水平的减少会导致与蜕壳相关的甾醇类物质(如胆固醇和磷脂)的减少, 从而减少蜕壳频率, 抑制生长, 造成饲料系数的增加。

肝胰腺是甲壳动物脂类吸收、加工储存的主要器官(Teshima *et al*, 1998)。一般来说, 鱼类和甲壳动物的肝胰腺指数与其营养状态相关联(Sheen *et al*, 1999; Hern á ndez-Vergara *et al*, 2003), 肝胰腺指数在一定程度上反映了肝胰腺中脂肪和能量用于生长和蜕壳需求的情况, 并且被认为是一种慢性应激的指标(Jones *et al*, 1995)。本实验中三疣梭子蟹的肝胰腺指

数并不受饲料脂肪水平的影响, 低脂肪水平 1.8%组和较高脂肪水平 11.4%组的性腺指数最高, 而高脂肪水平 13.76%组的性腺指数最低, 饲料中过高的脂肪水平并没有在性腺中得到积累。甲壳动物的肝胰腺和性腺与脂肪运输是紧密联系的, 雌性红螯螯虾肝胰腺和肌肉中储存的脂肪需要在性腺发育时运送到卵巢供给卵巢或卵黄的发育(Harrison, 1990)。三疣梭子蟹在第二次卵巢发育期卵巢指数急速上升(姚桂桂等, 2007), 而肝胰腺指数并未发生显著性变化; 红螯螯虾在卵巢成熟期, 卵巢中脂肪动员更多的是依靠饲料中的脂肪而不是储存中肠腺的脂肪(Harrison, 1990)。

甲壳壳宽和壳长的增加也是衡量三疣梭子蟹生长的一个重要指标(Takeuchi *et al*, 1999), 在锯缘青蟹幼蟹的实验中发现, 在等蛋白的条件下, 随着饲料脂肪水平的增加, 甲壳的壳宽未出现显著性的差异

(Catacutan, 2002)。本实验的结果与其相似,说明三疣梭子蟹壳宽的增加受饲料脂肪水平变化的影响不显著。甲壳动物的甲壳宽度和长度的增加主要依靠蜕壳实现,影响蜕壳的因素除了受外源性营养物质的影响外,同时也受到水体环境,如无机盐等的影响,其中钙和磷的影响最为显著(Woll *et al*, 2006)。

饲料处理对三疣梭子蟹幼蟹体蛋白含量没有产生显著影响,这个结果与在锯缘青蟹和红螯螯虾实验中的结果类似(Sheen *et al*, 1999; Hernández-Vergara *et al*, 2003)。在罗氏沼虾幼虾实验中,虾体脂肪含量与饲料脂肪水平(0%—12%)呈正比例关系,凡纳滨对虾幼虾在不同盐度中,虾体脂肪含量随着饲料脂肪水平上升而增加(Zhu *et al*, 2009),但在本实验中这种对应关系并不明显。本实验中饲料脂肪水平 6.9%—13.76%组间的体脂肪含量没有显著性差异存在,说明饲料中过高的脂肪水平并没有在三疣梭子蟹幼蟹体内产生过多积累。

确定饲料中脂肪水平,需要考虑饲料脂肪的种类,蛋白质和能量水平等因素(NRC, 1993),当饲料中的脂肪能有效作为能量被利用时,有利于饲料中的蛋白质减少氧化,增加体蛋白的合成,同时减少有机物含氮废物的排放。在本实验条件下,4.2%—13.76%饲料脂肪水平可以满足三疣梭子蟹幼蟹的正常生长和生理需要。

参 考 文 献

- 农业部渔业局主编, 2011. 中国渔业年鉴. 北京: 中国农业出版社, 185
- 姚桂桂, 吴旭干, 杨筱珍等, 2007. 三疣梭子蟹的第二次卵巢发育规律. 动物学研究, 28(4): 423—429
- Andrews J W, Sick L V, Baptist G J, 1972. The influence of dietary protein and energy levels on growth and survival of penaeid shrimp. *Aquaculture*, 1: 341—347
- Bautista-Teruel M N, Koshio S S, Ishikawa M, 2011. Diet development and evaluation for juvenile abalone, *Haliotis asinina* Linne: Lipid and essential fatty acid levels. *Aquaculture*, 312: 172—179
- Catacutan M R, 2002. Growth and body composition of juvenile mud crab, *Scylla serrata*, fed different dietary protein and lipid levels and protein to energy ratios. *Aquaculture*, 208: 113—123
- Cho C Y, Cowey C B, Watanabe T, 1985. *Finfish Nutrition in Asia: Methodological Approaches to Research and Development*. Ottawa, Ontario. IDRC-233e, IDRC, Canada, 1—154
- Colvin P M, 1976. The effect of selected seed oils on the fatty acid composition and growth of *Penaeus indicus*. *Aquaculture*, 8: 81—89
- Conklin D E, D'Abramo L R, Bordner C E *et al*, 1980. A successful purified diet for the culture of juvenile lobsters: the effect of lecithin. *Aquaculture*, 21: 243—249
- Cuzon G, Guillaume J, 1997. Energy and Protein: Energy Ratio. In: D'Abramo L, Conklin D, Akiyama D ed. *Crustacean Nutrition Advances in World Aquaculture*, Vol. VI, World Aquaculture Society, USA, 51—70
- FAO, 2011. <http://www.fao.org/figis/servlet/SQServlet?ds=Capture&k1=SPECIES&k1v=1&k1s=2630&outtype=html>
- Forster J R M, Beard T W, 1973. Growth experiments with the prawn *Palaemon serratus* Pennant fed with fresh and compound foods. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (Great Britain). *Fishery Investigations Series II*, 27: 16
- Harrison K E, 1990. The role of nutrition in maturation, reproduction and embryonic development of decapod crustaceans: a review. *J Shellfish Res*, 9: 1—28
- Hernández-Vergara M P, Rouse D B, Olvera-Novoa *et al*, 2003. Effects of dietary lipid level and source on growth and proximate composition of juvenile redclaw (*Cherax quadricarinatus*) reared under semi-intensive culture conditions. *Aquaculture*, 223: 107—115
- Jones P, Austin C, Mitchell B, 1995. Growth and survival of juvenile *Cherax albidus* Clark, cultured intensively on natural and formulated diets. *Freshwater Crayfish*, 10: 480—493
- Kanazawa A, Teshima S I, Ono K C, 1979. Biosynthesis of fatty acids from acetate in the prawn, *Penaeus monodon* and *Penaeus merguensis*. *Mem Fac Fish Kagoshima Univ*, 28
- Kanazawa A, Teshima S I, Sakamoto M, 1985. Effects of dietary lipids, fatty acids, and phospholipids on growth and survival of prawn (*Penaeus japonicus*) larvae. *Aquaculture*, 50: 39—49
- López L M, Durazo E, Viana M T *et al*, 2009. Effect of dietary lipid levels on performance, body composition and fatty acid profile of juvenile white seabass, *Atractoscion nobilis*. *Aquaculture*, 289: 101—105
- Luo Z, Liu Y J, Mai K S *et al*, 2005. Effect of dietary lipid level on growth performance, feed utilization and body composition of grouper *Epinephelus coioides* juveniles fed isonitrogenous diets in floating netcages. *Aquacult Int*, 13: 257—269
- NRC (National Research Council), 1983. *Nutrient Requirements of Warmwater Fishes and Shellfishes*. National Academy Press, Washington DC, 102
- NRC (National Research Council), 1993. *Nutrient Requirement of Fish*. National Academy Press, Washington DC, 114
- Sheen S-S, Wu S-W, 1999. The effects of dietary lipid levels on the growth response of juvenile mud crab *Scylla serrata*. *Aquaculture*, 175: 143—153
- Takeuchi T, Satoh N, Sekiya S *et al*, 1999. The effect of dietary EPA and DHA on the molting rate of larval swimming crab

- Portunus trituberculatus*. Nippon Suisan Gakkaishi, 65: 998—1004
- Teshima S, Kanazawa A, Horinouchi K *et al*, 1998. Lipid metabolism in destalked prawn *Penaeus japonicus*: induced maturation and transfer of lipid reserves to the ovaries. Nippon Suisan Gakkaishi, 54: 1123—1129
- Teshima S, Kanazawa A, Kakuta Y, 1986. Role of dietary phospholipids in the transport of ^{14}C tripalmitin in the prawn. Bull Jpn Soc Sci Fish, 52: 519—524
- Watanabe T, 1982. Lipid nutrition in fish. Comparative Biochemistry & Physiology, 73B: 3—15
- Woll A K, van der Meeren G I, Tuene S, 2006. Quality improvement by feeding wild-caught edible crab (*Cancer pagurus* L.): a pilot study. Aquaculture Research, 37: 1487—1496
- Zhu X Z, Liu Y J, Tian L X *et al*, 2009. Effects of dietary protein and lipid levels on growth and energy productive value of pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at different salinities. Aquaculture Nutrition, 16: 392—399

EFFECT OF DIETARY LIPID LEVEL ON GROWTH AND BODY COMPOSITION OF JUVENILE SWIMMING CRAB *PORTUNUS TRITUBERCULATUS*

HAN Tao^{1,2}, WANG Ji-Teng², HU Shui-Xin², LI Xin-Yu², LI Rong-Hua¹,
MU Chang-Kao¹, WANG Chun-Lin¹, YU Fang-Ping³, SHI Hui-Lai³

(1. School of Marine Science of Ningbo University, Ningbo, 315211; 2. Fisheries College of Zhejiang Ocean University, Zhoushan, 316022; 3. Zhejiang Province Key Laboratory of Marine Aquaculture, Zhoushan, 316100)

Abstract A one-way analysis model was used to investigate the effects of dietary lipid level on the growth performance and body composition of juvenile swimming crab *Portunus trituberculatus*. After termination of the experiment, crabs fed the diets containing 1.8% lipid level had the lowest weight gain and special growth rate and fed the diets containing 4.2% lipid level had the highest weight gain and special growth rate. No significant differences were detected among treatments with respect to body moisture, crude protein and ash, crabs fed the diets containing 9.01% lipid level had the highest body crude fat and fed the diets containing 1.8% lipid level had the lowest body crude fat. Fed the diets containing 13.76% lipid level had the lowest gland index. No significant differences were detected among treatments with respect to hepatopancreas index, carapace length, carapace width and carapace height. Hence, our research suggests that it may be dietary lipid level ranging from 4.2% to 13.76% appears to meet the lipid requirement for this crab species.

Key words swimming crab; lipid level; growth; body composition