

饲料添加不同脂肪及蛋白质水平对日本沼虾 (*Macrobrachium nipponensis*) 生长性能、 体成分及消化酶活力的影响*

斯烈钢¹ 邹李昶² 申屠基康¹ 朱卫东²

(1. 宁波市海洋与渔业研究院 宁波 315012; 2. 余姚市水产技术推广中心 余姚 315400)

摘要 本实验以 64d 为限, 设 A₁ (34%), A₂ (38%), A₃ (42%) 三个蛋白梯度水平和 B₁ (5%), B₂ (8%), B₃ (11%) 三个脂肪梯度水平, 采用正交试验方法研究了饲料中不同脂肪及蛋白质水平对日本沼虾 (*Macrobrachium nipponensis*) [平均体重(0.69 ± 0.23)g] 生长性能、体成分和消化酶活力的影响。结果表明, 脂肪和蛋白质水平对日本沼虾成活率影响不显著 ($P > 0.05$), 脂肪水平对 32d 相对增重率和特定生长率影响显著 ($P < 0.05$)。B₃ 组的特定生长率和相对增重率均显著低于 B₁ 和 B₂ 组 ($P < 0.05$)。全虾和肌肉的脂肪含量显著地受饲料脂肪水平的影响 ($P < 0.05$)。饲料中蛋白质水平对全虾的干物质、蛋白质和灰分含量, 以及肌肉中脂肪、蛋白质含量影响显著 ($P < 0.05$)。饲料脂肪水平对肝胰脏中脂肪酶活力影响显著 ($P < 0.05$), 蛋白水平对肝胰脏中脂肪酶、蛋白酶和淀粉酶活力影响不显著 ($P > 0.05$)。本文认为日本沼虾饲料脂肪水平应以 5%—8% 较为合适, 蛋白质水平应在 38% 左右较为合适。

关键词 日本沼虾; 配合饲料; 脂肪; 蛋白质; 生长; 体成分; 消化酶
中图分类号 S966 **doi:** 10.11693/hyh20140300087

日本沼虾 (*Macrobrachium nipponensis*) 隶属节肢动物门 (Arthropoda)、甲壳纲 (Crustacea)、十足目 (Decapoda)、长臂虾科 (Palaemonidae)、沼虾属 (*Macrobrachium*), 营养价值高, 且具有食性杂、生长快、繁殖力高、抗病能力强等特点, 人工养殖规模日渐增大, 现已成为我国淡水养殖虾类的优势品种以及主要的淡水名特优新养殖品种 (何林岗等, 1993; 刘军等, 2003; 张凌燕等, 2008; 王军花等, 2011), 年产量达 20 万吨。

饲料中蛋白质与脂肪水平的配伍平衡, 对水产养殖动物尤为重要 (Aclefors *et al.*, 1992; Jover *et al.*, 1999)。脂肪是动物生长发育过程中所必需的能量物质, 提供生长所需的脂肪酸、胆固醇、磷脂等营养物质, 饲料中脂肪如果缺乏, 易导致饲料蛋白利用率下降, 代谢紊乱, 以及发生脂溶性维生素和必需脂肪酸缺乏症。蛋白质是有机体结构和功能必需的营养物质, 不仅是各组织器官可用于进行生长和修复的构成物质, 也

是激素、酶、抗体等生物活性物质的组成成分, 饲料中如果蛋白质含量降低, 也会对脂肪的吸收利用相应的影响 (NRC, 1993; Joaquin *et al.*, 2001; 封功能等, 2011)。同时, 蛋白质也是饲料中最主要和昂贵的营养成分。

早期虞冰如等 (1990) 以酪蛋白、糊精和混合油等为原料配制成纯合日粮, 对日本沼虾饲料的最适蛋白质、脂肪含量及能量蛋白比进行了研究。近年来也有研究涉及饲料蛋白水平对日本沼虾生长的影响 (谢国驷等, 2007; 张凌燕等, 2008), 但未见饲料脂肪水平对其生长的专门研究, 以及有关日本沼虾饲料蛋白与脂肪含量平衡的报道。就其它种类来说, 罗氏沼虾 (*Macrobrachium rosenbergii*) 在 6%—8% 的饲料脂肪水平时生长最好, 但如果脂肪水平过高 (>12%) 则对其生长有负面效应 (Hari *et al.*, 2006); 凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*) 在饲料脂肪水平为 8.47% 时增重率和成活率最高, 而当饲料脂肪含量过高或过低

*浙江省重大科技专项农业重点项目, 2008C12083 号; 国家科技部星火计划项目, 2010GA701077 号; 宁波市农业领域科技重大攻关择优委托项目, 2012C10032 号。斯烈钢, 高级工程师, E-mail: siliegang@sina.com

收稿日期: 2012-09-29, 收修改稿日期: 2013-01-30

时, 对生长有一定抑制作用(黄凯等, 2011)。

积极开发更加高效、环保的水产饲料对于调控水产动物营养和免疫机能, 促进养殖业健康发展等方面有着重要意义(周萌等, 2010)。本文通过研究日本沼虾生长性能、体成分和消化酶活力等指标, 综合探讨人工配合饲料的适宜脂肪和蛋白质水平, 以期进一步完善和补充不同生长阶段日本沼虾对饲料中主要营养元素的需求量, 提升其抗病、促生长效果, 为其营养生理、饲料配制及今后相关研究提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 日本沼虾样品来源、驯养及试验管理条件

本试验所用日本沼虾(*Macrobrachium nipponensis*)取自浙江省余姚市马渚镇青丰水产养殖场。运回余姚市水产技术推广中心实验基地后, 立即将其暂养于若干个规格为 1m × 2m × 1.5m 的专用网箱内, 驯养期间每日投喂人工饵料 2 次(9:00 和 15:00), 日投喂量为体重的 3.0%—5.0%。残饵及粪便于下次投喂前及时

用吸管取出。驯养 5 天后备用。

驯养结束后, 选取其中肢体完整、反应灵敏、无伤病、个体规格相近[体长(3.68 ± 0.27)cm; 体重(0.69 ± 0.23)g]的健康个体作为实验对象, 以规格为 60cm × 45cm × 30cm 的白色塑料桶为实验单元, 每箱放虾 10ind。用水为曝气自来水循环水系统, 配以充气泵连续充气以保证水中溶氧充足。用空调调节室温。水温控制在(24.0 ± 1)°C 范围, pH 7.1—7.5, DO (7.35 ± 0.05)mg/L, 水质符合《NY 5051-2001 无公害食品 淡水养殖用水水质》(中华人民共和国农业部, 2001)的要求。试验期间应及时捞出死虾并称重, 试验时间为 64 天。

1.2 试验分组设计与配合饲料

设三个蛋白质梯度水平(34%, 38%, 42%, 依次记为 A₁, A₂, A₃), 三个脂肪梯度水平(5%, 8%, 11%, 依次记为 B₁, B₂, B₃), 共分为 9 组, 每组设 3 个重复。将饲料粉碎, 过 60 目筛, 逐级混匀后, 加水搅拌并用绞肉机制成粒径为 1mm 的颗粒, 待其常温晾干后, 置于 0°C 冰箱中保存。配合饲料配方和营养成分含量如表 1。

表 1 试验饲料分组和营养水平
Tab.1 Ingredients and proximate composition of experimental diets

饲料成分(%)	试验饲料分组设计								
	A ₁ B ₁	A ₁ B ₂	A ₁ B ₃	A ₂ B ₁	A ₂ B ₂	A ₂ B ₃	A ₃ B ₁	A ₃ B ₂	A ₃ B ₃
秘鲁鱼粉	5.00	5.00	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00
大豆粕	15.43	17.05	18.59	24.68	26.29	27.84	33.94	35.54	37.08
花生粕	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
酪蛋白	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
小麦次粉	43.73	38.99	34.31	33.94	29.19	24.52	24.16	19.42	14.76
矿物质预混料 ¹⁾	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
维生素预混料 ²⁾	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
磷酸二氢钙	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
食盐	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
鳕鱼肝油	0.90	2.46	4.03	0.92	2.49	4.05	0.93	2.50	4.06
大豆油	0.90	2.46	4.03	0.92	2.49	4.05	0.93	2.50	4.06
-淀粉	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85
虾糠粉	2.55	2.55	2.55	2.55	2.55	2.55	2.55	2.55	2.55
对虾脱壳素	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
海藻酸钠	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
饲料营养组成(%)									
干物质	91.35	89.54	91.79	90.31	91.49	92.14	90.24	91.52	91.94
蛋白水平	34.03	34.04	34.02	38.02	38.05	38.04	42.06	42.01	42.03
脂肪水平	5.05	8.06	11.03	5.06	8.07	11.02	5.09	8.11	11.09
粗纤维	6.51	6.33	6.16	6.46	6.31	6.15	6.45	6.27	6.12
灰分	7.29	7.13	7.25	7.59	7.47	7.68	7.92	7.96	7.95
无氮浸出物	38.47	33.98	33.33	33.18	31.59	40.27	28.72	27.17	24.75
总能 ³⁾	18.95	18.99	19.41	19.74	19.71	20.32	19.13	19.61	20.24
蛋白/能量比 ⁴⁾	14.23	14.20	13.55	15.23	15.27	14.83	18.35	16.95	16.45
可消化能 ⁵⁾	14.82	15.26	16.27	14.61	15.52	16.27	14.57	15.46	16.21
蛋白/可消化能 ⁶⁾	22.96	22.31	20.91	26.02	24.52	23.38	28.87	27.17	25.93

1) 矿物质预混料每千克含: 硫酸铁 23g, 硫酸铜 1.9g, 硫酸锰 6.5g, 硫酸锌 21g, 碘化钾 0.024g, 氯化钴 0.08g, 亚硒酸钠 0.05g。2) 维生素预混料每千克含: VA 850000IU, VB₁ 300mg, VB₂ 1100mg, VB₃ 1960mg, VB₆ 480mg, VB₁₂ 1.7mg, VC 5200mg, VE 4600mg, VD 210000IU, VK₃ 200mg, 叶酸 152mg, 胆碱 58000mg, 泛酸 950mg。3) 总能单位为 kJ/g。4) 单位为 g 蛋白/MJ。5) 可消化能单位为 kJ/g。6) 比值单位为 g 蛋白/MJ

1.3 各项指标测定及计算方法

1.3.1 生长性能 于实验第 32 天和第 64 天分别称量各实验单元内虾的体质量, 并逐一计数各实验单元中实验虾的成活数后, 计算相对增重率、特定生长率、成活率。

计算公式如下:

$$\text{相对增重率(WG)} = [(W_t - W_0) / W_0] \times 100\%;$$

$$\text{特定生长率(SGR, d}^{-1}\text{)} = [(\ln W_t - \ln W_0) / t] \times 100\%;$$

$$\text{成活率(SR)} = (n_t / n_0) \times 100\%;$$

式中, W_t 为试验 t 天后的体质量; W_0 为初始体质量; t 为试验天数; n_t 为试验 t 天后的成活数; n_0 为初始成活数。

1.3.2 虾组织的营养成分 试验结束后, 取虾的肌肉和肝胰脏, 生理盐水洗净后, 用滤纸吸干样品表面水分, 置于液氮保存备用。水分采用在 105°C 条件下干燥失水法; 粗脂肪采用索氏提取法; 粗蛋白质采用半微量凯氏定氮法(SKD-800 凯氏定氮仪, 上海); 灰分采用 550°C 灼烧法; 粗纤维采用 ANKOM 纤维分析仪测定; 样品的总能用 PARR 全自动氧弹量热仪-6300 测定。

1.3.3 脂肪酶、淀粉酶和蛋白酶活力 试验结束后, 将虾置于冰盘内取肝胰脏并称量, 加入 6 倍体积(W/V)的去离子水(4°C), 用玻璃匀浆器制成匀浆液, 于 4°C 下以 4000r/min 离心 10min, 取上清, 备用组织脂肪酶、淀粉酶和蛋白酶活力的测定。脂肪酶活力单位(U/g)为在 27°C, pH 7.5 条件下, 每克组织蛋白每分钟在本反应体系中与底物反应所消耗 1 μ mol 底物所需的酶量。淀粉酶活力采用南京建成生物研究所的试剂盒测定, 淀粉酶单位(U/mg)定义为组织中每 mg 蛋白在 37°C 与底物作用 30min, 水解 10mg 淀粉时为 1 个活力单位(何吉祥等, 2009)。蛋白酶活力[U/(min mg)]测定参照刘玉梅等(1991)方法并作调整。在试管中加入 2mL 0.5%干酪素, 0.1mL 0.04mol/L EDTA- Na_2 , 0.4mL 0.2mol/L 柠檬酸缓冲液(pH 3.0), 0.4mL 酶液, 再加入 0.6mL 重蒸水, 使得总体积达 3.5mL; 混匀并置于 37°C 水浴中反应 15min, 再加入 1mL 30%三氯醋酸终止反应; 于 3600r/min 离心 15min, 取 1mL 上清加 5mL 0.4mol/L 碳酸钠溶液, 加入 1mL 福林酚试剂, 摇匀, 37°C 恒温水浴显色 20min; 用 721 型分光光度计在 680nm 处比色, 与标准曲线对照, 测酪氨酸生成量, 以每分钟水解干酪素所产生的 1 μ g 酪氨酸作为一个活力单位。酶液蛋白浓度采用考马斯亮蓝蛋白测定试剂盒(南京建成生物研究所)检测。

1.4 统计分析

试验数据用 SPSS16 统计软件包分析, 先进行方差齐性分析, 以日粮蛋白脂肪比水平为主要影响因素进行二元方差分析。数据差异显著时采用 Duncan 氏检验进行多重比较, 试验数据用平均值 \pm 标准误(Mean \pm SE)表示。

2 结果与分析

2.1 不同脂肪和蛋白质水平对日本沼虾生长性能的影响

由表 2 可知, 实验虾各组的成活率无显著差异($P>0.05$); 第 32 天的特定生长率及相对增重率除 A_1B_2 和 A_1B_3 组显著小于 A_3B_1 组($P<0.05$)外, 其余各实验组间均无显著差异($P>0.05$); 第 64 天的特定生长率及相对增重率除 A_1B_3 组显著小于 A_3B_1 、 A_2B_1 和 A_1B_1 组($P<0.05$)外, 其余各实验组间均无显著差异($P>0.05$)。总体而言, 饲料蛋白质水平对实验虾的生长性能影响不显著($P>0.05$), 而脂肪水平对其生长性能影响显著($P<0.05$); 试验期间, 实验虾组间成活率差异不显著($P>0.05$), 特定生长率与相对增重率均表现为随饲料脂肪含量的增加而降低($P<0.05$), 以及随蛋白质含量的增加而增加($P>0.05$)的趋势。

2.2 不同脂肪和蛋白质水平对日本沼虾全虾、肝胰脏和肌肉成分的影响

由表 3 可知, 实验虾全虾干物质含量除 A_1B_3 、 A_3B_2 和 A_3B_3 组显著小于 A_2B_2 组($P<0.05$)外, 其余各实验组间均无显著差异($P>0.05$); 蛋白质含量, A_3B_2 组显著高于除 A_3B_3 组以外的其它组($P<0.05$); 脂肪含量, 除 A_3B_1 组显著小于其它各组, A_1B_2 、 A_2B_1 和 A_2B_2 组显著小于 A_3B_3 组($P<0.05$)外, 其余各实验组间均无显著差异($P>0.05$); 灰分含量, A_3B_2 组显著小于 A_1B_2 、 A_2B_1 、 A_2B_2 、 A_2B_3 、 A_3B_1 组($P<0.05$), A_3B_3 组显著小于 A_2B_2 、 A_2B_3 组($P<0.05$), 其余各实验组间均无显著差异($P>0.05$)。总体而言, 饲料脂肪水平对全虾的脂肪含量影响显著($P<0.05$), 蛋白质水平对全虾的蛋白质、干物质、灰分含量影响显著($P<0.05$)。38%蛋白梯度组的干物质和灰分含量高于 34%和 42%组, 而 42%蛋白梯度组的脂肪和蛋白质含量则均高于 34%和 38%组。

由表 4 可知, 实验虾肝胰脏干物质含量除 A_3B_3 组显著小于 A_3B_2 、 A_3B_1 、 A_2B_2 、 A_2B_1 和 A_1B_1 组($P<0.05$)外, 其余各实验组间均无显著差异($P>0.05$); 蛋白质含量除 A_3B_3 组显著小于 A_1B_3 组($P<0.05$)外, 其余各

表 2 饲喂不同脂肪和蛋白质水平配合饲料对日本沼虾的成活率、相对增重率及特定生长率的影响($n=5$)
Tab.2 Weight gain, specific growth rate and survival ratio of *M. nipponensis* fed with different dietary protein and lipid levels ($n=5$)

试验设计	32d 成活率(%)	32d 增重率(%)	32d 特定生长率(%)	64d 成活率(%)	64d 增重率(%)	64d 特定生长率(%)
A ₁ B ₁	93.33 ± 3.89	59.31 ± 4.53 ^{ab}	2.06 ± 0.11 ^{ab}	87.33 ± 3.67	94.31 ± 6.56 ^a	1.41 ± 0.06 ^a
A ₁ B ₂	98.04 ± 5.29	48.69 ± 4.72 ^b	1.85 ± 0.12 ^b	94.64 ± 5.07	82.28 ± 6.17 ^{ab}	1.21 ± 0.05 ^{ab}
A ₁ B ₃	98.50 ± 7.15	48.57 ± 6.58 ^b	1.82 ± 0.16 ^b	94.39 ± 5.89	76.25 ± 4.47 ^b	1.24 ± 0.06 ^b
A ₂ B ₁	97.10 ± 2.31	58.43 ± 3.17 ^{ab}	2.05 ± 0.07 ^{ab}	93.37 ± 5.12	98.16 ± 6.72 ^a	1.45 ± 0.04 ^a
A ₂ B ₂	94.67 ± 3.17	56.78 ± 2.24 ^{ab}	2.01 ± 0.06 ^{ab}	91.54 ± 3.58	90.85 ± 7.18 ^{ab}	1.36 ± 0.05 ^{ab}
A ₂ B ₃	93.50 ± 3.54	50.26 ± 1.02 ^{ab}	2.05 ± 0.17 ^{ab}	88.16 ± 6.13	80.42 ± 3.75 ^{ab}	1.28 ± 0.03 ^{ab}
A ₃ B ₁	92.60 ± 2.89	64.39 ± 5.34 ^a	2.15 ± 0.15 ^a	89.27 ± 5.01	99.81 ± 8.03 ^a	1.42 ± 0.07 ^a
A ₃ B ₂	97.47 ± 4.36	59.45 ± 2.05 ^{ab}	2.06 ± 0.04 ^{ab}	91.65 ± 3.48	91.56 ± 2.96 ^{ab}	1.37 ± 0.08 ^{ab}
A ₃ B ₃	98.26 ± 4.08	51.96 ± 3.98 ^{ab}	1.91 ± 0.08 ^{ab}	95.16 ± 4.39	98.09 ± 2.98 ^{ab}	1.33 ± 0.03 ^{ab}
34%蛋白梯度	96.62 ± 1.63	52.19 ± 2.86	1.91 ± 0.05	92.09 ± 2.78	84.28 ± 2.81	1.29 ± 0.03
38%蛋白梯度	95.09 ± 1.55	55.16 ± 3.02	2.04 ± 0.03	91.02 ± 2.72	89.81 ± 2.79	1.36 ± 0.04
42%蛋白梯度	96.11 ± 1.62	58.60 ± 2.73	2.04 ± 0.04	92.03 ± 2.24	96.49 ± 2.78	1.37 ± 0.02
5%脂肪梯度	94.34 ± 1.03	60.71 ± 2.98	2.09 ± 0.04	90.02 ± 2.27	97.43 ± 2.59	1.43 ± 0.04
8%脂肪梯度	96.73 ± 1.15	54.97 ± 2.80	1.97 ± 0.03	92.61 ± 2.65	88.23 ± 2.80	1.31 ± 0.02
11%脂肪梯度	96.75 ± 1.49	50.26 ± 2.94	1.93 ± 0.04	92.57 ± 2.79	84.92 ± 2.63	1.28 ± 0.03
ANOVA 分析						
蛋白	0.298	0.572	0.276	0.582	0.735	0.294
脂肪	0.037	0.048	0.047	0.043	0.379	0.612

表中同列数据上标字母相同者表示两组数值之间无显著差异($P>0.05$)

表 3 饲喂不同脂肪和蛋白质水平配合饲料对日本沼虾全虾营养成分的影响(%湿重)($n=5$)
Tab.3 Whole-body proximate composition of *M. nipponensis* fed with different dietary protein and lipid levels (% WM) ($n=5$)

试验设计	干物质 DM	粗蛋白 CP	粗脂肪 EF	粗灰分 Ash
A ₁ B ₁	28.68 ± 0.79 ^{ab}	16.38 ± 1.07 ^a	2.53 ± 0.15 ^{ac}	3.65 ± 0.13 ^{abc}
A ₁ B ₂	26.78 ± 0.28 ^{ab}	16.39 ± 0.67 ^a	1.97 ± 0.19 ^a	3.75 ± 0.04 ^{ac}
A ₁ B ₃	26.47 ± 1.13 ^a	16.46 ± 1.99 ^a	2.26 ± 0.22 ^{ac}	3.59 ± 0.07 ^{abc}
A ₂ B ₁	28.64 ± 1.04 ^{ab}	17.01 ± 0.61 ^a	1.93 ± 0.17 ^a	3.71 ± 0.29 ^{ac}
A ₂ B ₂	29.75 ± 0.76 ^b	15.64 ± 1.13 ^a	1.84 ± 0.24 ^a	3.94 ± 0.14 ^a
A ₂ B ₃	28.65 ± 0.67 ^{ab}	15.97 ± 1.44 ^a	2.23 ± 0.29 ^{ac}	3.91 ± 0.03 ^a
A ₃ B ₁	27.72 ± 0.62 ^{ab}	16.73 ± 1.49 ^a	1.75 ± 0.07 ^b	3.79 ± 0.06 ^{ac}
A ₃ B ₂	26.14 ± 1.54 ^a	18.12 ± 2.98 ^b	2.52 ± 0.06 ^{ac}	3.26 ± 0.12 ^b
A ₃ B ₃	26.18 ± 0.93 ^a	17.15 ± 1.41 ^{ab}	2.79 ± 0.15 ^c	3.39 ± 0.02 ^{bc}
34%蛋白梯度	27.21 ± 0.57	16.41 ± 0.41	2.25 ± 0.12	3.66 ± 0.05
38%蛋白梯度	29.01 ± 0.63	16.21 ± 0.56	2.00 ± 0.03	3.85 ± 0.07
42%蛋白梯度	26.51 ± 0.54	17.33 ± 0.23	2.35 ± 0.07	3.48 ± 0.03
5%脂肪梯度	28.35 ± 0.48	16.71 ± 0.19	2.07 ± 0.05	3.72 ± 0.12
8%脂肪梯度	27.50 ± 0.51	16.72 ± 0.27	2.11 ± 0.17	3.65 ± 0.08
11%脂肪梯度	26.89 ± 0.49	16.53 ± 0.28	2.43 ± 0.08	3.63 ± 0.06
ANOVA 分析				
蛋白质	0.045	0.029	0.400	0.039
脂肪	0.329	0.834	0.027	0.708

表中同列数据上标字母相同者表示两组数值之间无显著差异($P>0.05$)

表 4 饲喂不同脂肪和蛋白质水平配合饲料对日本沼虾肝胰脏营养成分的影响(%湿重)($n=5$)Tab.4 Hepatopancreas proximate composition of *M. nipponensis* fed with different dietary protein and lipid levels (% WM) ($n=5$)

试验设计	干物质	蛋白质	脂肪
A ₁ B ₁	52.87 ± 3.02 ^a	12.88 ± 0.25 ^{ab}	22.47 ± 2.21 ^{ab}
A ₁ B ₂	46.30 ± 1.13 ^{ab}	12.77 ± 0.14 ^{ab}	19.45 ± 3.98 ^a
A ₁ B ₃	47.12 ± 2.25 ^{ab}	14.53 ± 0.67 ^a	21.96 ± 2.06 ^{ab}
A ₂ B ₁	53.84 ± 3.17 ^a	13.64 ± 0.28 ^{ab}	21.19 ± 5.15 ^{ab}
A ₂ B ₂	51.19 ± 3.68 ^a	13.38 ± 0.71 ^{ab}	24.69 ± 5.70 ^b
A ₂ B ₃	46.81 ± 1.52 ^{ab}	13.16 ± 0.41 ^{ab}	21.28 ± 2.37 ^{ab}
A ₃ B ₁	50.46 ± 1.64 ^a	13.29 ± 0.08 ^{ab}	21.03 ± 2.52 ^{ab}
A ₃ B ₂	50.37 ± 1.91 ^a	13.07 ± 0.23 ^{ab}	23.94 ± 1.77 ^b
A ₃ B ₃	44.73 ± 1.85 ^b	12.23 ± 0.17 ^b	24.98 ± 4.73 ^b
34%蛋白梯度	48.76 ± 2.14	13.39 ± 0.28	20.33 ± 1.92
38%蛋白梯度	50.62 ± 2.35	13.40 ± 0.29	21.39 ± 1.91
42%蛋白梯度	48.52 ± 1.86	12.93 ± 0.15	23.28 ± 1.87
5%脂肪梯度	52.39 ± 2.01	13.27 ± 0.359	21.57 ± 1.91
8%脂肪梯度	49.28 ± 2.04	13.08 ± 0.379	22.17 ± 1.88
11%脂肪梯度	46.22 ± 2.13	13.29 ± 0.359	22.58 ± 1.89
ANOVA 分析			
蛋白质	0.582	0.521	0.417
脂肪	0.027	0.765	0.759

表中同列数据上标字母相同者表示两组数值之间无显著差异($P>0.05$)

实验组间均无显著差异($P>0.05$); 脂肪含量除 A₁B₂ 组显著小于 A₃B₂、A₃B₃ 和 A₂B₂ ($P<0.05$)外, 其余各实验组间均无显著差异($P>0.05$)。总体而言, 饲料脂肪和蛋白质水平对肝胰脏的脂肪和蛋白含量影响均无显著差异($P>0.05$), 脂肪水平对肝胰脏干物质含量的影响显著($P<0.05$)。

由表 5 可知, 实验虾肌肉干物质含量差异不显著($P>0.05$); 蛋白质含量除 A₁B₃ 组显著小于 A₂B₂ 和 A₃B₂ 组($P<0.05$)外, 其余各实验组间均无显著差异($P>0.05$); 脂肪含量除 A₃B₃ 和 A₂B₂ 组显著小于 A₂B₁、A₂B₃ 和 A₃B₁ 组($P<0.05$)外, 其余各实验组间均无显著差异($P>0.05$)。总体而言, 饲料脂肪水平对肌肉干物质和蛋白质含量的影响不显著($P>0.05$), 对肌肉脂肪含量的影响显著($P<0.05$)。饲料蛋白水平对肌肉干物质含量的影响不显著($P>0.05$), 但对肌肉的脂肪和蛋白质含量影响显著($P<0.05$)。各组的肌肉干物质含量差异不显著($P>0.05$)。

2.3 不同脂肪和蛋白质水平对日本沼虾肝胰脏消化酶活力的影响

由表 6 可知, 实验虾肝胰脏脂肪酶活力除 A₃B₂、A₂B₁ 和 A₁B₂ 组显著小于 A₃B₃ 和 A₁B₁ 组($P<0.05$)外, 其余各实验组间均无显著差异($P>0.05$); 蛋白酶活力

表 5 饲喂不同脂肪和蛋白质水平配合饲料对日本沼虾肌肉营养成分的影响(%湿重)($n=5$)Tab.5 Muscle proximate composition of *M. nipponensis* fed with different dietary protein and lipid levels (% WM) ($n=5$)

试验设计	干物质	蛋白质	脂肪
A ₁ B ₁	24.47 ± 0.13	21.05 ± 0.23 ^{ab}	1.61 ± 0.14 ^{bc}
A ₁ B ₂	24.65 ± 0.08	19.93 ± 0.45 ^{ab}	1.64 ± 0.08 ^{bc}
A ₁ B ₃	24.64 ± 0.22	19.73 ± 0.31 ^b	1.78 ± 0.23 ^{abc}
A ₂ B ₁	24.71 ± 0.14	20.08 ± 0.29 ^{ab}	2.37 ± 0.28 ^a
A ₂ B ₂	24.37 ± 0.19	21.27 ± 0.30 ^a	1.61 ± 0.15 ^c
A ₂ B ₃	24.23 ± 0.24	20.76 ± 0.16 ^{ab}	2.46 ± 0.17 ^a
A ₃ B ₁	25.03 ± 0.25	20.58 ± 0.17 ^{ab}	2.33 ± 0.29 ^{ab}
A ₃ B ₂	24.64 ± 0.17	21.21 ± 0.13 ^a	1.62 ± 0.09 ^{bc}
A ₃ B ₃	24.95 ± 0.12	20.38 ± 0.24 ^{ab}	1.46 ± 0.52 ^c
34%蛋白梯度	24.59 ± 0.16	20.57 ± 0.18	1.68 ± 0.12
38%蛋白梯度	24.44 ± 0.17	20.69 ± 0.19	2.15 ± 0.11
42%蛋白梯度	24.87 ± 0.16	20.72 ± 0.21	1.81 ± 0.11
5%脂肪梯度	24.73 ± 0.08	20.91 ± 0.16	2.10 ± 0.11
8%脂肪梯度	24.55 ± 0.12	20.70 ± 0.15	1.62 ± 0.12
11%脂肪梯度	24.61 ± 0.09	20.77 ± 0.15	1.91 ± 0.12
ANOVA 分析			
蛋白质	0.314	0.029	0.037
脂肪	0.658	0.325	0.029

表中同列数据上标字母相同者表示两组数值之间无显著差异($P>0.05$)

表 6 饲喂不同脂肪和蛋白质水平配合饲料对日本沼虾肝胰脏中消化酶活力的影响($n=5$)

Tab.6 Hepatopancreas digestive enzymes activities of *M. nipponensis* fed with different dietary protein and lipid levels ($n=5$)

试验设计	脂肪酶 (U/g prot)	蛋白酶 [U/(min mg)]	淀粉酶 (U/mg prot)
A ₁ B ₁	31.67 ± 3.24 ^a	6.37 ± 0.43 ^{ab}	0.56 ± 0.03
A ₁ B ₂	21.58 ± 0.57 ^b	6.18 ± 0.59 ^{ab}	0.58 ± 0.03
A ₁ B ₃	26.69 ± 1.46 ^{ac}	6.17 ± 0.63 ^{ab}	0.53 ± 0.05
A ₂ B ₁	20.23 ± 0.35 ^b	5.82 ± 0.61 ^{ab}	0.51 ± 0.04
A ₂ B ₂	27.36 ± 2.28 ^{ac}	5.14 ± 0.24 ^b	0.46 ± 0.01
A ₂ B ₃	22.94 ± 1.13 ^{bc}	6.45 ± 0.22 ^{ab}	0.68 ± 0.04
A ₃ B ₁	23.17 ± 1.10 ^{abc}	5.16 ± 0.36 ^{ab}	0.43 ± 0.03
A ₃ B ₂	18.35 ± 0.84 ^b	5.75 ± 0.35 ^{ab}	0.49 ± 0.01
A ₃ B ₃	32.82 ± 1.12 ^a	6.51 ± 0.54 ^a	0.63 ± 0.03
34%蛋白梯度	26.65 ± 0.97	6.24 ± 0.28	0.56 ± 0.02
38%蛋白梯度	23.51 ± 1.21	5.80 ± 0.27	0.55 ± 0.03
42%蛋白梯度	24.78 ± 0.99	5.81 ± 0.28	0.53 ± 0.02
5%脂肪梯度	25.03 ± 1.08	5.78 ± 0.29	0.51 ± 0.02
8%脂肪梯度	22.43 ± 1.13	5.69 ± 0.26	0.52 ± 0.03
11%脂肪梯度	27.48 ± 0.89	6.38 ± 0.25	0.63 ± 0.02
ANOVA 分析			
蛋白质	0.436	0.357	0.424
脂肪	0.035	0.193	0.845

表中同列数据上标字母相同者表示两组数值之间无显著差异($P>0.05$)

除 A₂B₂ 组显著小于 A₃B₃ 组($P<0.05$)外, 其余各实验组间均无显著差异($P>0.05$); 淀粉酶活力各实验组间无显著差异($P>0.05$)。总体而言, 饲料脂肪水平对肝胰脏脂肪酶活力影响显著($P<0.05$), 对蛋白酶和淀粉酶活力的影响不显著($P>0.05$)。不同的蛋白质水平对肝胰脏脂肪酶、蛋白酶和淀粉酶活力的影响不显著($P>0.05$)。

3 讨论

3.1 不同脂肪和蛋白质水平对日本沼虾生长性能的影响

相对增重率、特定生长率、成活率是衡量水产动物养殖效益的重要指标。研究表明日本沼虾增重率和体成分与饲料本身的营养成分有关, 饲料蛋白含量过低会限制其生长, 造成虾体内蛋白含量降低(张余霞等, 2010)。本文应用 3×3 正交试验方法, 以鱼粉、花生粕和大豆粕作为主要的饲料蛋白源, 研究日本沼虾适宜的脂肪和蛋白需求量。结果表明当饲料脂肪水平为 5%, 蛋白水平为 38%—42%时, 日本沼虾表

现出良好的综合生长性能, 相对增重率和特定生长率最高, 且成活率维持在 90%左右。张凌燕等(2008)研究发现, 日本沼虾的成活率随饲料蛋白水平的升高而提升, 在蛋白质含量 39.32%的饲料饲喂下达到最大值, 之后随着饲料蛋白质水平的增加而降低。本研究 A₃B₁ 组的特定生长率最高, 显著高于其它组, 表明在合适的脂肪水平(5%)时, 特定生长率随着饲料蛋白水平的增加而提高。姜松等(2013)对斑节对虾(*Penaeus monodon*)的研究也表明特定生长率随着饲料蛋白水平而增加。在本文中 A₁B₁ 组的成活率较低, 究其原因可能为饲料营养不均衡, 也可能由于低蛋白低脂肪饲料组的虾之间相互残杀, 以此来补充其必需的营养成分, 从而降低了成活率(姜松等, 2013)。

本研究对饲料氨基酸含量以及日本沼虾对营养物质的代谢率未进行测定, 但本文的成活率、相对增重率及特定生长率结果表明, 饲料中营养素或氨基酸的需求量处于平衡水平。本研究发现饲料脂肪水平对日本沼虾的生长性能有显著影响, 饲料脂肪水平为 5%, 蛋白水平为 34%、38%或 42%时, 各组虾均表现出良好的综合生长性能。表明饲料脂肪水平不宜过高, 否则会抑制虾的生长(Akiyama, 1991)。究其原因, 脂肪和蛋白质之间可通过乙酰辅酶 A 互相转化。当饲料脂肪水平过高时, 脂肪在虾体(尤其是肝胰脏)中蓄积过多, 影响器官的正常功能, 从而影响生长; 而当饲料蛋白水平较低时, 脂肪经代谢生成乙酰辅酶 A 或丙酮酸, 再生成各种氨基酸以供机体需要, 从而提高饲料的脂肪利用率, 节约蛋白质。

3.2 不同脂肪和蛋白质水平对日本沼虾体成分的影响

饲料蛋白水平对虾类的全虾、肝胰脏、肌肉中的蛋白质积累都有一定的影响作用。张凌燕等(2008)认为日本沼虾饲料蛋白质的最适需要量为 41%左右, 吴志新等(1998)报道红螯螯虾(*Cherax quadricarinatus*)饲料蛋白质适宜含量为 30%—35%, 刘立鹤等(2003)报道凡纳滨对虾(*Penaeus vannamei*)饲料中适宜粗蛋白含量为 36%左右。本试验结果得出, 随着饲料蛋白的增加, 日本沼虾全虾和肌肉中的蛋白质含量也相应增加, 而肝胰脏中蛋白含量则有逐渐降低的趋势。饲料中蛋白水平为 42%时, 全虾中的蛋白和脂肪含量较高, 肝胰脏中的蛋白含量较低而脂肪含量较高, 肌肉中的蛋白含量较高而脂肪含量较低。究其原因, 可能因为随着蛋白质摄入量增加, 肠道分解蛋白质的能力增强, 大量蛋白质被分解为氨基酸, 因此经血液进入肌肉等组织中的氨基酸含量也增多, 使得蛋白

质合成量增加,全虾和肌肉中蛋白质也增加。而肝胰脏则是合成蛋白酶原的主要场所,随着肠道中分解量增加,对各种酶的需求量增加,对蛋白质的消耗量也会随之增加,使得肝胰脏中蛋白质含量减少。

饲料脂肪水平对虾类的肌肉和肝胰脏脂肪含量有显著的影响。Lim 等(1997)报道,投喂不同的脂肪源会影响凡纳滨对虾机体脂肪酸组成。黄凯等(2011)认为随着饲料中鱼油含量的增加,凡纳滨对虾肌肉和肝胰脏中饱和脂肪酸和单不饱和脂肪酸含量相对减少,而高度不饱和脂肪酸的量相对增加。孙龙生等(2012)通过添加植物油配制三种不同脂肪水平的日粮,研究发现日粮脂肪水平对罗氏沼虾生长及肌肉和肝胰脏脂肪酸组成有显著影响。肖鸣鹤等(2012)发现克氏螯虾(*Procambarus clarkii*)幼虾肝胰脏中葡萄糖、胆固醇、甘油三酯等含量均高于肌肉中。本文结果表明,饲料脂肪水平为 5%,日本沼虾全虾、肝胰脏和肌肉蛋白含量较高,肌肉脂肪含量较高,全虾和肝胰脏脂肪含量较低。饲料脂肪水平为 11%,全虾、肝胰脏和肌肉中脂肪含量增高,肝胰脏蛋白含量增加,全虾和肌肉蛋白含量较低。因此当饲料中脂肪含量过高或过低,均对虾的生长有一定抑制作用(黄凯等, 2011)。饲料中的脂肪在肠道经脂肪酶等作用被分解为脂肪酸,一部分直接经血液进入不同组织,另一部分经肝门静脉进入肝胰脏重新合成脂类物质后被运送到肌肉等组织中积累。当饲料中脂肪过多时,肝脏中脂类物质的合成量增加,被转运到各组织中的脂肪量也随之增加。而肝胰脏由于运送能力有限,众多新脂肪无法被及时运出,产生副作用,致使饲料中营养利用率下降,影响了肌肉等其它组织中蛋白的吸收和沉积。关于不同种类脂类脂肪酸的代谢规律以及如何通过营养调控饲料脂肪酸在虾体内的转运与沉积有待进一步研究。

3.3 不同脂肪和蛋白质水平对日本沼虾肝胰脏消化酶活力的影响

肝胰脏是糖类、脂类和蛋白质代谢的重要器官,各种代谢物中间物及代谢产物含量相对较高,虾类肝胰脏中的消化酶对营养物质起到主要的消化作用。消化酶活力高低直接反映了机体对营养物质的消化吸收能力,也反映了机体的免疫状态(肖英平等, 2009)。本文结果表明,饲料脂肪水平对日本沼虾肝胰脏中脂肪酶和蛋白酶活力有显著作用。饲料脂肪水平为 5%时,肝胰脏中脂肪酶和蛋白酶活力中等;饲料脂肪水平为 11%时,脂肪酶和蛋白酶活力显著提高。

这是由于虾体适应饲料性质,加强营养物质的吸收和物质间的转化所致。同时本研究还发现,肝胰脏中淀粉酶活力较低且基本变化不大,这也说明日本沼虾利用淀粉的能力较低,其生长、繁殖和维持基础代谢所需的能量主要来源于蛋白质和脂肪。

饲料蛋白水平为 40%时,体重为 0.6—4.0g 的凡纳滨对虾肝胰脏蛋白酶活力最高,淀粉酶活力则在 32%饲料蛋白时最高(陈义方等, 2012)。本研究发现,饲料蛋白水平为 42%时,日本沼虾肝胰脏中蛋白酶和脂肪酶活力均有所降低;饲料蛋白水平为 34%时,肝胰脏中蛋白酶和脂肪酶活力最高,说明这时肝胰脏分解饲料中蛋白质和脂肪的能力提高。至于肝胰脏消化酶活力与增重率之间的关系,不同种类虾的性能指标,因虾的品种、生长阶段、生活环境和饵料的不同而异(封功能等, 2011)。日本沼虾肝胰脏消化酶活力与增重率之间呈现一定的相关关系(谢国骊等, 2007),但在罗氏沼虾(董云伟等, 2001)、凡纳滨对虾(陈义方等, 2012)的研究却得出不同的结论,当虾体对营养物质的吸收达到一定程度时,吸收速度不会再因营养浓度的上升而按比例增加。因此,如何更科学地评价酶活力与机体生长之间的关系,仍有待进一步研究。

综上所述,应从肌肉营养价值、肝胰脏的健康水平、生产性能、饲料的有效利用等方面综合考量饲料中合理的蛋白质和脂肪配置。虞冰如等(1990)认为日本沼虾配合饲料的适宜配伍为蛋白含量 36.80%—42.27%,脂肪含量 6%—12%。张凌燕等(2008)采用单因子蛋白水平梯度法研究认为日本沼虾对配合饲料中蛋白质的最适需要量为 41.0%—41.5%,与虞冰如等(1990)研究的最适蛋白质范围一致,但与熊六凤等(2004)得出的 30%结果相差较大,说明即使是同一种虾,也会因为其规格、饲料源、饲养环境及试验方法的差异而导致不同的结果(张凌燕等, 2008)。斑节对虾(*Penaeus monodon*)在 38%蛋白饲料组的成活率最高(姜松, 2013),罗氏沼虾的最适饲料脂肪为 8% (李爱杰等, 2005)和 9% (孙龙生等, 2012)。本研究结果表明,日本沼虾在肌肉的营养价值方面, A₂B₂ 和 A₃B₂ 组的肌肉营养价值较高;在肝胰脏的健康方面, A₂B₂ 和 A₃B₃ 组的肝胰脏脂肪含量最高, A₁B₂ 组肝胰脏脂肪含量最低,其它各组相差不大; A₁B₁ 和 A₃B₃ 组的肝胰脏脂肪酶活力高于其它各组, A₂B₃ 和 A₃B₃ 组的肝胰脏蛋白酶活力较高。从生产性能来看, A₃B₁ 组的相对增重率最高,但并未显著高于 A₃B₂ 和 A₃B₃ 组。从伺

料的有效利用及生产成本考虑, 作者认为日本沼虾饲料的脂肪水平应以5%—8%较为合适, 蛋白质水平应在38%左右较为合适。

参 考 文 献

- 王军花, 曹春玲, 任杰等, 2011. 鄱阳湖日本沼虾肌肉营养成分分析. 南昌大学学报(理科版), 35(4): 380—383
- 中华人民共和国农业部, 2001. NY 5051-2001 无公害食品 淡水养殖用水水质. 北京: 中国标准出版社, 1—5
- 刘军, 龚世园, 何绪刚等, 2003. 湖北武湖日本沼虾的生长特性. 湖泊科学, 15(2): 177—183
- 刘立鹤, 郑石轩, 郑献昌等, 2003. 南美白对虾最适蛋白需要量及饲料蛋白水平对体组分的影响. 水利渔业, 23(2): 11—13
- 孙龙生, 王恒, 魏凯等, 2012. 日粮不同脂肪水平对罗氏沼虾生长及体组织组成的影响. 饲料工业, 33(16): 28—32
- 李爱杰, 郑述河, 2005. 罗氏沼虾的营养需要研究. 饲料工业, (4): 29—31
- 肖英平, 吴志强, 胡向萍等, 2009. 克氏原螯虾幼体发育时期消化酶活力及氨基酸含量研究. 淡水渔业, 39(1): 41—44
- 肖鸣鹤, 肖英平, 吴志强等, 2012. 养殖密度对克氏原螯虾幼虾生长、消化酶活力和生理生化指标的影响. 水产学报, 36(7): 1088—1093
- 吴志新, 陈孝煊, 罗宇良等, 1998. 不同饵料蛋白质含量对红螯螯虾生长的影响. 水利渔业, 18(4): 22—23
- 何林岗, 顾志敏, 尤秀芬等, 1993. 日本沼虾幼体摄食量及生长的研究. 海洋与湖沼, 24(2): 151—156
- 张余霞, 赵卫红, 2010. 蚯蚓、河蚌和小杂鱼对日本沼虾诱食效果的比较. 水产科技, 3: 18—20
- 张凌燕, 叶金云, 王友慧等, 2008. 配合饲料中不同蛋白质水平对日本沼虾生长的影响. 上海水产大学学报, 17(6): 668—673
- 陈义方, 李卓佳, 牛津等, 2012. 饲料蛋白水平对不同规格凡纳滨对虾蛋白质表观消化率和消化酶活性的影响. 南方水产科学, 8(5): 66—71
- 周萌, 王安利, 曹俊明, 2010. 饲料中不同形式的铜及添加量对凡纳滨对虾(*Penaeus vannamei*)生长性能、血清铜蓝蛋白和生长激素水平的影响. 海洋与湖沼, 41(4): 577—583
- 封功能, 韩光明, 王爱民等, 2011. 4种常规养殖虾肌肉营养成分分析与评价. 湖北农业科学, 50(5): 1004—1007
- 姜松, 黄建华, 林黑着等, 2013. 不同饲料蛋白水平下斑节对虾家系生长和存活比较研究. 上海海洋大学学报, 22(3): 349—356
- 黄凯, 吴宏玉, 朱定贵等, 2011. 饲料脂肪水平对凡纳滨对虾生长、肌肉和肝胰腺脂肪酸组成的影响. 水产科学, 30(5): 249—255
- 董云伟, 牛翠娟, 杜丽, 2001. 饲料蛋白质水平对罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)生长和消化酶活性的影响. 北京师范大学学报(自然科学版), 37(1): 96—99
- 谢国驹, 蔡永祥, 徐维娜等, 2007. 饲料蛋白水平对日本沼虾生长、消化酶和免疫酶的影响. 江苏农业学报, 23(6): 612—617
- 虞冰如, 沈斌, 1990. 日本沼虾饲料最适蛋白质、脂肪含量及能量蛋白比的研究. 水产学报, 14(4): 321—327
- 熊六凤, 陆伟, 2004. 青虾蛋白质及能量需要量的研究. 水利渔业, 24(6): 74—75
- Aclefors H, Castell J D, Boston L D *et al*, 1992. Standard experimental diets for crustacean nutrition research II growth and survival of juvenile crayfish *Astacus* fed diets containing various amounts of protein, carbohydrate and lipid. *Aquaculture*, 104 (3—4): 341—356
- Akiyama D M, 1991. Soybean meal Utilisation by Marine Shrimp. In: Akiyama D M, Tan R K H ed. *Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop, Thailand and Indonesia, September 19—25*. American Soybean Association, Singapore, 207—225
- Hari B, Kurup B M, 2006. The effect of dietary lipid levels on the nutrition and growth of juveniles of *Macrobrachium rosenbergii*. *Fish Technol*, 43(1): 65—72
- Joaquin P, Gutierrez Y U, Motes C, 2001. Bioenergetics of juveniles of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A*, 130: 29—38
- Jover M, Fernandez-Carmona J, Del Rio M C *et al*, 1999. Effect of feeding cooked-extruded diets, containing different levels of protein, lipid and carbohydrate on growth of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). *Aquaculture*, 178: 127—137
- Lim C, Ako H, Brown C L *et al*, 1997. Growth response and fatty acid composition of juvenile *Penaeus vannamei* fed different sources of dietary lipid. *Aquaculture*, 151: 143—153
- NRC, 1993. *Nutrient Requirements of Fishes*. National Academic Press, Washington, DC, 1—5

EFFECT ON DIFFERENT DIETARY LIPID AND PROTEIN LEVEL ON GROWTH PERFORMANCE, BODY COMPOSITION AND DIGESTIVE ENZYMES ACTIVITIES OF FRESHWATER SHRIMP *MACROBRACHIUM NIPPONENSIS*

SI Lie-Gang¹, ZOU Li-Chang², SHENTU Ji-Kang¹, ZHU Wei-Dong²

(1. Ningbo Academy of Oceanology and Fishery, Ningbo 315012, China; 2. Fishery Technology Extension Center of Yuyao, Yuyao 315400, China)

Abstract A bifactorial model was used to investigate the effect of dietary lipid and protein on growth performance, body composition and digestive enzymes activities of freshwater shrimp *Macrobrachium nipponensis*. Nine groups of *M. nipponensis* with three replicates and 10 shrimp [average weight (0.69 ± 0.23)g] per replicate were fed nine experimental diets containing three lipid levels (5%, 8% and 11%) and three protein levels (34%, 38% and 42%) for 64 days. The result showed that survival rate (SR) of *M. nipponensis* were not affected significantly ($P > 0.05$) by dietary lipid and protein. Weight gain (WG) and specific growth rate (SGR) of 32 days for *M. nipponensis* were affected significantly ($P < 0.05$) by dietary lipid. When grouped by lipid levels, the SGR and WG of *M. nipponensis* fed the diets B₃ were lower than that of shrimp fed the diets B₁ and B₂ ($P < 0.05$). Whole-body and muscle crude lipid (EF) were affected significantly ($P < 0.05$) by dietary lipid. Proximate analysis indicated that whole-body dry matter (DM), crude protein (CP) and ash contents or muscle CP and EF contents were affected significantly ($P < 0.05$) by dietary protein. Hepatopancreas lipase activities were affected significantly ($P < 0.05$) by dietary lipid. Hepatopancreas protease, lipase and amylase activities were not affected significantly ($P > 0.05$) by dietary protein. In conclusion, positive impacts of optimizing protein and lipid component in terms of economic and environmental concerns, diet containing lipid 5%—8% and protein 38% with protein was beneficial consequences of further refinement of commercial *M. nipponensis* production feed.

Key words *Macrobrachium nipponensis*; dietary; lipid; protein; growth; body composition; digestive enzymes