

文章编号: 1674-5566(2013)03-0349-08

不同饲料蛋白水平下斑节对虾家系生长和存活的比较研究

姜松^{1,2}, 黄建华¹, 林黑着¹, 杨其彬¹, 周发林¹, 邱丽华¹, 苏天凤¹, 江世贵¹

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所 农业部南海渔业资源开发利用重点实验室, 广东 广州 510300; 2. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306)

摘要: 研究了蛋白含量为34%、38%、42%的3种饲料对16个斑节对虾家系生长的影响。试验结果表明, 饲料中的蛋白水平影响家系的生长和成活率, 除14号和15号家系的特定生长率在38%组和42%组近似外, 其它家系的特定生长率均为34%组 < 38%组 < 42%组。11个家系在38%蛋白饲料组的成活率最高, 5个家系在34%蛋白饲料组的成活率最高, 4个家系在42%蛋白饲料组的成活率最高。16个家系间的生长差异随着饲料蛋白水平提高而缩小, 表明斑节对虾在低蛋白水平饲料下显现出生长遗传效应的显著差异。研究发现父母本均来源于非洲的10号家系特定生长率最高, 父母本来自同一地区的部分家系在不同蛋白饲料组内和组间生长存在显著差异。实验结果为通过家系选育筛选适应低蛋白水平饲料的快速品系提供了依据。

研究亮点: 评估了16个斑节对虾家系在不同饲料蛋白水平下的生长和存活的差异, 结果表明, 同一家系的特定生长率随饲料蛋白水平升高而增加, 但单因素方差分析发现饲料蛋白水平和家系两个因素没有显著交互作用, 表明斑节对虾家系的生长及对饲料蛋白的利用主要由遗传效应决定。实验为筛选快速生长且适应低蛋白水平饲料的斑节对虾品系提供了理论依据。

关键词: 斑节对虾; 家系; 特定生长率; 成活率; 饲料蛋白水平

中图分类号: S 968.22

文献标志码: A

在对虾养殖中, 饲料成本占养殖总成本的一半以上。当前对虾饲料主要依赖鱼粉作为蛋白源, 鱼粉的资源有限而需求猛增, 鱼粉的国际市场价格急剧上涨, 对虾饲料成本和价格随之升高, 影响了对虾养殖经济效益和产业可持续发展。一些学者通过开展可替代植物蛋白的研究, 减少对虾饲料中鱼粉的需求, 降低饲料和养殖成本, 不失为解决问题的方法之一^[1-2]。利用选择育种的方法, 选育出低蛋白需求或饲料蛋白高效利用的对虾新品种(系), 是解决问题的另一种办法。选择育种在凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)取得了很好的结果^[3-4], 获得了具有快速生长、高密度、抗桃拉病毒(TSV)新品种^[5-7]。研究也表明斑节对虾家系在生长^[8-9]、饲料利

用^[8]、抗病^[10]和抗逆^[11-12]等方面具有遗传差异, 家系选育是获得斑节对虾新品种的有效方法。

GONG等^[13]最新研究报道了饲料中蛋白水平和来源对两个凡纳滨对虾选育品系的生长和成活的影响。目前尚未见从斑节对虾优良品种(系)选育的角度分析饲料蛋白水平对其生长、成活率和遗传影响研究报道。已有研究表明斑节对虾饲料中蛋白质适宜含量约为30%~50%, 其中海水养殖的斑节对虾最适蛋白质需求量约为40%^[14-15]。通过家系选育的方法筛选适合低蛋白饲料养殖的斑节对虾快速生长新品系, 以降低现有饲料中的蛋白水平, 节约养殖成本, 增加经济效益, 将具有较好的应用前景。本文拟研究在不同蛋白水平饲料饲喂下斑节对虾各家系生长

收稿日期: 2012-10-17 修回日期: 2013-03-15

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-47); 广东省海洋渔业科技推广专项(A201101B03, A201201C01); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(2011YD01)

作者简介: 姜松(1987—), 男, 硕士研究生, 研究方向为斑节对虾种质资源与遗传育种。E-mail: tojiangsong@163.com

通信作者: 江世贵, E-mail: jiangsg@21cn.com

和存活的情况,分析斑节对虾家系和饲料蛋白水平两者间是否存在互作效应,以期为开展低蛋白需求的斑节对虾品系选育提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 亲虾培育和家系构建

本实验在中国水产科学研究院南海水产研究所深圳试验基地进行,以非洲莫桑比克(F)、泰国(T)、印度尼西亚(Y)、我国三亚(S)等自然海区的野生斑节对虾作为亲本,实验家系的建立与苗种培育方法参照杨其彬等^[16]和黄忠等^[8]的方法。采用巢式不平衡设计,以1尾雄虾对1~4尾雌虾,采用人工授精技术建立全同胞家系和半同胞家系,挑选16个产卵日期相近的家系,分别是T111-Y137、Y162-F399、T149、Y49、Y198、T121-Y137、Y174、T110-S132、T106-F304、F63-F230、T139-S132、Y115-Y168、Y123-Y104、T123-Y137、T182-T104和Y158-Y104。其中家系T111-Y137表示家系母本编号为T111(T为泰国来源),父本编号为Y137(Y为印度尼西亚来源),家系T149为泰国母本149号在海区自然交配后经人工催熟、产卵、孵化的后代培育而成,无法确定其父本。其他依此类推。

每个家系苗种培育到仔虾15 d后,分别取1 000尾放于长方形水泥池用围网隔成水流互通、大小相同的围隔中(100 cm × 120 cm × 80 cm),在几近相同的环境下标粗养殖1个月。每个家系挑选体长达到3 cm以上均匀个体进行荧光标记,按实验设计分组实验。

1.2 饲料配方及制备

采用红鱼粉、大豆粕、大豆浓缩蛋白(SPC)、花生麸为主要蛋白源,按等能量不等蛋白的原则进行配方设计,配制成34%、38%、42% 3个蛋白水平梯度的饲料(表1~2)。所有原料粉碎过80目筛,逐级混匀后加水搅拌,制成1.00和1.50 mm直径的颗粒饲料,在90℃烘箱(烘箱内放适量的清水)中烘烤2 h,在装有空调的房间内阴干,置于-20℃冰箱中保存备用。

1.3 实验设计与饲养管理

实验在9个规格为500 cm × 400 cm × 150 cm的室外水泥池中进行。按照3个饲料蛋白水平分为3组,每组设3个平行。每个水泥池养殖16个家系,每个家系20尾,共计320尾虾。各家系

均采用荧光注射标记区分,避免家系间的混淆不清。采用混养的方式,确保饲养过程中换水、温度、密度、投喂等所有条件尽量保持一致,排除外部环境所引起的误差。每天投喂3次,时间为8:00、17:00和22:00,日投饵量为虾体重的7%~8%,记录投饵量,并根据天气和摄食情况适当调节投喂量。养殖用水为沙滤海水。每周换水,清污1次,养殖周期为56 d。实验期间,用微管曝气盘24 h充气增氧,水温27~32℃,盐度31~33,pH 7.8~8.2,溶氧6.6~7.0 mg/L。

表1 试验饲料配方

Tab. 1 Ingredients of experimental diets

原 料	饲料蛋白水平/%		
	42	38	34
鱼粉	34	30	26
豆粕	9	7	5
大豆浓缩蛋白	10	9	8
花生麸	7	5	3
虾糠	5	5	5
鱿鱼内脏粉	3	3	3
高筋面粉	22.9	31.5	40.1
大豆卵磷脂	1	1	1
鱼油	2.4	2.8	3.2
氯化胆碱	0.5	0.5	0.5
维生素C	0.2	0.2	0.2
多维 ¹	1	1	1
多矿 ²	1	1	1
磷酸二氢钙	1	1	1
海藻酸钠	2	2	2
总和	100	100	100

注:1. 多维(g/kg): V_A 2.5, V_D 6.25, V_E 75, V_K 2.5, V_{B1} 0.25, V_{B2} 1.0, V_{B3} 5.0, V_{B6} 0.75, V_{B12} 2.5, V_{B5} 2.5, 叶酸 0.25, 生物素 2.5, 肌醇 379, 纤维素 500; 2. 多矿(g/kg): KCl 90, KI 0.04, NaCl 40, CuSO₄ · 5H₂O 3, ZnSO₄ · 7H₂O 4, CoSO₄ · 7H₂O 0.02, FeSO₄ · 7H₂O 20, MnSO₄ · H₂O 3, MgSO₄ · 7H₂O 124, Ca(HPO₄)₂ · 2H₂O 500, CaCO₃ 215。

表2 试验饲料营养成分

Tab. 2 Nutrient composition of experimental diets

原 料	饲料蛋白水平/%			
	42	38	34	
粒径1.50 mm(用于投喂大于4 cm的斑节对虾)	水分	10.05	10.38	10.57
	粗蛋白	42.03	38.14	34.08
	粗脂肪	6.55	6.07	6.54
	粗灰分	10.98	10.08	9.23
粒径1.00 mm(用于投喂4 cm的斑节对虾)	水分	9.85	10.29	9.38
	粗蛋白	42.12	38.09	34.27
	粗脂肪	6.69	6.32	7.19
	粗灰分	11.12	10.09	9.90

1.4 指标测定

实验开始前及结束后分别将虾饥饿 24 h 后,用毛巾吸干虾体表面水分,用电子天平称其质量(精确至 0.000 1 g)。生长指标为特定生长率(S_{GR}),成活率(S_R)。其计算公式如下:

$$S_{GR} = 100 \times (\ln W_t - \ln W_0) / t \quad (1)$$

$$S_R = 100 \times M / N \quad (2)$$

式中: S_{GR} 为特定生长率(%/d); S_R 为成活率(%); W_t 和 W_0 分别为试验结束后、试验开始前各家系斑节对虾的平均体重; t 为试验时间; M 为试验末虾尾数; N 为试验初虾尾数。

1.5 统计分析

试验数据采用 SPSS 17.0 软件进行单因素方差分析(ANOVA),并利用 Duncan's 多重比较法分析组间的差异显著性($P < 0.05$),利用 LSD 法进行单因素方差多重比较,试验数据用平均值 \pm 标准差(mean \pm SD)表示。

2 结果

2.1 不同蛋白水平饲料对斑节对虾家系特定生长率和成活率的影响

2.1.1 34% 蛋白水平饲料对斑节对虾家系特定

生长率和成活率的影响

经过 56 d 的生长测试试验,部分家系在 34% 蛋白水平饲料的饲喂下,生长性能和成活率存在差异。由表 3 可见,10 号家系的特定生长率最高(6.21%),显著高于其它家系($P < 0.05$);10 号家系的特定生长率比最低的 5 号家系(4.29%)高 44.76%。9 号家系次之,其特定生长率显著高于除 10 号外的其他家系($P < 0.05$),1 号、11 号、16 号家系特定生长率与 3 号、4 号、6 号、7 号、8 号、14 号家系不存在显著性差异($P > 0.05$),而显著高于 5 号、2 号、12 号、13 号和 15 号家系($P < 0.05$)。据此结果,在 34% 蛋白水平下,将 10 号、9 号家系确定为生长快速家系,1 号、11 号、16 号、3 号、4 号、6 号、7 号、8 号、14 号家系确定为生长中速家系,5 号、2 号、12 号、13 号、15 号家系确定为生长慢速家系。

从成活率方面,2 号家系和 14 号家系成活率最高,为 100%,显著高于其它家系($P < 0.05$),10 号家系成活率最低,为 20%,显著低于 5 号、12 号家系($P < 0.05$),极显著低于其它家系($P < 0.01$),其他家系间不存在显著性差异。

表 3 34% 蛋白水平饲料下斑节对虾家系特定生长率和成活率
Tab. 3 Effects of 34% protein level on growth and survival rate of *P. monodon* family

试验编号	家系编号	初均重/g	末均重/g	特定生长率/%	成活率/%
1	T111-Y137	0.49 \pm 0.02	8.36 \pm 0.16	5.09 \pm 0.04 ^c	82.50 \pm 3.54 ^{cd}
2	Y162-F399	0.65 \pm 0.02	9.53 \pm 0.25	4.73 \pm 0.09 ^d	95.00 \pm 7.07 ^a
3	T139	0.59 \pm 0.01	9.20 \pm 0.39	4.96 \pm 0.08 ^{cd}	97.50 \pm 3.54 ^{ab}
4	Y49	0.60 \pm 0.01	9.70 \pm 0.54	4.99 \pm 0.03 ^{cd}	87.50 \pm 3.54 ^{bcd}
5	Y198	0.58 \pm 0.04	6.47 \pm 0.11	4.29 \pm 0.04 ^f	57.50 \pm 3.54 ^f
6	T121-Y137	0.51 \pm 0	8.25 \pm 0.21	4.89 \pm 0.10 ^{cd}	77.50 \pm 3.54 ^{de}
7	Y174	0.50 \pm 0.06	7.23 \pm 0.54	4.77 \pm 0.02 ^{cde}	82.50 \pm 3.54 ^{cd}
8	T110-S132	0.52 \pm 0.02	8.01 \pm 0.23	4.93 \pm 0.05 ^{cd}	82.50 \pm 3.54 ^d
9	T106-F304	0.38 \pm 0.01	9.17 \pm 0.31	5.73 \pm 0.08 ^b	80.00 \pm 0.00 ^d
10	F63-F230	0.35 \pm 0	11.68 \pm 0.08	6.21 \pm 0.07 ^a	22.50 \pm 3.54 ^e
11	T139-S132	0.49 \pm 0	8.18 \pm 0.11	5.08 \pm 0.09 ^c	77.50 \pm 3.54 ^{de}
12	Y115-Y168	0.56 \pm 0	6.61 \pm 0.15	4.69 \pm 0.39 ^{de}	67.50 \pm 3.54 ^{ef}
13	Y123-Y104	0.65 \pm 0.03	8.80 \pm 0.19	4.46 \pm 0.28 ^{ef}	95.00 \pm 7.07 ^{abc}
14	T123-Y137	0.55 \pm 0	8.19 \pm 0.25	4.76 \pm 0.11 ^{cde}	100.00 \pm 0 ^a
15	T182-T104	0.48 \pm 0.01	5.92 \pm 0.30	4.50 \pm 0 ^{ef}	75.00 \pm 0 ^{de}
16	Y158-Y104	0.49 \pm 0.02	8.17 \pm 0.24	5.09 \pm 0.08 ^c	77.50 \pm 3.54 ^{de}

注:同列数据(平均值 \pm 标准差)上标字母不同者之间表示存在显著差异($P < 0.05$)。

2.1.2 38% 蛋白水平饲料对斑节对虾家系特定生长率和成活率的影响

38% 蛋白水平饲料对斑节对虾家系的特定生长率和成活率见表 4。由表 4 可见,10 号家系的特定生长率最高(6.46%),显著高于其它家系($P < 0.05$);10 号家系特定生长率比最低的 5 号

家系(4.78%)高 35.15%。9 号家系次之,其特定生长率显著高于除 10 号外的其它家系($P < 0.05$)。1 号、6 号、8 号、14 号和 16 号家系显著高于 2 号、5 号、12 号、13 号和 15 号家系,而 3 号、4 号、7 号和 11 号家系与他们之间无显著差异。据此结果,在 38% 蛋白水平饲料下,将 10

号、9号家系确定为生长较快速的家系;2号、5号、12号、13号和15号家系确定为生长速度较慢的家系,其余家系为生长中速的家系。

在成活率方面,10号家系成活率最低,为

40%,与其余各家系均存在着显著性差异($P < 0.05$),14号家系成活率最高,为100%,与10号、12号家系差异显著($P < 0.05$),同其余家系不存在显著性差异($P > 0.05$)。

表4 38%蛋白水平饲料下斑节对虾家系特定生长率和成活率
Tab.4 Effects of 38% protein level on growth and survival rate of *P. monodon* family

试验编号	家系编号	初均重/g	末均重/g	特定生长率/%	成活率/%
1	T111-Y137	0.48 ± 0.02	9.96 ± 0.13	5.42 ± 0.08 ^{cd}	87.50 ± 3.54 ^{ab}
2	Y162-F399	0.61 ± 0.02	10.32 ± 0.82	5.05 ± 0.09 ^{gh}	87.50 ± 3.68 ^{ab}
3	T139	0.58 ± 0.01	10.29 ± 0.25	5.13 ± 0.02 ^{efg}	82.50 ± 4.75 ^{ab}
4	Y49	0.60 ± 0.01	11.34 ± 0.88	5.24 ± 0.17 ^{def}	90.00 ± 4.14 ^{ab}
5	Y198	0.61 ± 0.03	8.80 ± 0.65	4.78 ± 0.01 ^h	82.50 ± 5.61 ^{ab}
6	T121-Y137	0.49 ± 0.02	10.42 ± 0.65	5.47 ± 0.11 ^{cd}	80.00 ± 4.14 ^{ab}
7	Y174	0.50 ± 0	8.83 ± 0.12	5.14 ± 0.23 ^{efg}	82.50 ± 3.54 ^{ab}
8	T110-S132	0.53 ± 0.01	10.25 ± 2.08	5.28 ± 0.28 ^{cd}	85.00 ± 7.07 ^{ab}
9	T106-F304	0.39 ± 0.02	10.99 ± 0.43	5.95 ± 0.12 ^b	85.00 ± 7.07 ^{ab}
10	F63-F230	0.35 ± 0.03	13.10 ± 0.52	6.46 ± 0.06 ^a	40.00 ± 4.14 ^c
11	T139-S132	0.49 ± 0.01	9.06 ± 0.18	5.20 ± 0.03 ^{defg}	85.00 ± 7.07 ^{ab}
12	Y115-Y168	0.55 ± 0	8.53 ± 0.08	4.89 ± 0.01 ^{gh}	60.00 ± 7.07 ^{bd}
13	Y123-Y104	0.62 ± 0.01	9.75 ± 0.22	4.91 ± 0.11 ^{gh}	95.00 ± 0 ^{ab}
14	T123-Y137	0.49 ± 0.01	10.99 ± 0.16	5.56 ± 0.01 ^c	100.00 ± 0 ^a
15	T182-T104	0.48 ± 0	8.06 ± 0.95	5.04 ± 0.17 ^{gh}	85.00 ± 0 ^{ab}
16	Y158-Y104	0.48 ± 0.02	10.19 ± 0.63	5.47 ± 0.18 ^{cd}	95.00 ± 0 ^{ab}

注:同列数据(平均值 ± 标准差)上标字母不同者之间表示存在显著差异($P < 0.05$)。

2.1.3 42%蛋白水平饲料对斑节对虾家系特定生长率和成活率的影响

42%蛋白水平饲料对斑节对虾家系的特定生长率和成活率见表5。由表5可见,10号家系的特定生长率最高(6.51%),除了与9号家系无显著差异外,显著高于其它家系,10号家系特定生长率比最低的5号家系(4.89%)高33.13%。9号家系特定生长率略小于10号家系,显著高于3号、5号、12号、13号和15号家系($P < 0.05$),

与其他各家系不存在显著性差异($P > 0.05$)。依此结果,在42%蛋白水平饲料下,将10号、9号家系确定为快速生长的家系;3号、5号、12号、13号和15号家系为生长速度较慢的家系,其余家系为中速生长的家系。10号家系成活率最低,为32.5%,与1号家系差异不显著($P > 0.05$),与其余各家系差异显著($P < 0.05$);2号、13号、14号、16号家系成活率最高,但与其余各家系不存在显著性差异($P > 0.05$)。

表5 42%蛋白水平饲料下斑节对虾家系特定生长率和成活率
Tab.5 Effects of 42% protein level on growth and survival rate of *P. monodon* family

试验编号	家系编号	初均重/g	末均重/g	特定生长率/%	成活率/%
1	T111-Y137	0.48 ± 0.01	10.75 ± 0.56	5.57 ± 0.25 ^{bc}	52.50 ± 3.54 ^{bc}
2	Y162-F399	0.61 ± 0.01	12.04 ± 1.58	5.56 ± 0.67 ^{bc}	95.00 ± 7.07 ^a
3	T139	0.57 ± 0.02	11.18 ± 0.69	5.31 ± 0.04 ^c	75.00 ± 7.07 ^{ab}
4	Y49	0.62 ± 0	12.48 ± 1.42	5.41 ± 0.27 ^{bc}	85.00 ± 5.21 ^{ab}
5	Y198	0.60 ± 0	9.30 ± 1.81	4.89 ± 0.27 ^c	75.00 ± 7.07 ^{ab}
6	T121-Y137	0.48 ± 0.03	11.80 ± 0.86	5.51 ± 0.21 ^{bc}	85.00 ± 7.07 ^{ab}
7	Y174	0.52 ± 0.01	10.95 ± 1.26	5.45 ± 0.41 ^{bc}	85.00 ± 7.07 ^{ab}
8	T110-S132	0.48 ± 0.01	10.03 ± 0.38	5.48 ± 0.02 ^{bc}	82.50 ± 3.54 ^{ab}
9	T106-F304	0.40 ± 0.02	12.23 ± 0.66	6.12 ± 0.12 ^{ab}	82.50 ± 3.54 ^{ab}
10	F63-F230	0.39 ± 0.04	15.40 ± 0	6.51 ± 0.05 ^a	32.50 ± 6.61 ^c
11	T139-S132	0.48 ± 0.02	10.00 ± 0.47	5.44 ± 0.02 ^{bc}	70.00 ± 4.14 ^{ab}
12	Y115-Y168	0.59 ± 0	10.15 ± 1.51	5.21 ± 0.51 ^c	77.50 ± 7.68 ^{ab}
13	Y123-Y104	0.62 ± 0.01	10.85 ± 1.88	5.11 ± 0.41 ^c	95.00 ± 7.07 ^a
14	T123-Y137	0.53 ± 0.01	12.41 ± 1.81	5.55 ± 0.07 ^{bc}	87.50 ± 3.54 ^a
15	T182-T104	0.48 ± 0	8.25 ± 1.90	5.04 ± 0.42 ^c	77.50 ± 3.54 ^{ab}
16	Y158-Y104	0.46 ± 0	10.26 ± 0.29	5.51 ± 0.02 ^{bc}	87.50 ± 5.61 ^a

注:同列数据(平均值 ± 标准差)上标字母不同者之间表示存在显著差异($P < 0.05$)。

2.1.4 斑节对虾在不同蛋白水平饲料下的生长特性

把所有斑节对虾家系看作一个整体,就得到了斑节对虾在 3 种蛋白水平饲料下的特定生长率和存活率情况(表 6),且这种种质来源丰富的家系组合能更好地代表斑节对虾。由表 6 可以看出,饲料蛋白含量对斑节对虾的生长有着显著影响,随着饲料中蛋白含量的增加,特定生长率呈逐渐上升的趋势,但增长的速率减弱。在 34% 蛋白含量的饲料组中,斑节对虾特定生长率小于整体平均水平,在 38% 和 42% 蛋白含量的饲料组中饲喂的斑节对虾特定生长率大于整体平均水平。

表 6 斑节对虾在 3 种饲料下的特定生长率和成活率

Tab.6 SGR and SR of *P. monodon* in three diet groups

	特定生长率/%	成活率/%
A 饲料	4.95 ± 0.47	79.22 ± 19.11
B 饲料	5.31 ± 0.42	82.66 ± 14.32
C 饲料	5.48 ± 0.39	77.81 ± 15.81
平均值	5.25 ± 0.43	79.90 ± 16.41

注:A 饲料代表蛋白水平为 34% 的饲料;B 饲料代表蛋白水平为 38% 的饲料;C 饲料代表蛋白水平为 42% 的饲料。

随着饲料中蛋白质含量的增加,斑节对虾成活率先上升,然后降低。38% 蛋白含量的饲料组中的斑节对虾具有高于整体平均水平的存活率,而 34% 和 42% 蛋白含量饲料组中的斑节对虾存活率则低于整体平均水平。

2.2 相同斑节对虾家系在不同蛋白水平饲料饲喂下生长和存活的比较

根据表 3~5 的结果,可以比较相同家系在不同蛋白水平饲料下的特定生长率和成活率(图 1~2)。由图 1 可见,除 14 号和 15 号家系的特定生长率在 42% 蛋白水平下基本等于 38% 蛋白水平组外,所有家系的特定生长率随着饲料中蛋白水平的升高而增加。相同家系高蛋白水平组的终末均重也高于低蛋白水平组(表 3~5)。其中,1 号、2 号、4 号、7 号、12 号、13 号、15 号等 7 个家系的特定生长率在 34%、38%、42% 3 种蛋白水平组未见显著性差异($P > 0.05$);6 号、9 号、10 号、14 号、16 号等 5 个家系特定生长率在 34% 和 38% 蛋白水平组存在显著性差异($P < 0.05$),但在 38% 和 42% 蛋白水平组无显著性的差异($P >$

0.05);5 号和 11 号 2 个家系特定生长率在 34% 和 38% 蛋白水平组不存在显著性差异($P > 0.05$),38% 和 42% 蛋白水平组存在显著差异($P < 0.05$);3 号家系在 3 种蛋白水平饲料饲喂下,特定生长率均有显著性差异($P < 0.05$);8 号家系的特定生长率在 34% 和 42% 蛋白水平下具有显著性差异($P < 0.05$),但 38% 蛋白水平下的生长结果和 34% 和 42% 均不具有显著性差异($P > 0.05$)。

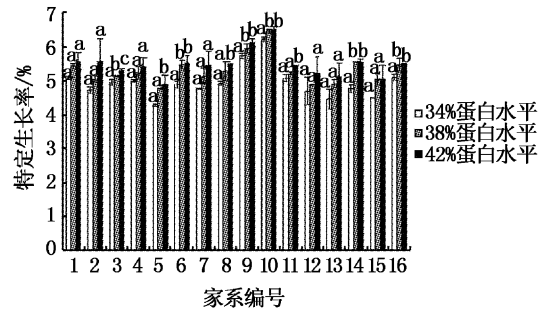


图 1 相同斑节对虾家系在不同蛋白水平饲料下的特定生长率

Fig.1 The SGR of the *P. monodon* families in different protein level diet groups

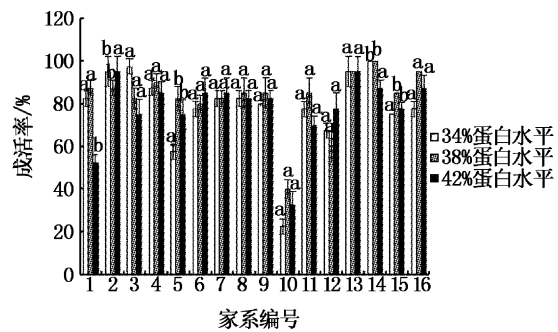


图 2 相同斑节对虾家系在不同蛋白水平饲料下的成活率

Fig.2 The SR of the *P. monodon* families in different protein level diet groups

在成活率方面,1、4、5、8、9、10、11、13、14、15、16 等 11 个家系在 38% 蛋白水平下的成活率高于或等于其它两组,2 号和 3 号家系在 34% 蛋白水平组成活率高于其它两组,6 号和 12 号 2 个家系在 42% 蛋白水平组成活率高于其它两组。1 号家系在 34% 和 38% 蛋白水平下不存在显著性差异($P > 0.05$),42% 蛋白水平下的成活率为 52.5%,显著低于 34% 和 38% 组(分别为 80% 和 87.50%, $P < 0.05$);5 号家系 38% 蛋白水平下的成活率(82.5%)显著高于 34% 蛋白水平组

(60.0%, $P < 0.05$), 42% 蛋白水平下的成活率 (75.0%) 和 34%、38% 均不具有显著性差异 ($P > 0.05$); 14 号家系 42% 蛋白水平下成活率 (87.5%) 显著低于 34% 和 38% 蛋白水平组 (均为 100%), 34% 和 38% 组不存在显著性差异 ($P > 0.05$)。其余家系的成活率在 3 种蛋白水平饲料饲喂下均未见显著性差异 ($P > 0.05$)。10 号家系的成活率在各家系间为最低 (20% ~ 40%)。

3 讨论

特定增长率是反应生物增长快慢的重要指标, 在本研究中, 16 个斑节对虾家系特定增长率均随着蛋白水平的提高而增加, 这与 SHIAU 等^[17]的研究结果类似。在对日本沼虾^[18-19]、罗氏沼虾^[20]、南美白对虾^[21]、红螯螯虾^[22]和锦鲤^[23]等的研究中也充分证实了饲料蛋白含量与生长的关系。在 3 种饲料组下特定增长率无差异的 7 个斑节对虾家系中, 1 号家系的特定增长率均超过所有家系的平均值, 表明通过家系选育的方法, 可以获得低蛋白水平饲料饲喂下生长良好的家系, 可以将该家系的对虾作为亲本留种, 将某些适宜低蛋白生长的基因性状加以固定, 获得优良的子代。成活率方面, 有 11 个斑节对虾家系在 38% 蛋白水平下最高, 5 个家系在 34% 蛋白水平下最高, 4 个家系在 42% 蛋白水平下最高。张凌燕等^[24]研究发现日本沼虾的成活率随着蛋白水平的升高而上升, 在蛋白含量 39.32% 的饲料饲喂下达到最大值, 之后随着饲料蛋白水平的增加而降低, 这与本研究的结果相似。申玉春等^[25]研究表明凡纳滨对虾随着饲料蛋白含量的增加而存活率增加。在本实验的低蛋白饲料组中, 低蛋白的饲料可能会增加斑节对虾个体间的相互残杀, 依此来补充其必需的蛋白质等营养成分, 从而降低其成活率; 在高蛋白饲料组中, 可能是由于斑节对虾生长速度快, 导致蜕壳频率快, 对虾蜕壳后易受到其它虾的攻击, 进而影响其成活率。

不同地域的野生斑节对虾群体存在种质差别^[26]。实验发现, 在 3 种蛋白水平饲料饲喂下, 父母本全部或部分非洲来源家系均表现出明显生长优势和成活率方面的劣势。父母本均来自泰国和印尼的家系间的生长和成活率存在显著

差异, 结果表明对虾在对低蛋白水平饲料利用上存在明显的种群遗传差异。目前, 有关对虾对蛋白需求和饲料利用率方面的遗传作用和影响的研究还极少, 对虾营养需要的遗传影响因素尚属未知。本研究发现, 相同蛋白水平饲料饲喂下, 部分家系间的生长存在显著或极显著差异, 随着饲料蛋白水平的提高, 同一蛋白水平饲喂下的家系间的成活率差异缩小。在 34% 低蛋白水平饲料组, 家系间的生长差异很大, 而在接近斑节对虾最适蛋白需求 (40%) 的 38% 和 42% 蛋白水平饲料组, 家系间的生长差异相对缩小。单因素方差分析发现饲料蛋白水平和家系两个因素没有显著交互作用, 结果表明, 斑节对虾家系的生长及对饲料蛋白的利用与遗传效应相关。在饲料蛋白水平高时, 表型的差异缩小; 在饲料蛋白水平较低时, 生长的遗传效应的显著差异便清楚地显现出来。

孙苗苗等^[11]认为斑节对虾家系的生长和对氨氮抗性方面也存在一定的母系效应。姚雪梅等^[27]发现凡纳滨对虾杂交系子一代的生长和成活率遗传力偏向母本, 母系遗传占主导地位。在本实验中, 对 3 个父本相同的父系半同胞家系间生长和成活率结果比较分析发现, 在 3 种蛋白水平饲料饲喂下, 1 号、6 号和 14 号 3 个父系半同胞家系间的特定增长率均无显著差异, 但其成活率在 34% 和 38% 蛋白组存在差异, 8 号和 11 号 2 个父系半同胞家系间的特定增长率和成活率均无显著差异, 13 号和 16 号 2 个父系半同胞家系间的特定增长率在 34% 和 38% 蛋白组存在显著差异, 成活率在 34% 蛋白组存在显著差异。结果表明家系的生长存在部分母性效应, 但父系半同胞家系数量太少, 尚有待进一步证实。

根据实验结果, 在低蛋白含量 (34%) 的饲料组中, 有 1、3、4、9、10、11、16 等 7 个斑节对虾家系的生长速度超过了该组中的平均生长速度, 其中 9 号和 10 号家系的斑节对虾超过了所有斑节对虾家系在 3 种饲料下的平均水平 (5.25%), 并且在高蛋白饲料组中仍然具有较快的生长速度。因此, 可以考虑将 10 号和 9 号家系生长快速的家系, 2 号和 14 号成活率高的家系作为亲本留种。根据本实验室现有的数据积累和技术手段, 从分子生物学角度, 对性状良好的斑节对虾家系进行分子标记, 然后通过进一步杂交、自交等手段把

这些优良性状聚合、固定下来,积累加性遗传效应,选育出可以稳定遗传、性状优良的品种。

参考文献:

- [1] AMAYA E, DAVIS D, ROUSE D. Alternative diets for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* [J]. *Aquaculture*, 2007, 262(2/4): 419-425.
- [2] SAMOCHA T, DAVIS A, SAOUD P, et al. Substitution of fish meal by co-extruded soybean poultry by-product meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* [J]. *Aquaculture*, 2004, 231(1/4): 197-203.
- [3] MOSS M, ARCE M, ARGUE J, et al. Greening of the blue revolution: efforts toward environmentally responsible shrimp culture [J]. *World Aquaculture Society*, 2001, 25(1): 1-19.
- [4] MOSS M, MOSS R, OTOSHI A, et al. An integrated approach to sustainable shrimp farming [J]. *Asian Fisheries Science*, 2010, 23(3): 591-605.
- [5] MOSS R, ARCE A, OTOSHI A, et al. Effects of inbreeding on survival and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* [J]. *Aquaculture*, 2007, 27(1): 30-37.
- [6] MOSS R, ARCE A, OTOSHI A, et al. Shrimp breeding for resistance to Taura syndrome virus [J]. *Global Aquaculture Advocate*, 2011, 36(2): 40-41.
- [7] ARGUE J, ARCE M, LOTZ M, et al. Selective breeding of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) for growth and resistance to Taura Syndrome Virus [J]. *Aquaculture*, 2002, 204(3/4): 447-460.
- [8] 黄忠, 林黑着, 黄建华, 等. 斑节对虾 6 个家系生长、饲料利用和全虾营养成分的比较 [J]. *南方水产*, 2009, 5(1): 42-47.
- [9] BENZIE H. A review of the genetics and environment on the maturation and larval quality of the giant prawn *Penaeus monodon* [J]. *Aquaculture*, 1997, 155(1/4): 69-85.
- [10] 王专伟, 黄建华, 杨其彬, 等. 15 个斑节对虾家系生长及抗白斑病毒分析 [J]. *海洋科学进展*, 2011, 29(4): 521-528.
- [11] 孙苗苗, 黄建华, 杨其彬, 等. 13 个斑节对虾家系的生长及抗氨氮特性比较 [J]. *上海海洋大学学报*, 2011, 20(4): 510-516.
- [12] 黄建华, 李永, 杨其彬, 等. 斑节对虾家系氨氮耐受性的比较 [J]. *南方水产科学*, 2012, 8(6): 37-43.
- [13] GONG H, JIANG D H, FRANK A, et al. Effects of dietary protein level and source on the growth and survival of two genetic lines of specific-pathogen-free Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei* [J]. *Aquaculture*, 2012, 338/341: 118-123.
- [14] 苗玉涛, 王维娜, 王安利, 等. 斑节对虾营养需求的研究进展 [J]. *水产科技情报*, 2001, 28(5): 207-209.
- [15] 王宏伟, 王安利, 王维娜, 等. 国外斑节对虾营养研究概述 [J]. *河北大学学报: 自然科学版*, 1998, 18(s): 98-104.
- [16] 杨其彬, 温为庚, 黄建华, 等. 斑节对虾 4 个不同地理群体建立家系的生长及成活 [J]. *南方水产*, 2010, 6(3): 36-40.
- [17] SHIAU Y, CHING C H, CHOV S, et al. Optimal dietary protein level of *Penaeus monodon* reared in seawater and brackish water [J]. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1991, 57: 711-716.
- [18] 谢国骝, 蔡永祥, 徐维娜, 等. 饲料蛋白水平对日本沼虾生长、消化酶和免疫酶的影响 [J]. *江苏农业学报*, 2007, 23(6): 612-617.
- [19] 虞冰如, 沈兹. 日本沼虾饲料最适蛋白质、脂肪含量及能量蛋白比的研究 [J]. *水产学报*, 1990, 14(4): 321-327.
- [20] 吴锐全, 肖学铮, 黄樟翰, 等. 罗氏沼虾饲料蛋白质最适含量的研究 [J]. *大连水产学院学报*, 2000, 15(3): 164-168.
- [21] 李广丽, 朱春化, 周歧存. 不同蛋白质水平的饲料对南美白对虾生长的影响 [J]. *海洋科学*, 2001, 25(4): 1-4.
- [22] 吴志新, 陈孝焯, 罗宇良, 等. 不同饵料蛋白质含量对红螯螯虾生长的影响 [J]. *水利渔业*, 1998, 98(4): 22-23.
- [23] 崔培, 姜志强, 王雪, 等. 不同蛋白水平的虾青素饲料对锦鲤体色、生长及免疫的影响 [J]. *上海海洋大学学报*, 2012, 21(3): 382-388.
- [24] 张凌燕, 叶金云, 王友慧, 等. 配合饲料中不同蛋白质水平对日本沼虾生长的影响 [J]. *上海水产大学学报*, 2008, 17(6): 668-673.
- [25] 申玉春, 陈作洲, 刘丽, 等. 盐度和营养对凡纳滨对虾蜕壳和生长的影响 [J]. *水产学报*, 2012, 36(2): 290-298.
- [26] MAHIDOL C, NANAKORN U, SUKMANOMON S, et al. Mitochondrial DNA diversity of the Asian moon scallop, *Amusium pleuronectes* (Pectinidae), in Thailand [J]. *Marine Biotechnology*, 2007, 9(3): 352-359.
- [27] 姚雪梅, 黄勃, 赖秋明, 等. 凡纳滨对虾自交系与杂交系早期生长和存活的比较 [J]. *水产学报*, 2006, 30(6): 791-795.

Effects of dietary protein levels on the growth and survival of *Penaeus monodon* from different families

JIANG Song^{1,2}, HUANG Jian-hua¹, LIN Hei-zhao¹, YANG Qi-bin¹, ZHOU Fa-lin¹, QIU Li-hua¹, SU Tian-feng¹, JIANG Shi-gui¹

(1. Key Lab of South China Sea Fishery Resources Utilization, Ministry of Agriculture, South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, Guangdong, China; 2. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Effects of dietary protein levels (34%, 38%, 42%) on the growth and survival of *Penaeus monodon* from 16 families were studied under laboratory conditions. The growth and survival of *Penaeus monodon* were significantly affected by the dietary protein levels. Except for shrimp from F14 family and F15 family, the specific growth rate (SGR) of *Penaeus monodon* increased with the increasing of dietary protein levels. A total of 11 families achieved the highest survival rate when the dietary protein level was 38%, and 5 families achieved the highest survival rate when the dietary protein level was 34%, while only 4 families achieved the highest survival rate when the dietary protein level was 42%. As the dietary protein level increased, the growth differences of the sixteen families reduced, and this may indicate that the genetic effects of shrimps in terms of growth can be revealed under lower dietary protein level. By comparing the parental source of the families, we found that Family 10 whose parents were from Africa achieved the highest SGR. Significant differences were found within the same group and among different protein level groups among those families whose parents were from the same region. Our results demonstrate that it is possible to get highly performed *Penaeus monodon* families whose dietary protein requirement was low via family selection program.

Key words: *Penaeus monodon*; family; specific growth rate; survival rate; dietary protein level