

黄斑蓝子鱼幼鱼对蛋白质和脂肪适宜需要量的研究

王树启, 徐树德, 吴清洋, 张 亮, 张 涛, 游翠红, 郑怀平, 李远友

(汕头大学 广东省海洋生物技术重点实验室, 广东 汕头 515063)

摘要: 采用酪蛋白为蛋白源、鱼油为脂肪源, 配制脂肪含量为 8% 而蛋白水平分别为 24%、28%、32%、36% 和 40%, 以及蛋白含量为 32% 而脂肪水平分别为 3%、6%、9% 和 12% 的 9 种配合饲料, 对黄斑蓝子鱼(*Siganus canaliculatus*) 幼鱼开展 8 周的生长试验, 以研究其对蛋白质和脂肪的适宜需要量。结果显示, 饲料中的蛋白质和脂肪含量对蓝子鱼的生长性能、饲料利用率及鱼体生化成分等都有一定的影响。蛋白水平过高(40%)或过低(24%)的饲料组鱼的生长效果较差; 32% 蛋白水平组鱼的增质量率和蛋白质效率最好、且显著高于其他各组, 而饲料系数显著低于其他各组。鱼体的蛋白质含量随着饲料蛋白水平的增加而呈上升趋势, 但水分、粗脂肪和灰分的含量不受影响。3% ~ 9% 脂肪水平组鱼的增质量率、饲料系数和蛋白质效率相互间无显著差异, 但它们的增质量率及蛋白质效率显著高于 12% 脂肪水平组鱼, 而饲料系数正好相反。肝体指数和鱼体脂肪含量随着饲料脂肪水平的增加而升高, 但鱼体的蛋白质和水分含量受饲料脂肪水平的影响不大。3% 脂肪水平组鱼的成活率较低。根据增质量率及蛋白质效率与饲料蛋白水平的二次回归分析, 获得蓝子鱼幼鱼对蛋白质的适宜需要量为 29.01% ~ 34.37%; 综合考虑上述指标, 认为蓝子鱼幼鱼饲料中脂肪的适宜添加量为 6% ~ 9%。

关键词: 黄斑蓝子鱼(*Siganus canaliculatus*); 蛋白质需要量; 脂肪需要量; 生长

中图分类号: Q959.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2010)11-0018-05

黄斑蓝子鱼(*Siganus canaliculatus*), 俗名长鳍蓝子鱼、沟蓝子鱼、白点蓝子鱼、白斑蓝子鱼, 它隶属鲈形目(Perciformes)、蓝子鱼科(Siganidae)、蓝子鱼属(*Siganus*), 是一种以植食性为主的海洋鱼类, 但也兼具杂食性和广盐性特点, 广泛分布于印度洋和太平洋西部, 以及中国南海和东海南部^[1]。蓝子鱼富含高度不饱和脂肪酸、特别是花生四烯酸^[2], 肉质细嫩, 味道鲜美, 骨刺较少, 营养价值高^[2], 种苗来源较广, 饲养周期较短, 病害较少, 已成为海水养殖专家积极推荐的规模化养殖新品种^[3]。近年来, 东南亚各国和中国广东、广西、福建和台湾等省区正在发展该鱼养殖, 其中福建厦门市的养殖规模较大, 年产量达 1 000 t^[4~7]。为了研制科学合理的蓝子鱼配合饲料用于其大规模的养殖生产, 有必要对其营养需求进行研究。为此, 本研究通过设计不同蛋白和不同脂肪水平的饲料喂养黄斑蓝子鱼, 通过生长性能和饲料利用率等方面的比较, 可获知该鱼对蛋白质和脂肪的适宜需要量, 为进一步研制其饲料配方提供参考依据, 同时可丰富草食性海水鱼类的营养学内容。

1 材料与方法

1.1 试验鱼

试验用黄斑蓝子鱼于 2007 年 4~5 月份捕自汕头

大学海洋生物实验室南澳临海实验站附近海域, 体长为 3~5 cm。先将鱼在海上网箱中暂养 2 周, 每天投喂生鲜杂鱼及一些大型海藻(龙须菜(*Gracilaria lemaneiformis*), 石莼菜(*Ulva lactuca*)等); 试验前将其转入室内水族箱中, 用几种试验饲料的混合料驯养 2 周后用于正式试验。

1.2 试验饲料

以酪蛋白为蛋白源、鱼油为脂肪源, 配制脂肪水平为 9% 而蛋白含量分别为 24%、28%、32%、36%、40%, 以及蛋白水平为 32% 而脂肪含量分别为 3%、6%、9%、12% 的 9 种配合饲料。饲料配方中各营养成分的比例主要根据蓝子鱼的食性及参考本课题组及他人在蓝子鱼的相关研究结果^[4~6, 8]进行确定, 具体组成及营养水平见表 1。将配好的粉状饲料用塑料袋装好并密封后, 保存于 -20 °C 冰箱中备用。正式试验时, 每天按各试验缸中鱼总质量的 1%~2% 称取粉状饲料, 添加一定比例的淡水调匀后, 捏成颗粒状(2 mm 左右)进行投喂。

收稿日期: 2009-12-23; 修回日期: 2010-06-28

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30972266 & 30671629); 广东高校科技成果转化重大项目(cgzhzd0812)

作者简介: 王树启(1977-), 男, 河北保定人, 讲师, 在职博士生, 主要从事鱼类营养与饲料科学研究, 电话: 0754-82903220, E-mail: sqw@stu.edu.cn

表 1 投喂蓝子鱼的 9 种配合饲料的营养组成(干质量百分比)

Tab. 1 Compositions of nine formulated diets fed to rabbitfish(dry weight/%)

饲料组成	营养组成(%)								
	不同蛋白水平组					不同脂肪水平组			
	24	28	32	36	40	3	6	9	12
酪蛋白	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	39.75	39.75	39.75	39.75
鱼油	9	9	9	9	9	3	6	9	12
淀粉	43.0	38.0	33.0	28.0	23.0	39.25	36.25	33.25	30.25
纤维素	12	12	12	12	12	12	12	12	12
混矿	4	4	4	4	4	4	4	4	4
多维	2	2	2	2	2	2	2	2	2
化学成分 (g/100 g,干物质)									
干物质	91.06	90.91	91.03	90.72	90.58	91.16	91.41	91.36	90.85
粗蛋白	24.15	28.08	32.33	36.44	40.05	32.33	32.24	32.15	32.18
粗脂肪	8.77	8.63	8.77	8.73	8.74	3.08	5.94	9.07	11.78
灰分	6.34	6.34	6.50	6.38	6.54	6.16	6.78	6.56	6.37

注: 酪蛋白购自甘肃华羚公司, 其蛋白含量为 80.8%; 鱼油购自山东禹王公司; 淀粉购自广州合成公司; 纤维素购自汕头中南轻化公司; 混矿、多维均购自广州诚一公司, 其详细成分见文献[8]

1.3 试验分组及日常管理

养殖试验分为 9 组, 每组设 3 个平行缸、投喂一种饲料。试验开始前, 让鱼禁食 24 h, 然后将健康、大小基本一致的鱼集中, 按每个水族缸(规格 50 cm × 60 cm × 80 cm)13 尾鱼的密度开展养殖试验; 将试验鱼用 0.01% 的苯氧基乙醇(α -phenoxyethanol)麻醉后逐条称质量。养殖用水为沙滤后的天然海水, 盐度 30 ± 2 。试验期间采用微流水养殖, 水温为 28 ± 3 , pH7.5 左右; 适量连续充气, 使水体溶氧 ≥ 5 mg/L; 每天清晨用虹吸法去除水族缸底部的粪便。每天投喂 2 次(8:30, 16:30), 让鱼在半小时内把投饵食完, 记录投饲量。养殖试验为 2007 年 7 月 5 日至 8 月 31 日, 共 8 周。

1.4 样品收集及测定

试验结束时, 让鱼禁食 24 h 后, 用 0.01% 苯氧基乙醇麻醉后逐尾称质量。每缸随机取 2 尾鱼(每处理组共 6 尾), 称质量、蒸煮、烘干、磨碎后, 将全鱼的粉状样品保存于 -20 中用于生化成分分析。

试验鱼的增质量率、蛋白质效率、饲料系数、成活率等参照作者已发表论文进行计算^[8]。饲料和全鱼样品的水分、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分含量均按国标方法测定。

1.5 数据分析处理

数据以同一处理组 3 个重复缸的平均值 $\pm$ 标准误(Mean $\pm$ SEM)表示, 各组数据用 Excel 初步处理后

用 Origin 软件进行单因素方差分析(ANOVA)和 Tukey 多重比较法分析, 当 $P < 0.05$ 时认为差异显著。

2 结果分析

2.1 不同蛋白水平饲料组蓝子鱼的生长效果和饲料利用率

利用蛋白水平为 24%~40% 的 5 种配合饲料饲养黄斑蓝子鱼 8 周后, 各饲料组鱼的成活率都达 95% 以上, 其生长性能和饲料利用率见表 2。结果显示, 当饲料中的蛋白水平过高(40%)或过低(24%)时, 蓝子鱼的生长效果较差; 当饲料中的蛋白含量为 32% 时, 各项生长参数指标最佳, 如增质量率和蛋白质效率显著高于其他各组, 而饲料系数显著低于其他各组 ($P < 0.05$)。以增质量率或蛋白质效率与饲料蛋白水平作二次回归分析, 二次方程 Y 轴(增质量率或蛋白质效率)抛物线顶点所对应的 X 轴(蛋白质水平)的数值被认为是饲料蛋白的适宜添加水平。本研究中, 增质量率与饲料蛋白水平的回归方程为 $y = -0.0031 x^2 + 0.2131 x - 2.6392$ ($r = 0.9159$), 从而得到蓝子鱼获得最佳生长的饲料蛋白水平为 34.37%; 蛋白质效率和饲料蛋白水平的回归方程为 $y = -0.0034 x^2 + 0.1973 x - 1.3308$ ($r = 0.8996$), 获得其饲料蛋白的适宜水平为 29.01%。从增质量率和蛋白质效率进行综合考虑, 可以认为蓝子鱼幼鱼饲料中蛋白质的适宜添加量为 29.01%~34.37%。

表 2 不同蛋白水平饲料组蓝子鱼的生长效果及饲料利用率

Tab. 2 Growth performance and feed utilization among *S. canaliculatus* fed with diets of different protein levels

项目	蛋白水平(%)				
	24	28	32	36	40
初体质量(g)	10.46 ± 0.29 ^a	10.49 ± 0.27 ^a	9.92 ± 0.10 ^a	9.86 ± 0.09 ^a	9.97 ± 0.03 ^a
末体质量(g)	13.55 ± 0.20 ^d	14.38 ± 0.12 ^b	14.86 ± 0.21 ^a	13.91 ± 0.14 ^{bc}	14.32 ± 0.28 ^b
增质量率(%)	30.19 ± 0.97 ^c	35.08 ± 1.89 ^b	48.04 ± 2.00 ^a	41.51 ± 1.92 ^b	41.46 ± 2.66 ^b
饲料系数	2.87 ± 0.06 ^a	2.59 ± 0.17 ^a	1.96 ± 0.06 ^c	2.25 ± 0.06 ^b	2.19 ± 0.07 ^b
蛋白质效率(%)	1.45 ± 0.03 ^b	1.48 ± 0.09 ^b	1.60 ± 0.05 ^a	1.23 ± 0.03 ^{bc}	1.14 ± 0.04 ^c

注: 同行数据中, 无相同上标字母者表示相互间显著差异($P < 0.05$), 下同

2.2 不同蛋白水平饲料组蓝子鱼的生化成分

不同蛋白水平饲料组蓝子鱼的生化成分见表 3。结果显示, 饲料蛋白水平为 36%和 40%的饲料组鱼

的蛋白含量显著高于 24%~32%饲料组鱼($P < 0.05$), 而不同饲料组鱼的水分、粗脂肪和粗灰分含量相互间无显著差异($P > 0.05$)。

表 3 不同蛋白水平饲料组蓝子鱼的体成分

Tab. 3 Body compositions of *S. canaliculatus* fed with diets of different levels of protein

体成分(%)	饲料蛋白水平(%)				
	24	28	32	36	40
水分	77.64 ± 0.49	76.50 ± 0.74	77.07 ± 0.86	76.78 ± 0.31	76.89 ± 0.44
粗蛋白	15.61 ± 0.10 ^b	15.43 ± 0.07 ^b	15.51 ± 0.06 ^b	16.73 ± 0.21 ^a	16.77 ± 0.14 ^a
粗脂肪	3.79 ± 0.69	3.87 ± 0.13	3.74 ± 0.40	3.81 ± 0.31	3.70 ± 0.12
灰分	3.82 ± 0.09	3.57 ± 0.15	3.84 ± 0.03	3.61 ± 0.36	3.45 ± 0.21

2.3 不同脂肪水平饲料组蓝子鱼的生长情况

利用不同脂肪水平饲料饲养黄斑蓝子鱼 8 周后, 其生长性能见表 4。结果显示, 饲料脂肪水平为 3%~9%的试验组鱼的增质量率、饲料系数和蛋白质效率相互间没有显著差异($P > 0.05$); 12%脂肪水平组鱼的增质量率显著低于 3%~9%脂肪水平组鱼, 其蛋白质效率显著低于 6%~9%脂肪水平组($P < 0.05$), 饲料系数正好相反。肝体指数随着饲料中脂肪含量的提高而增大, 其中 12%脂肪水平组鱼显著高于其他各组鱼($P < 0.05$)。3%脂肪水平组鱼的成活率最低(58.98%),

其他各组都大于 82%。综合考虑各种指标, 认为蓝子鱼幼鱼饲料中脂肪的适宜添加量为 6%~9%。

2.4 不同脂肪水平饲料组蓝子鱼的生化成分

饲料脂肪水平对蓝子鱼的生化成分有一定影响(表 5)。其中, 3%脂肪水平组鱼的水分含量显著高于 6%~9%脂肪水平组鱼($P < 0.05$), 但后者相互间无显著差异。鱼体粗脂肪的含量随日粮脂肪水平的增加而呈上升趋势, 其中 12%脂肪水平组鱼显著高于其他各组($P < 0.05$)。各饲料组蓝子鱼的粗蛋白和粗灰分含量相互间差异不显著($P > 0.05$)。

表 4 不同脂肪水平饲料组蓝子鱼的生长效果及饲料利用率

Tab. 4 Growth performance and feed utilization among *S. canaliculatus* fed with diets of different lipid levels

项目	饲料脂肪水平(%)			
	3	6	9	12
初体质量(g)	10.25 ± 0.19 ^a	10.06 ± 0.24 ^a	9.76 ± 0.08 ^a	9.69 ± 0.15 ^a
末体质量(g)	14.21 ± 0.28 ^a	14.10 ± 0.34 ^{ab}	14.07 ± 0.23 ^{ab}	12.67 ± 0.27 ^b
增质量率(%)	38.63 ± 1.87 ^a	40.16 ± 2.87 ^a	44.16 ± 1.59 ^a	30.75 ± 1.27 ^b
饲料系数	2.73 ± 0.15 ^{ab}	2.26 ± 0.19 ^b	2.17 ± 0.12 ^b	2.79 ± 0.10 ^a
蛋白质效率(%)	1.15 ± 0.06 ^{ab}	1.39 ± 0.11 ^a	1.57 ± 0.05 ^a	1.12 ± 0.04 ^b
肝体指数(%)	0.943 ± 0.100 ^c	1.148 ± 0.187 ^b	1.221 ± 0.089 ^b	1.556 ± 0.195 ^a
成活率(%)	58.98	82.05	89.74	89.74

表 5 不同脂肪水平饲料组蓝子鱼的体成分

Tab. 5 Body compositions of *S. canaliculatus* fed with diets of different levels of lipid

体成分 (%)	饲料脂肪水平(%)			
	3	6	9	12
水分	78.05 ± 0.49 ^a	76.76 ± 0.91 ^b	76.80 ± 0.23 ^b	76.62 ± 0.72 ^b
粗蛋白	15.47 ± 0.57	15.61 ± 0.17	15.41 ± 0.56	16.07 ± 0.21
粗脂肪	3.12 ± 0.02 ^c	3.18 ± 0.06 ^c	3.71 ± 0.02 ^b	4.01 ± 0.02 ^a
灰 分	3.84 ± 0.15	3.74 ± 0.03	4.03 ± 0.36	3.87 ± 0.21

3 讨论

蛋白质是饲料中影响鱼类生长的关键营养物质之一,它占饲料成本的比例最大。在鱼类营养学生长实验中,主要有两类参数指标用于评估其营养需要量:一类是生长速率指标,如增质量率等;另一类则是反映鱼体对饲料及其营养物质利用效率的指标,如饲料系数、蛋白质效率等。本研究以增质量率和蛋白质效率为主要评估指标,得出黄斑蓝子鱼幼鱼对蛋白质的适宜需要量为 29.01%~34.37%,评估方法与张文兵等^[9]在南方鲇(*Silurus meridionalis*)、以及王桂芹等^[10]在翘嘴红鲌(*Erythroculter ilishaeformis*)中使用的方法相同。

本研究中,随着饲料中蛋白质水平的升高,蓝子鱼增质量率和蛋白质效率都呈先上升后下降的趋势。可能是当饲料蛋白含量较低时(24%, 28%),鱼体摄入的蛋白不能满足其良好生长的需要,因而生长达不到最佳状态;而当饲料蛋白水平过高时(36%, 40%),摄入过多的蛋白质可能导致体内分解代谢增强,产生过多的代谢副产物,因而会增加鱼体的代谢负担,甚至使鱼体的正常代谢状态发生紊乱,进而不利于鱼体的生长。这种情况在其他鱼类也有类似报道^[9~12]。

鱼类对蛋白质的需要量与其食性有关。一般认为,肉食性鱼类的蛋白质需求量在 40%以上,杂食性鱼类为 30%左右,草食性鱼类低于 30%^[11]。例如,几种鱼类的幼鱼对蛋白质的适宜需要量分别为:南方鲇 47%~51%^[9],翘嘴红鲌 37.43%~41.15%^[10],罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)28%~35%^[12]。黄斑蓝子鱼是以植食性为主的杂食性鱼类,本研究获得其幼鱼对蛋白质的适宜需要量为 29.01%~34.37%,符合上述一般规律。

脂肪是维持动物正常生长和发育的重要能量和必需脂肪酸来源,还可以协助对脂溶性物质的吸收,以及起到节约蛋白质的作用。本研究结果表明,饲料

脂肪水平为 6%~9%时较适合蓝子鱼的生长,过高(12%)或过低(3%)均不利于其生长。饲料中脂肪含量过低,可能难以满足鱼体对必需脂肪酸的需要,导致鱼的体质变弱等,这可能与 3%脂肪组鱼成活率较低有关。相似报道也见于真鲷(*Pagrus major*)的研究中^[13]。饲料中脂肪含量过高,一方面可能会影响鱼的食欲和摄食效果,因而使增质量率降低^[14];另一方面可能对鱼体的肝体指数产生影响,因为,鱼体的肝体指数是反映其营养方式的敏感指标之一^[14]。相对于肉食性鱼类来说,杂食性鱼类在满足自身对必需脂肪酸的需求后,多余的脂肪一般不是作为能源物质来消耗,而是在肝脏中积累^[13]。因此,随着饲料中脂肪含量的升高,蓝子鱼的生长并没有明显变化,肝体指数却明显增加。这也是本研究中,6%和 9%饲料脂肪水平组蓝子鱼的肝体指数要显著高于 3%脂肪水平组或显著低于 12%脂肪水平组的原因。这与王爱民等在异育银鲫(*Carassius auratus gibelio*)获得的结果类似^[14]。黄斑蓝子鱼幼鱼对脂肪的适宜需要量为 6%~9%,与杂食性瓦氏黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)的脂肪适宜需要量(6%~9%)相同^[15]。

总之,本研究通过生长试验,获得黄斑蓝子鱼幼鱼对蛋白质和脂肪的适宜需要量分别为 29.01%~34.37%和 6%~9%,这将为科学设计蓝子鱼的饲料配方提供参考依据。考虑到蓝子鱼是以植食性为主的杂食性鱼类,为研制适合其养殖需要的高效、低成本配合饲料,有必要对饲料其他营养成分的适宜添加量、饲料中适宜的能量蛋白比、以及植物蛋白的适宜添加量等进行研究。

致谢:本研究得到汕头大学广东省海洋生物技术重点实验室南澳临海实验站陈伟洲老师、孙泽伟老师以及上海水产大学生命科学学院郑周兴同学的帮助,在此表示感谢。

参考文献:

[1] 马强,刘静. 蓝子鱼科的系统研究概况及我国蓝子鱼

- 科的研究展望[J]. 南方水产, 2006, 2(4): 68-74.
- [2] 庄平, 宋超, 章龙珍, 等. 黄斑蓝子鱼肌肉营养成分与品质的评价[J]. 水产学报, 2008, 32(1): 77-83.
- [3] 杨金海, 章龙珍, 庄平, 等. 人工养殖长鳍蓝子鱼消化道指数及 3 种消化酶活性分布[J]. 海洋科学, 2009, 33(7): 43-50.
- [4] 陆忠康. 蓝子鱼养殖现状及其发展前景[J]. 现代渔业信息, 1996, 11(3): 20-23.
- [5] 任维美. 东南亚的蓝子鱼类养殖[J]. 水产科技情报, 1998, 25(4): 189.
- [6] 张邦杰, 梁红杰, 毛大宁, 等. 黄斑蓝子鱼的池塘驯养及有关生物学初探[J]. 现代渔业信息, 1999, 14(4): 11-15.
- [7] 冯广朋, 庄平, 章龙珍, 等. 黄斑蓝子鱼海水网箱单养与池塘混养技术初探[J]. 科学养鱼, 2007, 5: 26-27.
- [8] Li Y Y, Hu C B, Zheng Y J, *et al.*. The effects of dietary fatty acids on liver fatty acid composition and $\Delta 6$ -desaturase expression differ with ambient salinities in *Siganus canaliculatus* [J]. *Comp Biochem Physiol*, 2008, 151B: 183-190.
- [9] 张文兵, 谢小军, 付世建, 等. 南方鲷的营养学研究: 饲料的最适蛋白质含量[J]. 水生生物学报, 2000, 24(6): 603-609.
- [10] 王桂芹, 周洪琪, 陈建明, 等. 翘嘴红鲌对饲料蛋白的营养需求及豆粕对鱼粉的适宜替代量[J]. 中国水产科学, 2006, 13(2): 277-285.
- [11] 刘焕亮. 关于中国水产养殖动物对营养物质需求量的研究[J]. 大连水产学院学报, 2002, 17(3): 187-195.
- [12] 李远友, 孙泽伟, 杨云霞, 等. 尼罗罗非鱼在淡水和海水中的生长及对蛋白质需求的比较[J]. 水产科学, 2004, 23(10): 1-4.
- [13] Takeuchi T, Shiina Y, Watanabe T. Suitable protein and fat levels in diet for fingerling of red sea bream *Pagrus major* [J]. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1991, 57: 293-299.
- [14] 王爱民, 徐跑, 李沛, 等. 异育银鲫饲料中适宜脂肪需求量研究[J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(6): 661-667.
- [15] 黄钧, 冯健, 孙挺, 等. 瓦氏黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco* Richardson)幼鱼日粮中主要营养素需要量研究[J]. 海洋与湖沼, 2009, 40(4): 437-445.

Optimal levels of protein and lipid in diets for rabbitfish *Siganus canaliculatus* juvenile

WANG Shu-qi, XU Shu-de, WU Qing-yang, ZHANG Liang, ZHANG Tao, YOU Cui-hong, ZHENG Huai-ping, LI Yuan-you

(Guangdong Provincial Key Laboratory of Marine Biology in Shantou University, Shantou 515063, China)

Received: Dec, 23, 2009

Key words: *Siganus canaliculatus*; protein requirement; lipid requirement; growth

Abstract: With casein as the protein source and fish oil as the lipid source, nine formulated diets with 8% lipid but different levels of protein (24%, 28%, 32%, 36% and 40%) or 32% protein but different levels of lipid (3%, 6%, 9% and 12%) were made and used to feed *Siganus canaliculatus* juveniles for 8 weeks, to determine the optimum requirements for protein and lipid in diets. The results showed that dietary contents of protein and lipid affected the growth performance, feed utilization, and biochemical composition of fish. Fish fed with diets of the highest (40%) or lowest (24%) level of protein displayed the worst growth performance, while those fed with diet of 32% dietary protein showed best performances, including the highest weight gain (WG) and protein efficiency rate (PER), and the lowest feed conversion rate (FCR), which were significantly different with any other dietary groups. Fish protein content was notably increased with the increase of dietary protein levels, but fish moisture or crude lipid was not significantly affected. WG, PER or FCR showed no significant difference among 3% ~ 9% dietary lipid groups. However, WG in 3% ~ 9% lipid groups, as well as PER in 6% ~ 9% dietary lipid groups, were significantly higher than that in 12% dietary lipid group. Reverse result was observed for FCR. Both hepatosomatic index (HSI) and fish lipid content were increased with the increase of dietary lipid levels, however, fish protein and moisture were not affected. In addition, 3% dietary lipid group showed low survival rate. According to the quadratic regression analysis of WG or PER with dietary levels of protein, the optimal requirement of protein in diets of *S. canaliculatus* juveniles was 29.01%~34.37%; Considering all the indexes mentioned above, the optimum addition level of lipid in *S. canaliculatus* diet was 6%~9%.

(本文编辑: 谭雪静)