

豆粕替代鱼粉对点篮子鱼生长性能的影响

高荣兵¹, 庄平^{1,2*}, 章龙珍², 刘鉴毅², 侯俊利², 冯广朋², 邹雄³

(1. 华东理工大学生物工程学院, 上海 200237;

2. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 农业部海洋与河口渔业资源及生态重点开放实验室, 上海 200090;

3. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306)

摘要: 以豆粕替代鱼粉配置5组等氮(35%)等能(19.00 MJ/kg)饲料, 豆粕:鱼粉替代比分别为0:1(D₁)、1:2(D₂)、1:1(D₃)、2:1(D₄)、1:0(D₅), 研究豆粕蛋白对体重(104.64 ± 2.76) g点篮子鱼生长性状、体成分、生物学指标的影响, 从而确定点篮子鱼饵料中最佳的动植物蛋白比。试验在室内圆锥形孵化桶中进行, 分5个处理, 每个处理3个重复, 每个重复25尾鱼。49 d养殖试验结果表明, 饲料中豆粕含量对点篮子鱼生长有显著影响, 特定生长速率(SGR)、增重率(WG)、摄食率(FI)与替代比成负相关, 对照组(D₁) [11.87(100 g)/d] FI显著高于全豆粕组(D₅) [5.81(100 g)/d]。饲料系数(FCR)与替代比成正相关, D₅组FCR高达2.97。饲料中豆粕含量水平对肌肉粗蛋白与水分含量无显著影响, 对全鱼粗蛋白和脂肪影响显著, 粗蛋白在D₅组取得最小值19.11%。肝脏蛋白含量随饲料中豆粕含量增加呈先增加后降低趋势, 高豆粕含量组肝脏脂肪含量显著低于低豆粕组。蛋白替代对点篮子生物学指标影响较小。综合考虑SGR、FCR、FI等指标, 点篮子鱼饲料中豆粕替代鱼粉比不宜大于1:2。但从肌肉营养成分方面考虑, 替代比可以达到2:1。

关键词: 点篮子鱼; 蛋白替代; 生长特性; 体成分; 生物学指标

中图分类号: S 963

文献标识码: A

鱼粉作为水产饲料的主要蛋白源, 因其蛋白含量高、氨基酸组成平衡、适口性良好、抗营养因子少, 一直被广泛应用于水产养殖业^[1]。全世界的水产养殖规模正以每年11%的速度增长^[2], 但全球鱼粉的年产量却日趋下降, 近年来鱼粉的年产量仅维持在600~700万t, 造成了优质饲料蛋白源的供求不平衡^[3-4]。因此, 寻找优质的鱼粉替代原料、研究替代蛋白源的添加比例, 已成为水产养殖业能否可持续发展的关键问题, 具有相对的优先权^[5-6]。豆粕因具有高蛋白含量、价格合理、来源稳定、氨基酸模式理想等优点, 一直作为优质鱼粉替代物广泛地被加以研究^[7]。

点篮子鱼(*Siganus guttatus*), 具有杂食偏植食性特点, 野生条件下主要摄食藻类^[8], 目前一

直与其他经济鱼类混养, 充当“清道夫”的角色。由于具有营养价值高、繁殖量大、生长速率快、环境适应性强(如广温、广盐、杂食)等优点, 近年点篮子鱼的繁育及养殖在我国东南沿海迅速兴起^[9]。在水产养殖品种集约化生产过程中, 饲料成本占整个养殖环节成本50%以上^[10]。因此, 要早日实现海水植食性鱼类点篮子鱼养殖新品种的产业化, 饲料研发是其中的重要环节^[11]。目前, 饲料生产企业主要采用鱼粉作为全蛋白源, 并参考其他鱼类人工饲料配伍生产专用饲料, 还没有针对点篮子鱼营养需求的全价人工配合饲料。

本文采用普通豆粕作为鱼粉的替代蛋白源, 较系统地研究了饲料中添加豆粕对点篮子鱼生长与肌肉生化成分的影响, 以期对点篮子鱼全价人工配合饲料的开发提供理论依据。

收稿日期:2010-06-29 修回日期:2010-07-30

资助项目:上海市科技兴农重点攻关项目[沪农科攻字(2009)第5-7号];上海市科委科技成果转化项目(093919N1300)

通讯作者:庄平, Tel:021-65807868, E-mail:pzhuang@online.sh.cn

1 材料与方 法

1.1 实验用鱼与养殖方法

本实验于 2009 年 11 月至 2010 年 2 月在中国水产科学院东海水产研究所海南琼海研究中心进行。实验用鱼购于琼海当地的一个养殖户。实验养殖设施包括圆锥形养殖桶(0.5 m³)、充气气头和投料台,养殖桶底阀门可调节桶内水体体积,气头连在一个可控气体流量的充气柱上,饵料台用来节约饲料避免饵料浪费,保证饲料系数计算的可靠性。实验用水为当地天然海水,沙滤 48 h 后使用,饲养期间水温为 20.5 ~ 25 °C、盐度(33 ± 1)、pH 7.8 ~ 8.2、溶氧 > 5.5 mg/L,氨氮 < 0.2 mg/L,硫化物低于检测最低标准,自然光照时间(12L:12D)。实验用鱼在 12 m³(3 m × 4 m × 1 m)水泥池里先暂养 14 d,实验前逐一选取体格健壮、大小规格相近,平均体重(104.64 ± 2.76) g,并总体称重,将实验鱼随机置于实验养

殖桶中,每个处理设 3 个重复,每重复 25 尾,适应 7 d 后开始正式实验。每天投喂两次(09:00 和 14:30),至饱食。投喂期间停止充气,隔天换水 80% 左右,每 4 天清理养殖容器。第 28 天和第 49 天分别进行生物学性状统计。

1.2 实验饲料

以鱼粉和豆粕为蛋白源,配制 5 种等氮(35%)等能(19.00 MJ/kg)蛋白源差异饲料,木薯淀粉作为糖源,鱼油和豆油为脂肪源,麦麸为补充物(表 1)。对照组以 100% 鱼粉为蛋白源(D₁),其他 4 组以豆粕替代鱼粉提供蛋白,替代比(豆粕:鱼粉)分别为 1:2(D₂)、1:1(D₃)、2:1(D₄)、1:0(D₅)。饲料配方和生化组分见表 1。鱼粉、豆粕、鱼油和豆油均购于自上海飞帆饲料有限公司,其他成分购于上海富朗特动物保健有限公司。固体原料经粉碎后过 60 目筛,用绞肉机制成直径为 2 mm 颗粒料,50 °C 下烘干置于 4 °C 冰箱中保存备用。

表 1 实验饲料配方及生化组分

Tab. 1 Formulation and composition of the experimental diets g/100g, dry weight

原料 ingredients	饲料组成 diet composition				
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅
鱼粉 fish meal	48.4	35.6	28.2	20.9	0
豆粕 soybean meal	0	17.8	28.2	41.8	67.4
鱼油 + 豆油 fish and soybean oil	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
木薯淀粉 cassava starch	23.4	19.2	16.7	11	7.5
麦麸 wheat bran	9.7	8.9	8.4	7.8	6.6
VC - 磷酸酯 ascorbyl-2-monophosphate	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
氯化胆碱 choline chloride(50%)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
维生素混合物 vitamin mix ¹	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
矿物质混合物 mineral mix ²	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
化学成分 composition as analysis					
水分 moisture	6.32	7.79	7.96	9.58	7.51
粗蛋白 crude protein	34.99	34.88	35.49	35.53	35.14
粗脂肪 crude lipid	15.52	13.72	13.92	13.82	11.39
灰分 ash	15.90	14.81	15.49	14.06	14.82
总能(MJ/kg)GE	18.98	19.17	19.16	18.80	19.07

注:1. 维生素复合物(mg/kg 饲料干重): V_A 6 500 000 IU, V_{D₃} 840 000 IU, V_E 30 000 IU, V_{K₃} 2 000 mg, V_{B₁} 5 300 mg, V_{B₂} 10 000 mg, V_C 70 000 mg, V_{B₆} 4 000 mg, V_{B₁₂} 20 mg, D - 生物素 100 mg, 叶酸 700 mg, 烟酰胺 47 000 mg, D - 泛酸钙 20 000 mg, 肌醇 70 000 mg, 载体 脱脂米糠, 水分 < 10%; 2. 矿物质混合物(g/kg 饲料干重): 磷酸二氢钙 0.67; 乳酸钙 1.67; 柠檬酸铁 0.16; MgSO₄ · 7H₂O 0.67; 磷酸氢二钾 1.16; 磷酸氢二钠 0.42; 氯化铝 · 6H₂O 0.03; ZnSO₄ · 7H₂O 0.21; CuSO₄ · 5H₂O 0.05; 硫酸锰 0.03; 碘化钾 0.03; CoCl₂ · 6H₂O 0.03; Celufil 44.87.

Notes: 1. Vitamin mix: V_A 6 500 000 IU, V_{D₃} 840 000 IU, V_E 30 000 IU, V_{K₃} 2 000 mg, V_{B₁} 5 300 mg, V_{B₂} 10 000 mg, V_C 70 000 mg, V_{B₆} 4 000 mg, V_{B₁₂} 20 mg, Biotin 100 mg, Folic acid 700 mg, Niacinamide 47 000 mg, Calcium pantothenate 20 000 mg, Inositol 70 000 mg, Carrier defatted rice bran, moisture < 10%; 2. Mineral mix: Ca(H₂PO₄)₂ · H₂O, 0.67; Calcium lactate, 1.67; Ferric citrate, 0.16; MgSO₄ · 7H₂O, 0.67; K₂HPO₄, 1.16; NaH₂PO₄ · H₂O, 0.42; AlCl₃ · 6H₂O, 0.03; ZnSO₄ · 7H₂O, 0.21; CuSO₄ · 5H₂O, 0.05; MnSO₄ · H₂O, 0.03; KI, 0.03; CoCl₂ · 6H₂O, 0.03; Celufil 44.87.

1.3 样品采集及分析方法

取样前禁食 1 d, 每个重复实验鱼总体称重; 每个重复随机选取 10 尾鱼, 其中 3 尾烘干后用作全鱼样品测定, 7 尾鱼分别测体重、体长、内脏重、空壳重、肝重、肠道重、肠系膜脂肪重等指标, 并取肌肉、肝脏等组织。水分、脂肪、蛋白、灰分按 GB 5009—85 推荐方法测定, 能量采用氧弹仪 (parr6100, USA) 来测量。

1.4 数据分析

数据用 SPSS 11.5 软件进行单因素方差分析 (One-Way ANOVY), Duncan 氏多重比较, 数据以 mean \pm SD 表示, $P < 0.05$ 为差异性显著。

特定增长率 SGR (special growth rate, %/d)、饲料系数 FCR (feed conversion rate)、成活率 SR (survival rate, %)、肥满度 CF (condition factor, g/cm^3)、脏体比 VSI (viscerasomatic index, %)、肝体比 HSI (hepatopancreasomatic index, %)、肠脂比 MFI (mesenteric fat index, %)、增重率 WG (weight gain, %)、蛋白质效率 PER (protein efficiency ratio, %)、摄食率 FI (feed intake, 100 g/d) 等计算公式如下:

$$\text{SGR} = 100 \times (\ln W_t - \ln W_0) / t;$$

$$\text{FCR} = W_f / (W_t - W_0);$$

$$\text{SR} = 100 \times (N_t - N_0) / N_0;$$

$$\text{CF} = 100 \times W_t / L_t^3;$$

$$\text{VSI} = 100 \times \text{内脏重}(\text{g}) / W_t(\text{g});$$

$$\text{HSI} = 100 \times \text{肝重}(\text{g}) / W_t(\text{g});$$

$$\text{MFI} = 100 \times \text{肠系膜脂肪重}(\text{g}) / W_t(\text{g});$$

$$\text{WG} = 100 \times (W_t - W_0) / W_0;$$

$$\text{PER} = 100 \times (W_t - W_0) / P;$$

$$\text{FI} = 100 \times W_f / [t \times (W_t + W_0) / 2]$$

式中, W_t : 实验结束鱼重 (g); W_0 : 实验开始鱼重 (g); W_f : 饲料投喂总量; N_t : 实验结束鱼尾数; N_0 : 实验开始鱼尾数; t : 饲养周期 (d); L_t : 实验结束体长 (cm); P : 蛋白质摄入量 (g)

2 结果

2.1 豆粕替代鱼粉对点篮子鱼生长特性的影响

豆粕部分或者全部替代鱼粉提供蛋白对点篮子鱼的生长性状有明显的影响 (表 2), SGR 随饲料中豆粕含量的增加显著减小, 其变化范围为 0.44 ~ 0.078 %/d, 各组间差异显著。全豆粕组 (D_5) SGR 为 0.078 %/d, 表明养殖期间该组实验对象生长缓慢。PER 随饲料中豆粕含量的增加逐渐减小, 其变化范围为 2.67% ~ 0.96%, 对照组 (D_1) 与其他实验组有显著差异 ($P < 0.05$), D_2 与 D_3 、 D_4 与 D_5 差异不显著 ($P > 0.05$)。对照组 PER 高于所有实验组, 表明饲料中豆粕能显著降低点篮子对饵料蛋白的利用率。FCR 随着豆粕含量的增加逐渐增大, D_1 与 D_2 、 D_2 与 D_3 两两间差异不显著。FI 与饲料中豆粕含量呈负相关趋势, 对照组显著高于全豆粕组, 部分替代组间没有显著性差异。CF 随豆粕含量增加逐渐减小, 其变化范围为 3.29 ~ 2.94 g/cm^3 , 对照组 (D_1) 与其他实验组有显著差异。本实验中存活率不受饲料中豆粕含量的影响。

表 2 豆粕替代鱼粉对点篮子鱼生长的影响

Tab. 2 Effects of dietary fish meal replaced by soybean meal on growth performance of *S. guttatus*

参数 parameters	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
初重 (g) initial weight	105.03 \pm 1.46	104.60 \pm 0.70	102.87 \pm 4.79	104.99 \pm 0.58	105.70 \pm 4.17
末重 (g) final weight	130.67 \pm 0.80 ^a	121.03 \pm 2.87 ^b	116.33 \pm 5.87 ^{bc}	114.51 \pm 0.40 ^{bc}	109.83 \pm 4.14 ^c
增重率 (%) WG	24.42 \pm 2.11 ^a	15.70 \pm 2.03 ^b	13.08 \pm 0.48 ^c	9.07 \pm 0.88 ^d	3.92 \pm 7.20 ^e
特定生长速率 (%/d) SGR	0.44 \pm 0.04 ^a	0.30 \pm 0.04 ^b	0.25 \pm 0.09 ^c	0.18 \pm 0.02 ^d	0.078 \pm 0.00 ^e
蛋白质效率 (%) PER	2.67 \pm 0.18 ^a	2.28 \pm 0.38 ^b	1.98 \pm 0.16 ^b	1.15 \pm 0.11 ^c	0.96 \pm 0.05 ^c
饲料系数 FCR	1.07 \pm 0.08 ^a	1.27 \pm 0.19 ^{ab}	1.44 \pm 0.12 ^b	2.50 \pm 0.23 ^c	2.97 \pm 0.15 ^d
摄食率 (100 g/d) FI	11.87 \pm 0.11 ^a	9.35 \pm 0.40 ^b	9.12 \pm 0.48 ^b	9.33 \pm 0.03 ^b	5.81 \pm 0.34 ^c
肥满度 (g/cm^3) CF	3.29 \pm 0.21 ^a	3.10 \pm 0.29 ^b	3.07 \pm 0.35 ^{bc}	3.04 \pm 0.21 ^{bc}	2.94 \pm 0.18 ^c
存活率 (%) SR	100%	100%	100%	100%	100%

注: 同一行中参数上方字母相同代表无显著性差异 ($P > 0.05$), 反之则有显著性差异 ($P < 0.05$)。

Notes: Values in the same row with different superscripts are significantly different from each other ($P < 0.05$).

2.2 豆粕替代鱼粉对点篮子鱼体成分的影响

豆粕替代鱼粉对全鱼水分没有差异性影响, 但对全鱼粗蛋白和脂肪影响显著, 粗蛋白在全豆

粕组 (D_5) 取得最小值 19.11% (表 3)。肌肉脂肪含量与饲料豆粕含量基本呈负增长趋势, 低豆粕含量组 (D_1 , D_2) 脂肪含量显著高于高豆粕含量组

(D₃, D₄, D₅);肌肉蛋白和水分与饲料中豆粕含量没有显著相关性。肝脏脂肪受饲料豆粕影响显著,低豆粕含量组脂肪含量显著高于高豆粕含量组,且其变化范围为 15.47% ~ 21.35%;肝脏蛋白含量随饲料中豆粕含量增加呈先增加后降低趋势,且在 D₅组取得最小值 12.96%;高豆粕含量组

肝脏水分含量显著高于低豆粕含量组。

2.3 VSI、MFI 与 HSI

点篮子鱼的生物学指标受饲料中豆粕含量影响较小。MFI 和 HSI 随饲料中豆粕含量的增加没有显著的变化,但豆粕对 VSI 影响显著, D₄和 D₅组明显低于其他实验组(表 4)。

表 3 豆粕替代鱼粉对点篮子鱼全鱼、肌肉和肝脏组成的影响(以湿重计)
Tab.3 Effects of dietary fish meal replaced by soybean meal on composition of whole body, muscle and liver of *S. guttatus* (wet weight)

	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅
全鱼成分 whole body					
粗蛋白 CP	19.54 ± 0.21 ^{ab}	19.55 ± 0.18 ^{ab}	19.66 ± 0.31 ^{ab}	19.92 ± 0.25 ^b	19.11 ± 0.23 ^a
粗脂肪 CF	7.68 ± 0.08 ^a	8.28 ± 0.14 ^c	7.90 ± 0.02 ^{ab}	8.14 ± 0.13 ^{bc}	7.86 ± 0.38 ^{ab}
水分 M	68.68 ± 0.45	68.69 ± 0.99	68.67 ± 1.17	68.00 ± 1.91	69.34 ± 0.63
灰分 Ash	5.83 ± 0.07 ^{ab}	5.87 ± 0.06 ^{ab}	5.70 ± 0.03 ^b	5.95 ± 0.13 ^a	5.71 ± 0.10 ^{ab}
肌肉成分 muscle					
粗蛋白 CP	20.77 ± 0.06	20.78 ± 0.23	20.93 ± 0.12	20.89 ± 0.09	20.84 ± 0.18
粗脂肪 CF	3.73 ± 0.12 ^a	3.85 ± 0.10 ^a	3.43 ± 0.09 ^b	3.34 ± 0.05 ^b	3.49 ± 0.15 ^b
水分 M	74.47 ± 0.76	74.39 ± 0.81	74.65 ± 0.22	74.76 ± 0.48	73.67 ± 0.48
肝脏成分 liver					
粗蛋白 CP	13.09 ± 0.44 ^a	14.66 ± 0.13 ^b	15.04 ± 0.20 ^b	13.44 ± 0.30 ^a	12.96 ± 0.01 ^a
粗脂肪 CF	21.35 ± 0.04 ^a	19.27 ± 0.02 ^b	20.00 ± 0.35 ^c	15.47 ± 0.00 ^d	15.49 ± 0.51 ^d
水分 M	62.63 ± 0.18 ^a	62.73 ± 0.13 ^b	61.26 ± 0.34 ^b	66.08 ± 0.48 ^c	67.72 ± 0.02 ^d

注:同一行中参数上方字母相同代表无显著性差异($P > 0.05$),反之则有显著性差异($P < 0.05$)。

Notes: Values in the same row with different superscripts are significantly different from each other ($P < 0.05$).

表 4 豆粕替代鱼粉对点篮子鱼 VSI、MFI 与 HSI 的影响

Tab.4 Effects of dietary fish meal replaced by soybean meal on biological indices of *S. guttatus*

参数 parameters	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅
脏体比 VSI	7.38 ± 0.77 ^{ab}	7.49 ± 0.95 ^{ab}	7.72 ± 1.25 ^b	6.68 ± 0.72 ^a	6.68 ± 0.83 ^a
肠脂比 MFI	1.46 ± 0.52	1.27 ± 0.38	1.70 ± 0.64	1.58 ± 0.33	1.29 ± 0.44
肝体比 HSI	1.14 ± 0.25	0.99 ± 0.26	1.07 ± 0.24	0.96 ± 0.13	1.00 ± 0.17

注:同一行中参数上方字母相同代表无显著性差异($P > 0.05$),反之则有显著性差异($P < 0.05$)。

Notes: Values in the same line with different superscripts are significantly different from each other ($P < 0.05$).

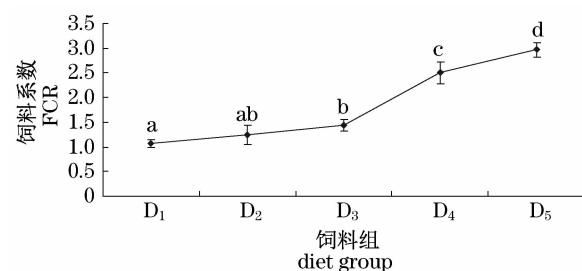


图 1 饲料豆粕含量与点篮子鱼 FCR 间的关系

Fig.1 Relationship between soybean meal insertion and FCR of *S. guttatus* in diets

3 讨论

鱼粉需求不断增长、价格提升、世界范围内鱼粉供求关系的不平衡,使得水产养殖业对鱼粉替代物有着大量而迫切的需求。然而,鱼粉替代物必须

具有以下两个基本特征:一是每一蛋白单位具有比鱼粉更低的单价、对鱼体的性状(如消化、生长、抗病能力等)不会产生负面影响;二是作为商品具有环境友好特质(氮、磷的排放便于控制、易储存加工)等^[10]。因植物蛋白具有绝对的价格优势,所以一直是广大学者追逐研究的热点,如对海鲷(*Diplodus puntazzo*)^[11]、金头鲷(*Sparus aurata*)^[12]、大西洋鳕(*Gadus morhua*)^[13]、红鲷(*Pagrus major*)^[14]、军曹鱼(*Rachycentron canadum*)^[10]、黑鲈(*Dicentrarchus labrax*)^[15]和虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)^[16]的最适动植物蛋白含量进行了深入的研究。研究发现,不同鱼类对豆粕的利用情况不一样,但一致认为草食性和杂食性鱼类都能较好地利用植物蛋白,其饲料中动植物蛋白比例一般较肉食性鱼类低^[17]。

本实验发现,在不补充外援氨基酸的情况下,各试验组间 SGR 存在显著性差异。全豆粕饲料组,经过 49 d 饲喂,其 SGR 指数仅为 0.078%/d, WG 为 3.92%。FCR 与饲料中豆粕含量呈负相关(图 1),D₅组取得最大值 3.92;PER 随饲料中豆粕含量的增加逐渐减小,D₂与 D₃、D₄与 D₅组间没有显著性差异。饲料中豆粕替代鱼粉对点篮子鱼 SGR、FCR、PER 影响显著,这主要是由于豆粕中抗营养因子存在、氨基酸不平衡及适口性下降所导致。目前研究发现,抗营养因子对水产养殖对象的生长速度、机体免疫性、肠道完整性等都有一定的影响。Krogdahl^[18]等和 Vielma 等^[19]报道豆粕中的抗营养因子能通过降低鲑科鱼类的消化率和蛋白利用率来降低其生长速度。Biswas 等^[14]通过向含豆粕饲料中加入植酸酶,证明了抗营养因子对养殖对象的危害;饲料中添加豆粕对红海鲤 (*Pagrus major*) 的增重、SGR、消化能力、营养物和能量的保持率有明显的影响,并且显著低于全鱼粉饲料组,但添加植酸酶的实验组生长性状显著提高。Deng 等^[20]指出,豆粕所引发的饲料适口性问题也是导致生长缓慢的原因之一。饵料适口性下降,引起 FI 降低,从而导致生长缓慢。虽然本实验中点篮子鱼的存活率没有受到豆粕替代的影响,但 Van den Ingh 等^[21]指出,饲料中的高豆粕含量可以影响肠道的完整性, Baeverfjord 等^[22]也认为,由豆粕诱发的肠炎经常导致大规模细胞死亡,在水产养殖过程中较为常见。

另外,温度对 SGR 也有显著影响,Elliott^[23]、Weatherley 等^[24]、Koskela 等^[25]分别对褐鳟 (*Salmo trutta*)、红大马哈鱼 (*Oncorhynchus nerka*)、波罗的海鲑 (*Salmon salar*) 做了调查;Keembiyehetty 等^[26]的研究也发现,温度对杂交条纹鲈鱼 (*Morone chrysops* ♀ × *Morone saxatilis* ♂) 的生长和营养摄取具有显著的影响。本实验期间,养殖水体温度变化范围为 20.5 ~ 24.5 °C,比点篮子鱼的平均生长温度(25 ~ 29 °C)低,这应该是导致点篮子鱼生长性能不佳的一个因素。

实验结果表明,豆粕替代对点篮子鱼的全鱼蛋白和肌肉成分影响不显著,肌肉蛋白含量与饲料中豆粕含量无显著相关性;含豆粕组全鱼蛋白含量与对照组间差异性较小,但全豆粕组(D₅)的全鱼蛋白含量显著低于其他实验组,这主要是由

低生长速率和缺乏某些必需氨基酸所引起,为了保证机体正常的生理代谢,机体动用了大量的蛋白。Gómez-Requeni 等^[27]、Vilhelmsson 等^[28]研究发现,当饵料中的必需氨基酸/非必需氨基酸含量减少时,蛋白代谢速率增加。肝脏脂肪和蛋白受豆粕含量影响显著,目前关于豆粕替代与肝脏蛋白之间关系的研究很少。本实验结果显示,肝脏蛋白含量与饲料中豆粕含量呈先升高后降低趋势。这可能是因为豆粕大比例替代鱼粉导致某些维生素缺乏,诱发一些酶的辅酶或者辅助因子缺失,导致肝脏蛋白代谢异常所引起的。Martin 等^[29]研究发现,虹鳟鱼饵料中含 30% 的豆粕蛋白能改变肝脏应激蛋白的结构,表明饵料诱导了生理应激反应。肝脏蛋白在一定程度上可以作为豆粕替代对养殖对象影响的良好指示剂。

4 结论

豆粕对点篮子鱼的生长、体成分和生物学指标都有一定的影响。综合考虑 SGR、FCR、PER、FI 等指标,点篮子鱼饲料中豆粕替代鱼粉比不宜大于 1:2。但从肌肉营养品质方面考虑,替代比可以达到 2:1。

参考文献:

- [1] 周歧存,麦康森,刘永坚,等. 动植物蛋白源替代鱼粉研究进展[J]. 水产学报,2009,29(3):404-410.
- [2] Tidwell J H, Allan G L. Fish as food; aquaculture's contribution[J]. EMBO Rep, 2001, 2:958-963.
- [3] 李二超,陈立侨,顾顺樟,等. 水产饲料蛋白源营养价值的评价方法[J]. 海洋科学,2009,33(7):113-117.
- [4] Tacon A G J. Trends in aquaculture production with particular reference to low-income food-deficit countries 1984 - 1993 [J]. FAO Aquaculture Newsletter, 1996, 12:6-9.
- [5] Hardy R W, Kissil G W M. Trends in aquaculture feeding[J]. Feed Mix, 1997, 5:31-34.
- [6] 陈乃松,艾庆辉,王道尊. 欧洲鳗配合饲料中大豆蛋白替代鱼粉的研究[J]. 水产学报,1998,22(3):283-287.
- [7] Storebakken T, Refstie S, Ruyter B. Soybean meal or bacterial meal fed to Atlantic salmon (*Salmo Salar*): evaluation of different faecal collection methods[J]. Aquaculture, 2000, 169:195-210.
- [8] Westernhagen H V. The Natural food of the rabbitfish *Siganus oramin* and *S. striolata* [J]. Marine

- Biology,1973,22:367-370.
- [9] 刘鉴毅,章龙珍,庄平,等.点篮子鱼人工繁育技术研究[J].海洋渔业,2009,31(1):73-82.
- [10] Lunger A N,Craig S R,McLean E. Replacement of fish meal in cobia (*Rachycentron canadum*) diets using an organically certified protein [J]. Aquaculture,2006,257:393-399.
- [11] Hernandez M D, Martinez F J, Jover M, et al. Effects of partial replacement of fish meal by soybean meal in sharpnout seabream (*Diplodus puntazzo*) diet [J]. Aquaculture, 2007, 263: 159-167.
- [12] Nury B S L, Silvia M L, Ana T V, et al. Effect of high-level fish meal replacement by pea and rice concentrate protein on growth, nutrient utilization and fillet quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*, L.) [J]. Aquaculture,2009,298:83-89.
- [13] Hansen A C, Rosenlund G, Karlsen Q, et al. Total replacement of fish meal with plant proteins in diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) I — Effects on growth and protein retention [J]. Aquaculture,2007, 272:599-611.
- [14] Biswas A K, Kaku H, Ji S E, et al. Use of soybean meal and phytase for partial replacement of fish meal in the diet of red sea bream, *Pagrus major* [J]. Aquaculture,2007,267:284-291.
- [15] Kaushik S J, Coves D, Dutto G, et al. Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a marine teleost the European seabass, *Dicentrarchus labrax* [J]. Aquaculture, 2004, 230: 391-404.
- [16] Kaushik S J, Cravedi J P, Lalles J P, et al. Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* [J]. Aquaculture,1995,133:257-274.
- [17] Sala E, Ballesteros E. Partitioning of space and food resources by three fish of the genus *Diplodus* (Sparidae) in a Mediterranean rocky infralittoral ecosystem [J]. Mar Ecol Prog Ser, 1997, 152: 273-283.
- [18] Krogdahl Å, Lea T B, Olli J L. Soybean proteinase inhibitors affect intestinal trypsin activities and amino acid digestibilities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Comp Biochem Physiol A,1994,107: 215-219.
- [19] Vielma J, Makinen T, Ekholm P, et al. Influence of dietary soy and phytase levels in performance and body composition of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and algal availability of phosphorus load [J]. Aquaculture, 2000, 183: 349-362.
- [20] Deng J, Mai K, Ai Q, et al. Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate on feed intake and growth of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* [J]. Aquaculture,2006,258:505-513.
- [21] Van den Ingh, Olli J J, Krogdahl Å, et al. Alcohol-soluble components in soybeans cause morphological changes in the distal intestine of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. [J]. Fish Dis,1996,19:47-53.
- [22] Baeverfjord G, Krogdahl Å. Development and regression of soybean meal induced enteritis in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., distal intestine: a comparison with the intestine of fasted fish [J]. J Fish Dis,1996,19:375-387.
- [23] Elliott J M. The effects of temperature and ration size on the growth and energetics of salmonids in captivity [J]. Comp Biochem Physiol B,1982,73: 81-91.
- [24] Weatherley A H, Gill H S. The biology of fish growth [M]. London: Academic Press,1987:443.
- [25] Koskela J, Pirhonen J, Jobling M. Feed intake, growth rate and body composition of juvenile Baltic salmon exposed to different constant temperatures [J]. Aquacult Int,1997,5:351-360.
- [26] Keembiyehetty C N, Wilson R P. Effect of water temperature on growth and nutrient utilization of sunshine bass (*Morone chrysops* ♀ × *Morone saxatilis* ♂) fed diets containing different energy/protein ratios [J]. Aquaculture,1998,166:151-162.
- [27] Gómez-Requeni P, Mingarro M, Kirchner S, et al. Effects of dietary amino acid profile on growth performance, key metabolic enzymes and somatotrophic axis responsiveness of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) [J]. Aquaculture,2003,220: 749-767.
- [28] Vilhelmsson O T, Martin S A M, Medale F, et al. Dietary plant-protein substitutes affects hepatic metabolism in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Br J Nutr,2004,92:71-80.
- [29] Martin S A M, Vilhelmsson O T, Medale F, et al. Proteomic sensitivity to dietary manipulation in rainbow trout [J]. Biochem Biophys Acta, 2003, 1651:17-29.

Effects of replacement of fish meal by soybean meal on growth characters of *Siganidae*(*Siganus guttatus*)

GAO Rong-bing¹, ZHUANG Ping^{1,2*}, ZHANG Long-zhen², LIU Jian-yi²,
HOU Jun-li², FENG Guang-peng², ZOU Xiong³

(1. School of Biotechnology, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China;

2. Key and Open Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries, Ministry of Agriculture,

East China Sea Fishery Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;

3. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: A 49-day feeding experiment was conducted to evaluate the effects of replacement of fish meal by soybean meal in *Siganus guttatus* [with the initial weight (104.64 ± 2.76) g] diets on fish growth performance, body composition and biological indices and to determine the optimum soybean meal concentration in *S. guttatus* diets. Five isonitrogenous and isoenergetic diets were formulated containing 35% protein and 19.00 MJ/kg gross energy. The replacement ratio (soybean meal: fish meal) was 0:1 (D₁), 1:2 (D₂), 1:1 (D₃), 2:1 (D₄), 1:0 (D₅). *S. guttatus* which were fed to satiate twice daily, were cultured in conical rearing tanks (0.5 m³) with 25 ind per tank and three replications per group. The results showed that the growth performance of *S. guttatus* was significantly affected by the concentration of soybean meal in the diets. Weight Gain (WG), Special Growth Rate (SGR) and Feed Intake (FI) had a negative correlation with diet soybean meal concentration. WG and SGR were maximized when fish were fed with pure fish meal, 24.42% and 0.44 %/d, respectively. Significant differences were observed in SGR in each group. The value of FI in D₁ was significantly higher than that in D₅. Feed Conversion Rate (FCR) had a positive correlation with diet soybean meal concentration. The lowest value of FCR was found in D₁, but there was no significant difference between D₁ and D₂. There was also no obvious difference between D₂ and D₃. The replacement had no significant effects on muscle crude protein and moisture but had marked influence on whole body crude protein and fat. The lowest value of whole body crude protein was observed in D₅ (19.11%). Liver crude protein content tended to increase first and then decrease, with increasing soybean meal concentration in diets. Liver crude fat in higher soybean meal concentration diets is significantly lower than in lower soybean meal concentration diets. The replacement had no significant effect on biological indices except Viscerasomatic Index. The replacement ration should be less than 1:2 in *S. guttatus* diets based on SGR, FCR, FI and some other parameters. However, considering the muscle quality of *S. guttatus*, it is indicated that the replacement ratio could amount to 2:1.

Key words: *Siganus guttatus*; protein replacement; growth performance; body composition; biological indices

Corresponding author: ZHUANG Ping. E-mail: pzhuang@online.sh.cn