

文章编号:1000-0615(2002)03-0242-05

## 饲料蛋白质和能量水平对红姑鱼 生长和鱼体组成的影响

刘永坚, 刘栋辉, 田丽霞, 冯 健, 梁桂英, 杜震宇

(中山大学生命科学学院, 广东 广州 510275)

**摘要:**采用 3 × 3 因子试验确定不同蛋白质和脂肪水平实用饲料对红姑鱼生长和鱼体组成的影响。初始平均体重为 2.73g 的试验鱼放养在 27 个 2.5m × 1.5m × 1.3m 的网箱中, 每箱放养 60 尾。用饲料蛋白质水平为 38%, 42% 和 46%, 脂肪水平为 5%, 8% 和 12% 的试验饲料饲养鱼 8 周。结果表明特定生长率和饲料系数以高蛋白组 (HP, 46%) 显著高于中蛋白组 (MP, 42%) 和低蛋白组 (LP, 38%) ( $P < 0.05$ ); 饲料脂肪水平对鱼的生长和饲料系数没有显著影响 ( $P > 0.05$ ); 随饲料 DP/DE 降低, 脏体比和肝体比增加; 随饲料可消化能增加, 全鱼和肝脏的脂肪含量增加, 但对机体的蛋白含量、氨基酸构成和灰分含量没有多大的影响。从本试验可初步认为红姑鱼幼鱼最适饲料蛋白质水平为 46%, 可消化能比 (DP/DE) 为  $119\text{mg} \cdot \text{kcal}^{-1}$ 。

**关键词:**红姑鱼; 蛋白质; 脂肪

中图分类号: S963 文献标识码: A

## Effect of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of juvenile *Sciaenops ocellatus*

LIU Yong-jian, LIU Dong-hui, TIAN Li-xia, FENG Jian, LIANG Gui-ying, DU Zheng-yu  
(School of Life Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China)

**Abstract:** A 3 × 3 factorial feeding trial was made to determine the effect of dietary protein level and lipid level on growth and body composition of *Sciaenops ocellatus*. Juvenile fish whose initial mean weight was 2.73g were randomly distributed in 27 nets (2.5m × 1.5m × 1.3m) and were fed with test diets containing gradual protein levels (38%, 42%, 46%) and lipid levels (5%, 8%, 12%) for 8 weeks. It is found that specific growth rates (SPR) and feed conversion ratio (FCR) were significantly higher in fish fed with high protein diets (HP, 46%) than those fed with medium protein diets (MP, 42%) and low protein diets (LP, 38%) ( $P < 0.05$ ). No significant difference was found among groups fed with different lipid levels diet in the same protein level ( $P > 0.05$ ). Viscerosomatic and hepatosomatic index increased with reducing of the dietary DP/DE. Lipid content of whole body and hepatocreatase increased with increasing of the dietary digestible energy. However, protein and ash content and amino acid composition of whole body were not affected by dietary treatment. It is recommended that the optimal dietary protein level and the ratio of protein and digestible energy (DP/DE) of juvenile *Sciaenops ocellatus* are 46% and  $119\text{mg} \cdot \text{kcal}^{-1}$ .

收稿日期: 2001-08-02

资助项目: 广东恒兴集团有限公司资助

作者简介: 刘永坚 (1956-), 男, 广东增城人, 高级工程师, 主要从事水产动物营养与饲料研究。Tel: 020-84110789, E-mail: ls59@zsu.edu.cn

**Key word:** *Sciaenops ocellatus*; protein; lipid

红姑鱼 (*Sciaenops ocellatus*) 属鲈形目,石首鱼科,拟石首鱼属。自 20 世纪 90 年代初从美国引入中国后,渐渐成为我国海水网箱养殖的主要品种之一,特别是在广东省湛江地区,约有 30% 的海水网箱养殖红姑鱼。目前,红姑鱼的养殖主要是投喂鲜杂鱼和部分海水鱼配合饲料。关于红姑鱼饲料蛋白质和能量的研究已有报道<sup>[1,2]</sup>,从已报道的实验设计看都有欠缺,表现在同一饲料蛋白质水平下脂肪水平设计太少。本研究在现有的研究基础上,设计 3 个蛋白质水平,且每一蛋白质水平设 3 个脂肪水平,确定红姑鱼饲料适宜蛋白质和能量水平,为生产红姑鱼配合饲料提供基础数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验饲料

试验设计 3 个蛋白质水平 (38%, 42% 和 46%), 每一蛋白质水平设 3 个脂肪水平 (5%, 8% 和 12%), 共设计 9 组试验饲料 (表 1), 从 1 至 9 组分别命名为低蛋低脂组 (LPLL)、中蛋低脂组 (MPLL)、高蛋低脂组 (HPLL)、低蛋中脂组 (LPML)、中蛋中脂组 (MPML)、高蛋中脂组 (HPML)、低蛋高脂组 (LPHL)、中蛋高脂组 (MPHL) 和高蛋高脂组 (HPHL)。饲料原料经粉碎过 40 目筛,用双螺杆制粒机制成直径为 1.5mm 的颗粒,置于 -20℃ 冰箱中备用。

表 1 试验饲料组成

Tab. 1 Composition of the experimental diets

(%)

饲料 diets	1	2	3	4	5	6	7	8	9
鱼粉 fish meal	32.0	39.4	47.0	33.0	40.5	47.9	33.5	41.2	48.9
大豆蛋白 soybean protein	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
小麦 wheat meal	39.7	35.0	29.4	35.0	30.0	25.2	32.8	26.7	20.6
玉米油 corn oil	-	-	-	2.62	1.98	1.33	5.90	5.25	4.60
鱼油 fish oil	0.75	-	-	1.50	1.50	1.50	2.25	2.25	2.25
沸石粉 zeolite meal	4.0	2.04	-	4.28	2.45	1.0	2.0	1.0	-
添加剂 <sup>1</sup> additive	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
营养成分 nutrient composition									
蛋白质 protein	39.37	42.92	46.78	38.28	42.60	46.35	38.06	42.74	46.30
脂肪 lipid	5.08	5.72	5.75	8.42	7.98	8.89	11.92	12.67	13.00
总糖 carbohydrate	34.0	31.6	28.6	31.0	28.3	25.8	29.5	26.2	22.9
灰分 ash	12.26	12.14	11.53	12.94	12.54	12.32	10.80	11.04	11.48
必需氨基酸 EAA	15.12	15.43	18.69	15.69	17.01	19.24	16.64	18.23	19.50
可消化能 DE <sup>2</sup>	3297.2	3495.6	3532.7	3529.0	3554.2	3686.1	3775.2	389.9	3938.0
可消化能比 DP/DE <sup>3</sup>	107.5	110.5	119.2	97.6	107.9	113.2	90.7	98.7	105.8

注:1. 添加剂 (%) :磷酸二氢钙, 1.0; 复合矿物盐, 0.5; 复合维生素<sup>[3]</sup>, 0.2; Vc 磷酸酯, 0.1; 胆碱, 0.2; 大豆磷脂, 1.0; 防霉剂, 0.05; 抗氧化剂, 0.025; 2. 可消化能 (DE) kcal · kg<sup>-1</sup>: 按蛋白质 4.0 kcal · g<sup>-1</sup>, 脂肪 9.0 kcal · g<sup>-1</sup>, 糖 4.0 kcal · g<sup>-1</sup> 计算; 3. 可消化能比 (DP/DE) mg · kcal<sup>-1</sup>: 蛋白质消化率按 90% 计算。

Notes: 1. additive (%) : Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · H<sub>2</sub>O, 1.0; mineral mixture, 0.5; vitamin mixture<sup>[3]</sup>, 0.2; ascorbic acid phosphate ester 0.1; choline 0.2; soybean lecithin 1.0; antimildew, 0.05; antioxidant 0.025; 2. digestible energy (DE) kcal · kg<sup>-1</sup>: protein 4.0 kcal · g<sup>-1</sup>, fat 9.0 kcal · g<sup>-1</sup>, carbohydrate 4.0 kcal · g<sup>-1</sup>; 3. digestible P/E (DP/DE) mg · kcal<sup>-1</sup>: protein digestion 90%.

### 1.2 饲养管理

试验鱼平均初始体重为 2.73g, 在室内水泥池中暂养 7d 后放养到室内网箱 (2.5m × 1.5m × 1.3m) 中, 每个网箱中放养 60 尾。每组饲料设 3 个重复, 每天投喂 2 次, 分别为 9:00 和 16:00, 投饲率为总体重的 3% ~ 5%。每 3 周称重 1 次, 调整投饲量。每天 8:00 换水 1/3, 并记录水温。饲养期间海水比重

为 1.016 ~ 1.020, 水温 (23.2 ± 2.0) , 溶解氧为 (7.85 ± 0.21) mg L<sup>-1</sup>, pH 7.6 ± 0.5, 氨氮为 (0.2 ± 0.02) mg L<sup>-1</sup>。饲养试验共 8 周, 结束后称重取样。

### 1.3 样品采集和分析

饲养结束后每个网箱取 3 尾鱼烘干作全鱼样品; 另取 5 尾鱼分别称重, 测量体长和全长, 取内脏团称重计算躯体重, 取肝脏称重计算肝体比后烘干作肝样品, 然后取背肌烘干作肌肉样品。用恒温干燥法 (105 )、凯氏定氮法、索氏抽提法和灼烧法 (550 ) 分别测定全鱼和肌肉的水分、蛋白质、脂肪和灰分含量。肝脏和饲料脂肪含量测定采用甲缩醛 - 甲醇法, 全鱼和饲料氨基酸测定采用高效液相色谱法 (HP1090)。

### 1.4 数据分析

数据统计分析采用 Duncan 氏多重比较法, 显著水平采用 0.05。

## 2 结果

表 2 列出了摄食不同蛋白质和脂肪水平饲料 8 周内红姑鱼的特定生长率 (SGR)、成活率和饲料系数 (FCR), 由于试验后期 HPML 组、LPHL 组、MPHL 组和 HPHL 组的成活率低于 50% 以下, 其生长表现没有统计意义。从前 5 组来看, 特定生长率以 HPLL 组显著高于其它组, 而饲料系数则显著低于其它各组 ( $P < 0.05$ )。成活率以 MPLL 组、HPLL 组和 MPML 组显著高于 LPLL 组和 LPML 组。

表 2 摄食不同蛋白质和脂肪水平饲料 8 周内红姑鱼的特定生长率 (SGR)、成活率和饲料系数 (FCR)

Tab. 2 Special growth rate (SPG), survival rate (SR) and feed conversion ratio (FCR) of *S. ocellatus*

date	LPLL	MPLL	HPLL	LPML	MPML	HPML	LPHL	MPHL	HPHL
初始体重 (g) initial wt.	2.72	2.71	2.70	2.82	2.76	2.70	2.77	2.69	2.70
21d 末体重 (g) final wt.	7.22	7.54	8.45	6.96	7.75	8.58	7.13	8.08	8.30
21d 特定生长率 (%) (SGR)	4.65 ± 0.09 <sup>a</sup>	4.87 ± 0.05 <sup>b</sup>	5.42 ± 0.19 <sup>c</sup>	4.34 ± 0.20 <sup>a</sup>	4.92 ± 0.04 <sup>b</sup>	5.13 ± 0.30 <sup>c</sup>	4.50 ± 0.19 <sup>a</sup>	5.25 ± 0.20 <sup>c</sup>	5.34 ± 0.10 <sup>c</sup>
21d 成活率 (%) (SR)	99	99	99	98	100	96	95	96	100
56d 末体重 (g) final wt.	13.22	14.78	19.66	11.86	15.66	-	-	-	-
56d 特定生长率 (%) (SGR)	2.92 ± 0.15 <sup>bc</sup>	3.03 ± 0.16 <sup>b</sup>	3.54 ± 0.10 <sup>a</sup>	2.56 ± 0.23 <sup>c</sup>	3.10 ± 0.10 <sup>b</sup>	-	-	-	-
56d 成活率 (%) (SR)	78.9 ± 0.43 <sup>b</sup>	91.7 ± 2.90 <sup>a</sup>	93.3 ± 2.9 <sup>a</sup>	69.0 ± 1.80 <sup>b</sup>	92.2 ± 8.4 <sup>a</sup>	-	-	-	-
56d 饲料系数 (FCR)	1.27 ± 0.43 <sup>b</sup>	1.01 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.82 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.64 ± 0.59 <sup>b</sup>	0.93 ± 0.04 <sup>a</sup>	-	-	-	-

注: 1. 特定生长率 SGR (%) = 100 × (ln 试验结束体重 - ln 试验初始体重) / 试验天数; 2. 成活率 SR (%) = 100 × 试验结束尾数 / 试验初始尾数; 3. 饲料系数 FCR = 投饲量 / (试验结束时鱼体重 - 试验初始鱼体重); 4. 同一行数据右上角不同上标字母代表有显著差异 ( $P < 0.05$ ); 5. HPML 组、LPHL 组、MPHL 组和 HPHL 组因在试验后期存活率过低, 生长表现数据未列出。

Notes: 1. SGR (%) = 100 × (ln final wt - ln initial wt) / feed time (d); 2. SR (%) = 100 × final fish amount / initial fish amount; 3. FCR = diets fed / (final wt - initial wt); 4. within the same row, values with different superscripts are significantly different ( $P < 0.05$ ); 5. final data of group HPML, LPHL, MPHL and HPHL were not been show for low survival.

表 3 列出试验结束后各试验组的肥满度、脏体比和肝体比。各试验组的肥满度之间没有显著差异。脏体比以 LPHL 组最高, 达 7.15%, 其次分别为 MPHL 组、HPHL 组、LPLL 组、LPML 组、MPLL 组、

HPML 组和 MPML 组,以 HPLL 组最低,只有 5.64%。肝体比以 LPHL 组最高,达 3.42%,与 LPLL 组和 MPHL 组没有显著差异而显著高于其它各组,以 HPLL 组和 MPML 组的肝体比最低,分别只有 2.18% 和 2.15%。

表 3 摄食不同蛋白质和脂肪水平饲料 8 周内红姑鱼的肥满度、脏体比和肝体比

Tab. 3 Condition factor (CF), viscerosomatic and hepatosomatic index (VI and HSI) of

*S. ocellatus* fed different protein and lipid level diets of 8 weeks

(%)

	LPLL	MPLL	HPLL	LPML	MPML	HPML	LPHL	MPHL	HPHL
肥满度 <sup>1</sup> (CF)	1.64 ± 0.02	1.66 ± 0.09	1.66 ± 0.06	1.65 ± 0.01	1.63 ± 0.02	1.60 ± 0.06	1.61 ± 0.06	1.61 ± 0.07	1.67 ± 0.03
脏体比 <sup>2</sup> (VI)	6.41 ± 0.38 <sup>abc</sup>	5.96 ± 0.67 <sup>c</sup>	5.64 ± 0.37 <sup>c</sup>	6.21 ± 0.46 <sup>bc</sup>	5.71 ± 0.05 <sup>c</sup>	5.92 ± 0.58 <sup>c</sup>	7.15 ± 0.57 <sup>a</sup>	6.84 ± 0.32 <sup>ab</sup>	6.69 ± 0.34 <sup>abc</sup>
肝体比 <sup>3</sup> (HSI)	2.69 ± 0.41 <sup>ab</sup>	2.41 ± 0.49 <sup>b</sup>	2.18 ± 0.26 <sup>b</sup>	2.53 ± 0.29 <sup>b</sup>	2.15 ± 0.27 <sup>b</sup>	2.40 ± 0.44 <sup>b</sup>	3.42 ± 0.37 <sup>a</sup>	2.72 ± 0.40 <sup>ab</sup>	2.48 ± 0.10 <sup>b</sup>

注:1. 肥满度 % = 100 × 体重(g) / 体长(cm)<sup>3</sup>; 2. 脏体比 % = 100 × 内脏重(g) / 鱼体重(g); 3. 肝体比 % = 100 × 肝重(g) / 鱼体重(g)。

Notes: 1. CF = 100 × fish weight (g) / fish length (cm)<sup>3</sup>; 2. VI % = 100 × viscerosomatic wt (g) / fish wt (g); 3. HSI % = 100 × liver wt (g) / fish wt (g).

表 4 列出试验结束后前 5 组全鱼和肝脏的化学组成。全鱼水分以 MPML 组最低,为 72.06%,显著低于其它各组。全鱼蛋白含量则以 MPML 组最高,达 18.65%,显著高于 LPLL 和 LPML 组,而与 MPLL 组和 HPLL 组没有显著差异。全鱼氨基酸组成中总必需氨基酸从高到低分别为 MPML 组、HPLL 组、MPLL 组、LPLL 组和 LPML 组,其含量变化比较小;总氨基酸含量的顺序与总必需氨基酸相同,但必需氨基酸与总氨基酸的比率以 HPLL 组最高而以 MPML 组最低,其变化幅度也比较小。全鱼脂肪含量也以 MPML 组最高,达 4.1%,显著高于 LPLL 组,但和其它各组没有显著差异。灰分含量则在各组之间没有显著差异。肝脏的水分含量以 LPML 组最低,为 54.76%,显著低于 LPLL 组、MPLL 组和 HPLL 组,但和 MPML 组没有显著差异。肝脏脂质含量则以 MPML 组最高,在 31.72%,显著高于 HPLL 组、MPLL 组和 LPLL 组,其次分别为 LPML 组、MPLL 组和 HPLL 组,以 LPLL 组最低,只有 16.59%。

表 4 摄食不同蛋白质和脂肪水平饲料 8 周内红姑鱼全鱼和肝脏的化学组成

Tab. 4 Whole body and hepatocause chemical composition of *S. ocellatus*

fed different protein and lipid level diets of 8 weeks

(%)

	LPLL	MPLL	HPLL	LPML	MPML	
全鱼	水分 moisture	75.72 ± 1.11 <sup>a</sup>	74.65 ± 0.98 <sup>a</sup>	74.79 ± 0.31 <sup>a</sup>	76.38 ± 0.38 <sup>a</sup>	72.06 ± 1.30 <sup>b</sup>
	蛋白质 protein	17.09 ± 0.24 <sup>b</sup>	17.70 ± 0.24 <sup>b</sup>	17.48 ± 0.34 <sup>b</sup>	15.79 ± 0.26 <sup>a</sup>	18.65 ± 0.64 <sup>b</sup>
	脂肪 lipid	2.52 ± 0.17 <sup>a</sup>	3.04 ± 0.27 <sup>b</sup>	3.16 ± 0.28 <sup>b</sup>	3.21 ± 0.15 <sup>b</sup>	4.10 ± 0.70 <sup>b</sup>
	灰分 ash	4.22 ± 0.10	4.39 ± 0.07	4.12 ± 0.13	4.03 ± 0.02	4.46 ± 0.20
	必需氨基酸 <sup>1</sup> EAA	6.70	6.90	7.23	6.42	7.32
	总氨基酸 <sup>2</sup> TAA	13.67	14.13	14.45	12.95	15.09
肝脏	水分 moisture	62.19 ± 4.77 <sup>b</sup>	62.38 ± 4.04 <sup>b</sup>	59.75 ± 0.69 <sup>b</sup>	54.76 ± 1.30 <sup>a</sup>	58.06 ± 3.42 <sup>ab</sup>
	脂肪 lipid	16.59 ± 2.88 <sup>c</sup>	22.42 ± 3.80 <sup>b</sup>	21.21 ± 2.73 <sup>bc</sup>	28.02 ± 4.28 <sup>ab</sup>	31.72 ± 4.57 <sup>a</sup>

注:1. EAA 为总必需氨基酸; 2. TAA 为总氨基酸。

Notes: 1. EAA means total essential amino acids; 2. TAA means total amino acids.

### 3 讨论

#### 3.1 饲料中蛋白质、能量水平对红姑鱼幼鱼生长表现的影响

从本试验来看,由于对红姑鱼的营养需求了解不多,致使试验后期高能量饲料试验组(HPML 组、

LPHL 组、MPHL 组和 HPHL 组,可消化能超过  $2900 \text{ kcal } \cdot \text{kg}^{-1}$  可能由于营养性病害而存活率过低,但从前 3 周的生长表现可以看出,在脂肪水平相同的条件下,特定生长率以高蛋白组(HP) > 中蛋白组(MP) > 低蛋白组(LP),相反,在蛋白水平相同的条件下,特定生长率以高脂肪组(HL) = 中脂肪组(ML) = 低脂肪组(LL) ( $P > 0.05$ )。从 8 周的生长表现也可以看出,在低脂肪水平时,HP 组 > MP 组 > LP 组;在中脂水平时,MP 组 > LP 组。同样,在蛋白水平相同时,ML 组和 LL 组的生长率没有显著差异,甚至 LPML 组的生长率在数值上反而低于 LPLL 组,这可能是由于饲料中非蛋白能比例较高的原因。因此,可以认为,是饲料的蛋白水平而非脂肪水平决定了红姑鱼幼鱼的生长,在蛋白需求得不到满足时,用其它非蛋白能(如脂肪、糖类)替代蛋白不能提高生长,这一结果与 Peres 和 Oliva-Teles<sup>[3]</sup>在欧洲鲈(*Dicentrarchus labrax*)幼鱼中发现其生长主要受蛋白摄入调节是一致的。Company 等<sup>[4]</sup>也发现饲料中高脂肪对欧洲鲈没有蛋白保留效果。在本试验中红姑鱼适宜的蛋白需求水平在 46% 左右,可消化能量需求约为  $3532.7 \text{ kcal } \cdot \text{kg}^{-1}$  饲料,DP/DE 约为  $119.2 \text{ mg } \cdot \text{kcal}^{-1}$ 。这一结果与 Thoman 等<sup>[2]</sup>报道的红姑鱼 DP/DE 值一致,但该饲料中的脂肪水平是 9.2%,而本研究则为 5%,这意味着,在适宜饲料蛋白质的情况下,红姑鱼对饲料脂肪含量要求并不严格;本试验结果也与 Catacutan 和 Coloso<sup>[5]</sup>在尖吻鲈(*Lates calcarifer*)中确定蛋白需求水平为 42.5%,总能水平为  $3320 \text{ kcal } \cdot \text{kg}^{-1}$  饲料,P/E 为  $128 \text{ mg } \cdot \text{kcal}^{-1}$  相接近。但在本试验中,试验 8 周后并没有发现在低脂组(5%脂肪)中出现 Catacutan 和 Coloso<sup>[5]</sup>在尖吻鲈中所描述的必需脂肪酸缺乏症状,如鳍发红。

### 3.2 饲料中蛋白质、能量水平对红姑鱼机体构成的影响

在本试验中,低蛋白高脂组(LPHL)的脏体比和肝体比都显著高,并且高脂组 HL 的脏体比和肝体比都相对较高,同时,随着饲料中可消化能的增加,全鱼和肝脏的脂肪水平逐步上升,说明在可消化能满足需求的前提下,DP/DE 下降使全鱼的脂肪沉积和肝脏脂肪的生成增加,但对机体的蛋白含量、氨基酸构成和灰分没有多大的影响。这一结果与在欧洲鲈<sup>[4]</sup>、尖吻鲈<sup>[5]</sup>等鲈形目鱼类中的结果是一致的。

### 参考文献:

- [1] Daniels W F, Robinson E H. Protein : energy requirements of red drum, *Sciaenops ocellata*[J]. Aquac, 1986, 53: 243 - 252.
- [2] Thoman E S, Davis D A, Arnold C R. Evaluation of growout diets with varying protein and energy levels for red drum (*Sciaenops ocellatus*) [J]. Aquac, 1999, 176: 343 - 353.
- [3] Peres H, Oliva-Teles A. Effect of dietary lipid level on growth performance and feed utilization by European sea bass juveniles (*Dicentrarchus labrax*) [J]. Aquac, 1999, 179: 325 - 334.
- [4] Company R, Alduch-Giner J A, Perea-Sanchez J. Protein sparing effect of dietary lipids in common dentex (*Dentex dentex*): a comparative study with sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) [J]. Aquat Living Resour / Ressour Vivantes Aquat, 1999, 12: 23 - 30.
- [5] Catacutan M R, Coloso R M. Effect of dietary protein to energy ratios on growth, survival, and body composition of juvenile Asian sea bass, *Lates calcarifer*[J]. Aquac, 1995, 131: 125 - 133.