

文章编号: 1004 - 7271(2008)01 - 0088 - 05

不同蛋白水平和不同能量蛋白比饲料 对点带石斑鱼生长的影响

林建斌, 李金秋, 朱庆国

(福建省淡水水产研究所, 福建 福州 350002)

摘要:以鱼粉和酪蛋白为蛋白源, 添加鱼油、豆油、 α -淀粉、纤维素以及适量的维生素和矿物质配制成试验饲料, 蛋白质设置3个水平: 41%、47%、53%, 能量设置3个水平: 1 256.1、1 465.5、1 674.8 kJ/100 g。经过59 d 饲养点带石斑鱼幼鱼, 以生长速度、净增重、增重率、蛋白质效率、饲料系数为评价指标, 结果表明: 点带石斑鱼幼鱼配合饲料中适宜的蛋白水平为47%, 适宜的能量蛋白比为31.30~33.50 kJ/g 蛋白。

关键词:点带石斑鱼; 配合饲料; 能量蛋白比; 增重率; 饲料系数; 蛋白质效率

中图分类号: S 963.1 文献标识码: A

Effects of different protein levels and different energy-protein ratios in the diet on growth of juvenile grouper (*Epinephelus coioides*)

LIN Jian-bin, LI Jin-qiu, ZHU Qing-guo

(Fujian Provincial Institute of Freshwater Fisheries, Fuzhou 350002, China)

Abstract: The optimum ratio of dietary energy to protein for the grouper (*Epinephelus coioides*) fingerlings was and determined using practical diets in a 3 × 3 factorial experiments. Three energy levels of 1 256.1, 1 465.5, 1 674.8 kJ/100 g at each protein level and three protein levels of 41%, 47% and 53% were utilized. The experimental fish [initial body weight, (24.68 ± 1.20) g] were reared in floating net cages (150 cm × 100 cm × 100 cm) for 59 days. Based on calculating weight gain, feed conversion rate and protein efficiency rate, the experimental results indicated that, for the grouper fingerlings, the optimum protein level was 47%, and the optimum ratio of dietary energy to protein was 31.30 - 33.50 kJ/g.

Key words: grouper; formula feed; ratio of dietary energy to protein; weight gain; feed conversion rate; protein efficiency rate

合适的能量蛋白比在饲料的配制上具有重要的意义, 它不仅有利于蛋白质和非蛋白能源物质——碳水化合物和脂肪的利用, 提高饲料利用率, 改善养殖效果, 而且可尽量减少氮的排放量, 减轻对水质的污染, 是配制环保型饲料的基础和关键。至今, 对花鲈 (*Lateolabrax japonicus*)、尖吻鲈 (*Lates calcarifer*)、黑鲷 (*Sparus macrocephalus*)、大口鲶 (*Silurus meridionalis*)、中华鲟 (*Acipenser sinensis*)、青鱼 (*Mylopharyngodon piceus*)、玛拉斑 (*Epinephelus malabaricus*) 等品种的能量蛋白比研究已有不少报道^[1-7]。

收稿日期: 2007-03-14

基金项目: 福建省海洋与渔业局重点科研资助项目 (闽海渔科 0338)

作者简介: 林建斌 (1966 -), 男, 副研究员, 硕士, 主要从事水产动物营养与饲料方面的研究。E-mail: linjb99@21.cn.com

点带石斑鱼(*Epinephelus coioides*),属暖水性岛礁鱼类,在福建、广东、海南、台湾等地俗称“青斑”,广泛分布于我国东南沿海,是名贵的岛礁食用鱼类。点带石斑鱼肉质好,生长快,便于活体运输,近年来已成为我国东南沿海重要的海水养殖新品种。但是目前对其营养、配合饲料的研究却很缺乏,许多养殖户还是用小杂鱼直接投喂,很容易引起水质污染和疾病发生。迄今为止,不同能量蛋白比饲料对点带石斑鱼生长影响的研究仍未见相关报道。为此我们进行了饲料中不同蛋白水平和不同能量蛋白比(E/P)对点带石斑鱼生长影响的试验,旨在为生产实践中点带石斑鱼饲料配方设计提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料及饲养

点带石斑鱼鱼苗来自海南省海水育苗场,暂养 15 d 后随机选取体质健壮、食欲旺盛的鱼苗作为试验用鱼。试验鱼平均体重为(24.68 ± 1.20) g,平均体长为(11.85 ± 0.82) cm。饲养试验在本所上街榕桥基地的生态养殖池中进行,在养殖池中挂网箱,每组饲料设 3 个重复,各挑选 50 尾规格相近的点带石斑鱼,分养于 27 个 150 cm × 100 cm × 100 cm 的小网箱中。养殖用水为人工配制的海水,平均水温 28.3 °C, 24 h 连续充气增氧,溶氧保持在 6 mg/L 以上,pH 7.7 ~ 8.0,饲料每天饱食投喂 2 次(7:30、16:30),每次持续半小时。每半个月加入少量人工海水。发现死鱼及时捞出并称量。养殖 59 d 后,分别测定摄食不同饲料组的点带石斑鱼的体重、体长。试验于 2005 年 7 月 25 日至 2005 年 9 月 21 日进行。

1.2 试验饲料

试验饲料以酪蛋白和鱼粉为蛋白源,蛋白质设置成 3 水平:41%、47%、53%,能量设置成 3 水平:1 256.1、1 465.5、1 674.8 kJ/100 g,共计 9 种不同能量蛋白比饲料。9 种饲料的配比及营养指标见表 1,各种原料粉碎后过 60 目分析筛,试验饲料按配比准确称量,混合均匀,用软颗粒机加工制成直径 2.0 mm 的软颗粒饲料,置于冰柜中储存备用。

表 1 试验饲料组成及营养成分(%)

Tab.1 Ingredients and nutrients of the experimental diets

组成及营养成分	1	2	3	4	5	6	7	8	9
鱼粉/%	37.6	37.6	37.6	42.6	42.6	42.6	47.6	47.6	47.6
酪蛋白/%	19.5	19.5	19.5	22.6	22.6	22.6	26.0	26.0	26.0
α-淀粉/%	18.8	18.8	18.8	16.4	16.4	16.4	12.7	12.7	12.7
鱼油/%	2.0	4.8	7.6	1.0	3.8	6.6	0.3	3.1	5.9
豆油/%	2.0	4.8	7.6	1.0	3.8	6.6	0.3	3.1	5.9
纤维素/%	18.6	13.0	7.4	14.9	9.3	3.7	11.6	6.0	0.4
多种维生素/%	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
矿物质/%	1	1	1	1	1	1	1	1	1
粗蛋白 设计值	41	41	41	47	47	47	53	53	53
实测值	41.31	40.56	41.36	47.65	46.34	47.13	52.29	52.65	53.06
能量(kJ/100 g)	1256.1	1465.5	1674.8	1256.1	165.5	1674.8	1256.1	1465.5	1674.8
能量蛋白比(kJ/g)	30.41	36.13	40.49	26.36	31.62	35.54	24.02	27.83	31.56

饲料能量值的计算:每克脂肪、蛋白、碳水化合物的能值分别为 37.6、16.7、16.7 kJ,纤维素不计算能量

1.3 测定方法及数据处理

试验开始及结束时,分别测定试验鱼体长、体重。

用碘量法测定海水中的溶解氧,粗蛋白、粗脂肪、水分分别用 GB/T6432 - 94、GB/T6433 - 94、GB6435 - 86 提供的方法测定。

饲料系数 = 总投饵量/总增重

尾绝对增重 = 试验结束尾重 - 试验开始尾重

尾相对增重率 = (尾绝对增重/试验开始尾重) × 100%

尾平均日增重 = (试验结束尾重 - 试验开始尾重) / 试验天数

成活率 = (试验结束鱼尾数 / 试验开始鱼尾数) × 100%

蛋白质效率(PER) = (试验结束时鱼体总重 - 试验开始时鱼体总重) / (总投饵量 × 饲料蛋白质含量)

采用统计软件 Spss 12.0 对数据进行统计学分析。先对实验数据作方差分析,若有显著差异,再作 Duncan 氏多重比较,显著性水平采用 0.05,若 $P < 0.05$,则表示有显著差异。

2 结果

投喂不同能量蛋白比饲料后,点带石斑鱼的净增重、增重率、饲料系数、尾平均日增重、蛋白质效率见表 2。从表 2 可看出,投喂蛋白质含量为 46.34%、E/P(kJ/g 蛋白)比为 31.62(5 号)饲料的点带石斑鱼增重最快;投喂蛋白质含量为 41.36%、E/P(kJ/g 蛋白)比为 40.49(3 号)饲料,点带石斑鱼增重最差,与 5 号饲料间存在显著差异($P < 0.05$)。投喂蛋白质含量为 47.13%、E/P(kJ/g 蛋白)比为 35.54(6 号)饲料的点带石斑鱼饲料系数最低;投喂蛋白质含量为 41.36%、E/P(kJ/g 蛋白)比为 40.49(3 号)饲料,点带石斑鱼饲料系数最高,与 6 号饲料间存在显著差异($P < 0.05$)。投喂蛋白质含量为 47.13%、E/P(kJ/g 蛋白)比为 35.54(6 号)饲料,点带石斑鱼蛋白质效率最高;投喂蛋白质含量为 41.36%、E/P(kJ/g 蛋白)比为 40.49(3 号)饲料,点带石斑鱼蛋白质效率最低,与 6 号饲料间存在显著差异($P < 0.05$)。

表 2 不同能量蛋白比饲料对点带石斑鱼生长和饲料利用效率的影响

Tab. 2 Effects of different E/P ratio diet on growth and feed efficiency of *E. coioides*

饲料号	平均体重 (g)		净增重 (g)	增重率 (%)	尾平均日增重 (g)	蛋白质效率 (%)	饲料系数	能量蛋白比 (kJ/g)
	初重	末重						
1	24.87 ± 0.55	56.40 ± 1.61	31.53 ± 1.06 ^h	127.05 ± 3.02 ^{hd}	0.53 ± 0.07 ^b	82.06 ± 2.95 ^b	2.95 ± 0.16 ^d	30.41
2	26.26 ± 0.66	51.40 ± 1.15	25.14 ± 1.22 ^a	96.36 ± 2.15 ^a	0.43 ± 0.09 ^a	88.37 ± 3.33 ^b	2.79 ± 0.30 ^{cd}	36.43
3	25.55 ± 0.87	49.83 ± 2.25	24.28 ± 0.87 ^a	95.12 ± 3.16 ^a	0.41 ± 0.06 ^a	66.79 ± 2.01 ^a	3.62 ± 0.23 ^c	40.49
4	24.70 ± 0.63	54.83 ± 1.35	30.13 ± 1.16 ^b	122.09 ± 3.30 ^b	0.51 ± 0.06 ^b	76.31 ± 2.61 ^a	2.75 ± 0.25 ^{cd}	26.36
5	23.29 ± 0.82	59.69 ± 1.30	36.40 ± 1.19 ^c	156.36 ± 3.51 ^c	0.62 ± 0.08 ^c	123.31 ± 1.19 ^c	1.75 ± 0.16 ^a	31.62
6	24.02 ± 0.95	58.28 ± 1.62	34.26 ± 1.35 ^c	143.18 ± 2.21 ^c	0.58 ± 0.05 ^c	127.82 ± 2.17 ^c	1.66 ± 0.26 ^a	35.54
7	24.59 ± 1.05	53.11 ± 2.25	28.52 ± 1.26 ^{ab}	116.45 ± 1.92 ^b	0.48 ± 0.03 ^{ab}	72.17 ± 2.32 ^a	2.65 ± 0.23 ^c	24.02
8	24.06 ± 0.82	56.06 ± 1.65	32.00 ± 0.85 ^b	133.06 ± 2.75 ^d	0.54 ± 0.02 ^b	75.37 ± 1.56 ^a	2.52 ± 0.18 ^c	27.83
9	24.60 ± 0.67	59.29 ± 1.08	34.69 ± 1.23 ^c	141.30 ± 3.06 ^{cd}	0.57 ± 0.06 ^c	90.18 ± 1.63 ^b	2.09 ± 0.21 ^b	31.56

注:同一列数据不同上标字母代表有显著差异($P < 0.05$)

为了进一步探讨增重率、饲料系数、蛋白质效率随能量蛋白比的变化,以能量蛋白比为横坐标,分别以试验组的增重率、饲料系数和蛋白质效率的平均值为纵坐标作散点图,如图 1、图 2 和图 3 所示。从图中可见,3 个图中的散点均基本呈二次抛物线状态分布。以能量蛋白比为 X ,对应各组的增重率、饲料系数、蛋白质效率分别为 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 ,通过回归分析,获得如下方程式:

$$Y_1 = -0.530X^2 + 32.793X - 368.667, R = 0.575, P < 0.05$$

$$Y_2 = 0.015X^2 - 0.948X + 17.049, R = 0.560, P < 0.05$$

$$Y_3 = -0.517X^2 + 34.177X - 462.410, R = 0.529, P < 0.05.$$

根据回归方程可计算出,点带石斑鱼幼鱼配合饲料中当能量蛋白比为 31.30 kJ/g 蛋白时,增重率达到极大值;当能量蛋白比为 32.26 kJ/g 蛋白时,饲料系数达到极小值。当能量蛋白比为 33.50 kJ/g 时,蛋白质效率达到极大值。

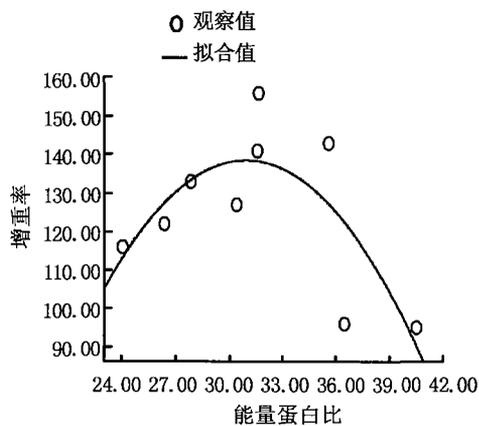


图1 增重率(Y1)与能量蛋白比(X)的关系

Fig. 1 Relationship between energy/protein ratio and weight gain rate

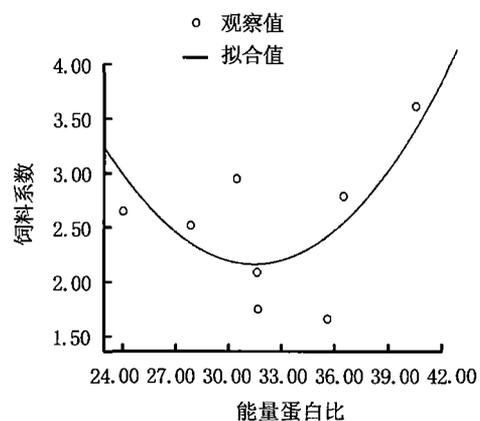


图2 饲料系数(Y2)与能量蛋白比(X)的关系

Fig. 2 Relationship between energy/protein ratio and feed conversion rate

3 讨论

能量和蛋白质是鱼类正常生长发育最重要的营养参数,饲料中蛋白质和能量的浓度及其比例影响着鱼类的生长、摄食量、营养物质转化效率、消化率及体组成^[8]。在能量不充足的情况下,饲料中高水平的蛋白质对鱼类是有害的。Samantary 等^[9]研究表明,在适宜的能量蛋白比范围内,鱼类最大的生长并没有发生在最高的蛋白质水平组,而是在较低的蛋白质水平组。高蛋白质水平组中,过高的蛋白质没有完全用于生长,而是被用作能量而被消耗。而较低水平蛋白质组中,蛋白质被有效地用于鱼体蛋白的合成。因此,饲料中的蛋白质和能量应保持平衡。适宜的能量蛋白比不仅可以满足鱼类对能量的需求,提高饲料蛋白质的利用效率,还可以相对节约蛋白质,降低氮的排放量,减少对水环境的污染。饲料中适量的非蛋白能源物质——碳水化合物、脂肪可代替蛋白质用来供能,具有节约蛋白质作用。Colvin^[10]在对印度对虾(*Penaeus indicus*)的研究表明,以一定量的马铃薯淀粉代替蛋白质,而饲料能值只有很小的变化,当蛋白质含量从 53.1% 降低到 42.8% 时,对生长没有影响。Ai 等^[11]设计了 3 个蛋白水平且在每个蛋白水平下设 3 个脂肪水平的共 9 种不同蛋白能量比饲料,研究了饲料能量蛋白比对花鲈(*Lateolabrax japonicus*)幼鱼生长和体成分的影响,结果表明,增加饲料中脂肪水平可以提高幼鱼的特定生长率、蛋白质累积率与饲料的蛋白质效率。脂肪中的必需脂肪酸是鱼体生物膜磷脂的组成成分和合成具有多种代谢功能的二十烷酸类化合物的前体^[11],必需脂肪酸影响着鱼类的生长速度和免疫功能。所以,饲料中能量蛋白比的变化对鱼体生长的影响,除了与饲料中能量和蛋白水平具有较大关系外,与必需脂肪酸含量也有一定关系。

实验的研究结果表明,投喂能量蛋白比最低水平组 24.02 kJ/g 的 7 号饲料和最高水平组 40.49 kJ/g 的 3 号饲料,点带石斑鱼的增重率和蛋白质效率较低、饲料系数较高。在同一蛋白水平下,随着饲料中能量蛋白比的提高,点带石斑鱼的增重率和蛋白质效率有升高的趋势、饲料系数有降低的趋势,只是在较低的蛋白水平下(41%),能量蛋白比过高(40.49 kJ/g)时,点带石斑鱼的增重率和蛋白质效率降低、饲料系数升高。不同蛋白水平组比较表明,最高的蛋白水平组并没有获得最快的生长速度和最低的饲

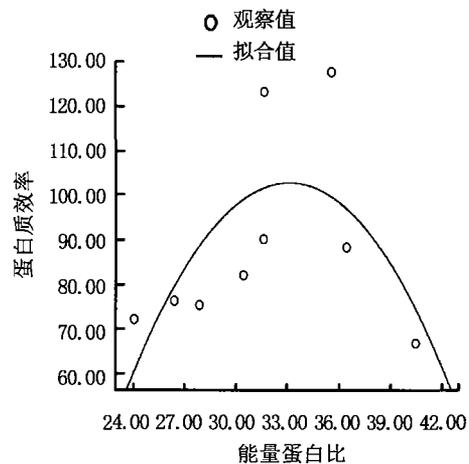


图3 蛋白质效率(Y3)与能量蛋白比(X)的关系

Fig. 3 Relationship between energy/protein ratio and protein efficiency rate

料系数,说明过高的蛋白质没有完全用于生长,而是被用作能量消耗掉,这与 Samantary 等^[9]的研究结果相似。点带石斑鱼配合饲料中的能量蛋白比为 31.62~35.54 kJ/g 时,点带石斑鱼的增重率和蛋白质效率较高、饲料系数较低。通过能量蛋白比与增重率、饲料系数、蛋白质效率的回归分析进一步表明,点带石斑鱼幼鱼配合饲料中合适的能量蛋白比为 31.30~33.50 kJ/g。

Winfree 等^[12]的研究认为,肉食性鱼类比杂食性和草食性鱼类需要较低的能量蛋白比。戴祥庆等^[13]报道青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)饲料最适能量蛋白比为 38.0 kJ/g, He 等^[14]报道团头鲂(*Colossoma brachypomum*)饲料适宜的能量蛋白比为 50.6 kJ/g。Daniels 等^[15]研究认为体重 43 g 的眼斑拟石首鱼(*Sriaenops ocellatus*)的饲料适宜能量蛋白比为 42.72 kJ/g, Nematipour 等^[16]研究了体重为 35 g 的杂交鲈(*Morone chrysops* ♀ × *M. saxatilis* ♂)的饲料适宜能量蛋白比为 37.38 kJ/g, 林黑着等^[17]认为鲮(*Ereochromis niloticus*) (45 g)的饲料适宜能量蛋白比为 46.02 kJ/g。Shiau 和 Lan^[7]研究认为,体重为 9.22 g 的玛拉斑(*Epinephelus malabaricus*)的适宜能量蛋白比为 32.3~35.6 kJ/g。鱼类食性的差异,导致营养需求不同,不同鱼类的适宜能量蛋白比存在着差异,点带石斑鱼属于肉食性鱼类,所以研究结果与同属肉食性鱼类的青鱼和杂交鲈及同属的玛拉斑饲料中适宜能量蛋白比相接近。

参考文献:

- [1] Ai Q H, Mai K S, Li H T, *et al.* Effects of dietary protein to energy ratios on growth and body composition of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus* [J]. *Aquaculture*, 2004, 230: 507 - 516.
- [2] Catacutan R M, Coloso M. Effect of dietary protein to energy ratios on growth, survival, and body composition of juvenile Asian sea bass, *Lates calcarifer* [J]. *Aquaculture*, 1995, 131: 125 - 133.
- [3] 彭士明, 陈立侨, 叶金云, 等. 饵料蛋白能量比对黑鲷幼鱼生长和体成分的影响 [J]. *中国水产科学*, 2005, 12(4): 465 - 470.
- [4] 许国焕, 丁庆秋, 王 燕. 饵料中不同能量蛋白比对大口鲈生长及体组成的影响 [J]. *浙江海洋学院学报*, 2001, 20(增刊): 94 - 97.
- [5] 温小波, 库天梅, 罗静波. 中华鲟配合饲料适宜蛋白质含量及最佳蛋白能量比研究 [J]. *海洋科学*, 2003, 27(4): 38 - 43.
- [6] 戴祥庆, 杨国华, 李 军. 青鱼饲料最适能量蛋白比的研究 [J]. *水产学报*, 1988, 12(1): 35 - 41.
- [7] Shiau S Y, Lan C W. Optimum dietary protein level and protein to energy ratio for growth of grouper (*Epinephelus malabaricus*) [J]. *Aquaculture*, 1996, 145: 259 - 266.
- [8] Page J W, Andrews J W. Interaction of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*) [J]. *J Nutr*, 1973, 103: 1339 - 1346.
- [9] Samantary K, Mohanty S S. Interactions of dietary levels of protein and energy on fingerling snakehead, *Channa striata* [J]. *Aquaculture*, 1997, 156: 245 - 253.
- [10] Colvin P M. Nutritional studies of penaeid prawns: protein requirements in compounded diets for juvenile *Penaeus indicus* [J]. *Aquaculture*, 1976, 7: 315 - 326.
- [11] 麦康森. 无公害渔用饲料配制技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 22 - 29.
- [12] Winfree R A, Stickney R R. Effect of dietary protein and energy on growth, food conversion efficiency and body composition of *Tilapia aurea* [J]. *J Nutr*, 1987, 111: 1001 - 1012.
- [13] 戴祥庆, 杨国华, 李 军. 青鱼饲料最适能量蛋白比的研究 [J]. *水产学报*, 1988, 12(1): 35 - 41.
- [14] He X Q, Zhu L, Yan Y X, *et al.* Studies on the utilization of carbohydrate-rich ingredient and optimal protein to energy ratio in Chinese bream, *Megatobrama amblycephala* [C] // *Asian Fish Soc Spec Publ* 9. Manila: Asian Fisheries Society, 1994, 31 - 42.
- [15] Daniels W H, Robinson E H. Protein and energy requirements of juvenile red drum (*Sriaenops ocellatus*) [J]. *Aquaculture*, 1986, 73: 243 - 252.
- [16] Nematipour G R, Brown M L, Garlin D M. Effects of dietary energy/protein ratios on growth characteristics and body composition of hybrid striped bass [J]. *Aquaculture*, 1992, 107: 359 - 368.
- [17] 林黑着, 江 琦, 黄剑南, 等. 鲮鱼配合饲料适宜蛋白含量及蛋白能量比的初步研究 [J]. *上海水产大学学报*, 1998, 7(3): 187 - 192.