

哲罗鱼稚鱼的蛋白质和脂肪需求量

徐奇友,王炳谦,徐连伟,贾钟贺,尹家胜

(中国水产科学研究院 黑龙江水产研究所,黑龙江 哈尔滨 150070)

摘要:采用4×3两因素完全随机设计,研究了哲罗鱼(*Hucho taimen*)稚鱼蛋白质和脂肪的需要量。初始体质量为7~8 g的哲罗鱼饲养于玻璃钢水族箱中(直径90 cm,水深45 cm)。实验共设4个蛋白质水平(50%、46%、42%、38%),每个蛋白质水平设3个脂肪水平(10%、15%和20%),共12种饲料,每种饲料投喂组设3个重复,每个重复100尾鱼。实验期间水温11.5~17.5℃,溶解氧7.8~10 mg/L,每天饲喂3次,实验共进行8周。结果表明,不同处理对成活率未产生显著影响;脂肪水平对蛋白质需要量影响较大,在10%脂肪水平,与其他蛋白质水平相比,50%蛋白质水平显著提高了终末体质量、终末体长和平均日增重($P<0.01$),特定生长率和饵料系数也得到改善($P<0.05$);在15%脂肪水平下,与38%蛋白质水平相比,42%、46%和50%蛋白质水平各组终末体质量、平均日增重、特定生长率和饵料系数都显著改善($P<0.05$);在20%脂肪水平下,38%与50%蛋白质水平相比,终末体质量、平均日增重和饵料系数差异显著($P<0.05$),但其他各组差异不显著;与10%和15%脂肪水平相比,20%脂肪水平显著提高了蛋白质效率($P<0.05$);鱼体脂肪含量随饲料中脂肪含量增加而显著提高($P<0.01$);50%蛋白质水平显著降低了鱼体水分和脂肪含量,提高了体蛋白含量($P<0.05$);鱼体总能随着蛋白质和脂肪水平的提高也极显著提高($P<0.01$)。本实验结论为:在10%脂肪水平,哲罗鱼稚鱼最适蛋白质水平为50%,在15%和20%脂肪水平下,最适蛋白质水平为42%。[中国水产科学,2007,14(3):498—503]

关键词:哲罗鱼;蛋白质;脂肪;需求量

中图分类号:S963

文献标识码:A

文章编号:1005—8737—(2007)03—0498—06

哲罗鱼(*Hucho taimen*)为肉食性、冷水性鲑科鱼类,栖息在低温(20℃以下)溪流里,肉味鲜美、营养丰富。哲罗鱼生长速度较快,属于大型名贵鱼类,一般成体约3 kg,最大可达50 kg,体长1 m以上,具有较高的经济价值。目前,该鱼的驯化养殖已经获得成功^[1],并在中国某些省市开始进行养殖推广。但由于哲罗鱼的营养需求尚未有人研究,因而影响了其配合饲料的开发。

蛋白质和能量是鱼类的必需营养元素,对于一些养殖鱼类能量和蛋白质需要量已有一些研究^[2-3],但不同品种、不同规格和不同的养殖环境对鱼类能量和蛋白质需求不同。在不影响鱼类生长的情况下降低蛋白质浓度,准确确定能量和蛋白质的需要量,这不仅可以降低饲料费用,而且可降低排泄物污染。冷水性鱼类能量来源主要是脂肪和蛋白质,其营养需要也主要表示为脂肪和蛋白质含量,如果不能提供适宜的脂肪和蛋白质,将降低冷水鱼类的生长速度;但饲料中脂肪含量过高也将导致脂肪沉积或摄食量降低^[4]。

研究哲罗鱼脂肪和蛋白质需求量可为该鱼的饲料配制提供理论依据,这对促进哲罗鱼的大规模养殖和推广具有重要意义。

1 研究方法

1.1 实验材料

实验在黑龙江水产研究所渤海冷水性鱼类实验站进行。实验用鱼为人工繁育的哲罗鱼稚鱼,体长10~11 cm,体质量7~8 g。

1.2 生长实验

采用4×3两因素完全随机设计,实验共分4个蛋白质水平(50%、46%、42%、38%),每个蛋白质水平设3个脂肪水平(10%、15%和20%),共12种饲料,每种饲料设3个重复,每个重复100尾鱼。实验基础饲料配方及营养成分含量见表1。饲料原料经微粉过80目筛,用鼓型混合机混合后用制粒机制粒,前4周颗粒直径为1.5 mm,后4周为3 mm,置于一20℃冰箱中备用。

收稿日期:2006—06—02;修订日期:2006—09—06。

基金项目:国家“十五”攻关项目(2004BA526B0116)。

作者简介:徐奇友(1969—),男,博士,副研究员,从事水产营养与饲料研究。E-mail: xuqiyu@sina.com

通讯作者:尹家胜(1960—),男,研究员。E-mail: xwsc20@tom.com

表 1 饲料配方及营养成分含量

Tab. 1 Formula and nutrient composition of the experiment diets

组成 Composition	处理组 Treatment											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
成分 Ingredient												
次粉/% Wheat shorts	6	6	6	12.5	12.8	13	20	20.6	20.6	25	27.5	27.4
豆粕/% Soybean	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
血粉/% Blood meal	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
鱼粉/% Fish meal	65	65	65	58	58	58	50	50	50	43	43	43
鱼油/% Fish oil	15	10	5	15	10	5	15	10	5	15	10	5
纤维素/% Cellulose	0	5	10	0	4.7	9.5	0	4.4	9.4	1.5	4	9.1
磷酸二氢钙/% Calcium biphosphate	0	0	0	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1.5	1.5	1.5
复合维生素/% Vitamin premix	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
复合微量元素/% Mineral premix	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
大豆磷脂/% Soy lecithin	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
添加剂/% Additive	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
营养成分含量 Nutrient composition												
总能/(kJ·g ⁻¹) Gross energy	21.20	19.22	17.25	20.92	18.97	17.02	20.56	18.68	16.70	20.02	18.44	16.45
粗蛋白质/% Crude protein	50.03	50.03	50.03	46.26	46.29	46.32	41.95	42.02	42.02	37.99	38.29	38.28
粗脂肪/% Crude fat	20.10	15.10	10.10	19.65	14.65	9.66	19.13	14.14	9.14	19.66	13.69	8.69

注:(1)添加剂(%):Vc,0.1;胆碱,0.2;抗氧化剂,0.025;防霉剂,0.05;甜菜碱,0.1。(2)复合维生素和微量元素含量(每 kg 饲料):DL- α -生育酚 60 mg,维生素 K 5 mg,维生素 A 15 000 IU,维生素 D₃ 3 000 IU,VB₁ 15 mg,VB₂ 30 mg,VB₆ 15 mg,VB₁₂ 0.5 mg,烟酸 175 mg,叶酸 5 mg,肌醇 1 000 mg,生物素 2.5 mg,泛酸钙 50 mg,Fe 25 mg,Cu 3 mg,Mn 15 mg,I 0.6 mg 和 Mg 0.7 g。(3)总能计算方式为:23.6 kJ/g 蛋白;39.5 kJ/g 脂肪;17 kJ/g NFE^[5-6]。

Note:(1)additive(%):Vc,0.1;choline HCl 0.2;antioxidant 0.025;antimildew,0.05;betain,0.1。(2)Vitamin and mineral premix(on basis of kg diet):DL- α -VE 60 mg,VK 5 mg,VA 15 000 IU,VD₃ 3 000 IU,VB₁ 15 mg,VB₂ 30 mg,VB₆ 15 mg,VB₁₂ 0.5 mg,niacin acid 175 mg,folic acid 5 mg,inositol 1 000 mg,biotin 2.5 mg,pantothenic acid 50 mg,Fe 25 mg,Cu 3 mg,Mn 15 mg,I 0.6 mg and Mg 0.7 g。(3)Gross energy was calculated according to 23.6 kJ/g for protein,39.5 kJ/g for lipid,and 17 kJ/g for NFE^[5-6]。

实验在室内玻璃钢水族箱(直径 90 cm,水深 45 cm)中进行。正式实验开始前,实验鱼先用进口饲料饲喂 7 d 使其适应实验环境。实验开始时,鱼饥饿 24 h,用苯氧乙醇(0.5 ml/L)麻醉后测量体质量和体长,每箱 100 尾。实验用水为涌泉水,每天测水温(11.5~17.5)℃,每周测溶氧(7.8~10)mg/L 和流速(30~40)L/min。每天手工投喂 3 次,投饲率为总体质量的 2%~3%,以饱食而没有剩料为原则,每天记录每个水族箱的投喂量。实验共进行 8 周,实验结束后,鱼空腹 24 h,然后逐尾测量体长和体质量。

1.3 鱼体成分分析

实验开始选 15 尾鱼,实验结束后每个处理取 12 尾鱼,麻醉致死,分别测量体长和体质量,放入冰箱(-20℃)冷冻备测。取内脏团称重计算脏体比,取肝脏称重计算肝体比。之后测定鱼体初水分含

量,粉碎制样,用恒温干燥法(105℃)、凯氏定氮法和索氏抽提法分别测定样品水分、粗蛋白质和粗脂肪含量。

1.4 统计分析方法

实验结果采用 SAS 8.2 ANOVA 过程进行方差分析和多重比较。所得数据用平均值±标准差($\bar{X}$ ±SD)表示, $P<0.05$ 认为差异显著, $P<0.01$ 认为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 不同蛋白质和脂肪水平对哲罗鱼生长性能的影响

实验结果如表 2 所示。不同处理对哲罗鱼稚鱼成活率未产生显著影响,成活率均较高。在不同脂肪水平蛋白质含量对哲罗鱼生长性能影响较大。在

10%脂肪水平,与其他蛋白质水平相比,50%蛋白质水平显著提高了终末体质量和平均日增重($P<0.01$),特定生长率和饵料系数也得到改善($P<0.05$);在15%脂肪水平,与38%蛋白质水平相比,42%、46%和50%蛋白质水平显著提高了终末体质量、平均日增重和特定生长率,显著降低了饵料系数($P<0.05$);在20%脂肪水平,38%与50%蛋白质

水平显著影响了终末体质量、平均日增重和饵料系数($P<0.05$),但其他各组差异不显著($P>0.05$)。随着脂肪含量的提高,蛋白质效率也上升,与10%和15%脂肪相比,20%脂肪水平显著提高了蛋白质效率($P<0.05$)。随粗蛋白质水平的提高,蛋白质效率呈降低趋势。不同处理对肥满度未产生明显的影响($P>0.05$)。

表2 不同脂肪和蛋白质水平对哲罗鱼生长性能的影响

Tab. 2 Effects of different lipid and protein levels on growth performance of *H. taimen* $n=3; \bar{X} \pm SD$

处理组 Treatment	初始体 质量/g Initial weight	成活率/% SR	终末体 质量/g Final weight	终末体 长/mm Final length	平均日 增重/g Daily weight gain	特定生长 率/(%·d ⁻¹) SGR	肥满度 Condition factor	饵料系数 FCR	蛋白质 效率 PER
1	7.84± 0.43	99.33± 1.15	26.72± 0.92 ^a	15.47 ±0.13 ^a	0.34± 0.02 ^a	2.19± 0.09 ^a	0.72± 0.02 ^{ab}	1.09± 0.06 ^f	1.84± 0.09 ^{abc}
2	7.89± 0.04	99.33± 0.58	25.58± 1.45 ^{ab}	15.17± 0.22 ^{ab}	0.31± 0.03 ^{ab}	2.10± 0.09 ^{ab}	0.73± 0.02 ^a	1.14± 0.09 ^{ef}	1.75± 0.13 ^{bc}
3	7.95± 0.26	98.67± 1.53	25.97± 1.81 ^a	15.34± 0.32 ^a	0.32± 0.03 ^a	2.11± 0.07 ^{ab}	0.72± 0.01 ^{ab}	1.16± 0.09 ^{def}	1.73± 0.13 ^{bc}
4	7.82± 0.51	100.00± 0.00	25.24± 0.43 ^{ab}	15.32± 0.10 ^a	0.31± 0.00 ^{abc}	2.09± 0.09 ^{ab}	0.70± 0.03 ^{ab}	1.17± 0.03 ^{def}	1.84± 0.04 ^{abc}
5	7.91± 0.26	99.00± 1.00	24.90± 0.92 ^{abc}	15.11± 0.08 ^{abc}	0.31± 0.02 ^{abc}	2.05± 0.12 ^{abc}	0.72± 0.02 ^{ab}	1.20± 0.09 ^{cdef}	1.80± 0.14 ^{abc}
6	7.91± 0.20	99.00± 1.73	22.93± 0.88 ^{cd}	14.62± 0.30 ^{cd}	0.27± 0.02 ^d	1.90± 0.05 ^{cd}	0.73± 0.03 ^a	1.35± 0.07 ^{abc}	1.59± 0.08 ^c
7	7.95± 0.28	99.00± 0.00	24.99± 0.31 ^{ab}	15.21± 0.16 ^a	0.31± 0.01 ^{abc}	2.05± 0.05 ^{abc}	0.71± 0.03 ^{ab}	1.21± 0.05 ^{cdef}	1.97± 0.04 ^{ab}
8	8.03± 0.15	99.33± 1.15	25.03± 0.38 ^{ab}	15.05± 0.21 ^{abc}	0.30± 0.01 ^{abc}	2.03± 0.06 ^{abc}	0.73± 0.02 ^a	1.29± 0.04 ^{bode}	1.85± 0.06 ^{ab}
9	7.86± 0.54	99.67± 0.58	23.57± 0.59 ^{bcd}	15.15± 0.19 ^{abc}	0.28± 0.01 ^{bcd}	1.96± 0.12 ^{abcd}	0.68± 0.02 ^b	1.30± 0.08 ^{abcde}	1.83± 0.11 ^{abc}
10	7.96± 0.12	98.67± 2.31	23.54± 1.89 ^{bcd}	15.08± 0.58 ^{abc}	0.28± 0.03 ^{cd}	1.93± 0.13 ^{abcd}	0.69± 0.02 ^{ab}	1.32± 0.15 ^{abcd}	2.01± 0.20 ^a
11	7.89± 0.46	97.67± 2.08	21.82± 0.83 ^d	14.67± 0.35 ^{bcd}	0.25± 0.02 ^d	1.82± 0.17 ^d	0.69± 0.03 ^{ab}	1.46± 0.15 ^a	1.81± 0.19 ^{abc}
12	7.91± 0.19	98.33± 1.15	21.63± 1.16 ^d	14.44± 0.36 ^d	0.25± 0.02 ^d	1.79± 0.06 ^d	0.72± 0.03 ^{ab}	1.40± 0.09 ^{ab}	1.88± 0.12 ^{ab}
<i>P</i> value(ANOVA)									
Protein		0.249 8	0.000 1	0.001 4	0.000 1	0.000 1	0.118 8	0.000 1	0.026 5
Lipid		0.716 0	0.005 7	0.008 9	0.004 5	0.018 6	0.281 4	0.021 5	0.018 0
Lipid×Protein		0.883 4	0.473 9	0.281 6	0.515 8	0.802 5	0.071 9	0.571 6	0.654 2

注:1. 同列中不具有相同字母的项间差异显著($P<0.05$);2. 成活率 SR(%)=100×实验结束尾数/实验初始尾数;3. 特定生长率 SGR(%·d⁻¹)=100×(ln 终末体质量-ln 初始体质量)/实验天数;4. 肥满度(%)=体质量(g)×10⁵/体长³(mm³)^[7];5. 饵料系数 FCR=投饲量/(终末体质量-初始体质量);6. 蛋白质效率=增重(g)/蛋白质摄入量(g);7. *P* value: 单因或二因方差分析结果。

Note:1. Means within a column without common superscripts differ significantly($P<0.05$);2. SR(Survival rate, %)=100×Final fish amount/initial fish amount;3. SGR(Specific growth rate, %)=100×(ln final weight-ln initial weight)/ feed days (d);4. CF(Condition factor)=fish weight(g)×10⁵/fish length³(mm);5. FCR=diet weight/(final weight-initial weight);6. PER(protein efficiency ratio)=[wet weight gain/protein intake];7. *P* value: one way or two-way analysis of variance.

2.2 不同蛋白质和脂肪水平对哲罗鱼体成分的影响

随饲料脂肪含量的增加,鱼体脂肪含量也提高($P<0.01$),实验结果见表3。饲料蛋白质水平显著影响了鱼体水分、粗脂肪和粗蛋白质含量($P<0.05$),与其他蛋白质水平相比,50%蛋白质含量显

著降低了鱼体水分和体脂肪含量,提高了体蛋白含量。随着饲料蛋白质和脂肪水平的提高,鱼体总能含量也提高($P<0.01$)。蛋白质含量增加,肝体比上升;脂肪添加量增加,脏体比也升高,其中添加20%脂肪与10%脂肪相比成显著水平($P<0.05$)。

表3 不同脂肪和蛋白质水平对哲罗鱼体成分的影响

Tab. 3 Effects of different lipid and protein levels on body composition of *Hucho taimen*

$n=12; \bar{X} \pm SD$						
处理组 Treatment	水分/% Moisture	粗蛋白质/% CP	粗脂肪/% EE	总能/(kJ·g ⁻¹) GE	肝体比/% VI	脏体比/% HSI
1	77.04±0.41 ^{ab}	15.67±0.50 ^{ab}	3.87±0.39 ^a	5.23±0.12 ^{ab}	2.01±0.19 ^a	10.34±1.07 ^a
2	75.42±0.92 ^b	16.81±5.53 ^a	3.38±0.76 ^{abcd}	5.39±1.74 ^a	1.78±0.14 ^{bcd}	8.63±1.18 ^{cd}
3	77.10±0.64 ^{ab}	15.86±0.54 ^{ab}	3.22±0.37 ^{bcd}	5.02±0.17 ^{abc}	1.94±0.17 ^{ab}	9.06±0.86 ^{bcd}
4	77.67±0.83 ^{ab}	15.32±0.77 ^{ab}	3.86±0.44 ^a	5.14±0.19 ^{ab}	1.74±0.22 ^{bcd}	9.60±1.09 ^{abc}
5	78.29±0.64 ^a	15.00±0.42 ^b	3.12±0.46 ^{bcd}	4.77±0.26 ^{bc}	1.78±0.29 ^{bcd}	8.65±1.01 ^{cd}
6	78.86±1.80 ^a	14.81±1.03 ^b	3.43±0.64 ^{abcd}	4.85±0.47 ^{bc}	1.66±0.22 ^d	8.32±1.13 ^d
7	78.53±0.78 ^a	14.98±0.37 ^b	3.56±0.39 ^{abc}	4.94±0.19 ^{abc}	1.63±0.24 ^d	8.62±1.32 ^{cd}
8	77.79±0.85 ^{ab}	14.97±0.35 ^b	3.65±0.48 ^{ab}	4.98±0.25 ^{abc}	1.89±0.29 ^{abc}	9.73±1.43 ^{ab}
9	78.29±0.81 ^a	15.14±0.69 ^b	3.13±0.25 ^{bcd}	4.81±0.23 ^{bc}	1.74±0.26 ^{bcd}	8.79±0.91 ^{bcd}
10	78.16±1.03 ^a	14.39±0.78 ^b	2.92±0.97 ^d	4.55±0.43 ^c	1.70±0.17 ^{cd}	9.19±1.14 ^{9bcd}
11	77.75±1.28 ^{ab}	15.16±0.76 ^b	3.64±0.49 ^{ab}	5.02±0.35 ^{abc}	1.64±0.13 ^d	8.68±1.09 ^{cd}
12	78.46±0.82 ^a	15.22±0.45 ^b	2.99±0.56 ^{cd}	4.77±0.29 ^{bc}	1.79±0.27 ^{bcd}	8.21±1.24 ^d
<i>P</i> value(ANOVA)						
Protein	0.000 1	0.011 3	0.091 8	0.000 1	0.000 6	0.064 9
Lipid	0.231 3	0.527 4	0.008 2	0.000 1	0.964 6	0.078 3
Lipid×Protein	0.011 3	0.661 4	0.000 3	0.000 1	0.004 9	0.308 3

注:1. 鱼体总能(GE)按23.6 kJ/g蛋白质,39.5 kJ/g脂肪计算,NFE忽略不计;2. 脏体比(%)=100×内脏质量/鱼体质量;3. 肝体比(%)=100×肝质量/鱼体质量;4. 同列中不具有相同字母的项间差异显著($P<0.05$)。

Note:1. Gross energy(GE) was determined according to 23.6 kJ/g protein, 39.5 kJ/g lipid; NFE was ignored. 2. Viscerosomatic index (VI, %) = viscerosomatic wt/fish wt×100%. 3. Hepatosomatic index (HSI, %) = liver wt/fish wt×100%. 4. Values with different letters are significantly different in the same column($P<0.05$).

3 讨论

3.1 饲料中蛋白质和脂肪水平对哲罗鱼稚鱼生长表现的影响

对于养殖鱼类,有必要知道其达到最大增重的营养需要^[8]。Cowey^[9]指出,在测定营养需要时,如果以增重作为反映摄食水平的指标(生长指标),需要假定增重的内容不变,而多数情况下却不是这样。此外,如果以净蛋白利用率或者蛋白质效率作为反映指标,就需要精确的估计采食量,但这对于鱼类是非常困难的。可见,选择适宜的指标来评定能量和蛋白质需要非常关键。本研究以平均日增重和特定

生长率为指标来评定哲罗鱼蛋白质和脂肪需要量。当鱼采食日粮能量和蛋白质超过需要量时,一些鱼的生长会产生一个平台期或下降^[10-11]。本实验中在10%脂肪水平下,随着蛋白质水平从38%提高到50%,哲罗鱼稚鱼的平均日增重和特定生长率升高,鱼体能量沉积也上升,但并未发现平台期,这表明高于50%蛋白质水平是否能提高生长速度还有待研究。本实验中在15%和20%脂肪水平下,42%、46%和50%蛋白质水平的各实验组在平均日增重和特定生长率差异不显著,这表明蛋白质需要量为42%。这与其他冷水鱼幼鱼阶段蛋白质需要量基本一致,如大西洋鲑(*Salmon salar*)蛋白质需要量为

45%^[12],虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)稚鱼期蛋白质需要为42%~48%,脂肪为20%~24%^[13-14]。

本实验中哲罗鱼稚鱼在同一蛋白质水平时高脂肪水平比低脂肪水平均有更好的生长表现(生长速度和饲料效率),这称作“蛋白质节约作用”^[15],在虹鳟和斑点叉尾鮰(*Ictalurus punctatus*)也发现了同样的作用^[16-17]。但在大菱鲂(*Scophthalmus maximus* Laceped)和牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)研究中日粮脂肪水平对生长和饲料效率却产生相反效果^[18-19]。

3.2 饲料中蛋白质和脂肪水平对哲罗鱼稚鱼鱼体成分的影响

本实验中随饲料中脂肪含量的增加,鱼体脂肪含量也上升,Bromley^[20]和Kaushik等^[21]发现,高脂肪水平可提高牙鲆、大菱鲂和虹鳟的体脂肪含量,这与本实验结果一致。本实验中随蛋白质含量增加,肝体比上升,随脂肪添加量的增加,脏体比也增加。这与刘永坚在红姑鱼(*Sciaenops ocellatus*)的实验结果一致^[4]。这说明在脂肪水平高时,内脏组织中脂肪沉积增大。

综上所述,脂肪水平对哲罗鱼蛋白质的需要量影响较大,不同的脂肪水平下,蛋白质的需求量不同。在10%脂肪水平,蛋白质需要量为50%。在15%和20%脂肪水平下,蛋白质需要量为42%。

参考文献:

- [1] 徐伟,尹家胜,姜作发,等. 哲罗鱼人工繁育技术的初步研究[J]. 中国水产科学,2003,10(1):26-30.
- [2] 陈四清,马爱军,雷霖霖,等. 大菱鲂幼鱼的蛋白质与能量需要[J]. 水产学报,2004,28(4):425-430.
- [3] 刘永坚,刘炼辉,田丽霞,等. 饲料蛋白质和能量水平对红姑鱼生长和鱼体组成的影响[J]. 水产学报,2002,26(3):242-246.
- [4] National Research Council. Nutrient requirement of fish[M]. Washington DC:National Academy Press,1993:77.
- [5] Garling D L, Wilson R P. Optimum dietary protein to energy ratio for channel catfish fingerlings[J]. J Nutr, 1976, 106: 1368-1375.
- [6] Samantary K, Mohanty S S. Interactions of dietary levels of protein and energy on fingerling snakehead[J]. Aquaculture, 1997, 156: 241-249.
- [7] Charles Barnham PSM, Alan Baxter. Fisheries notes, Condition factor, K, for salmonid fish[M]. State of Victoria, Department of Primary Industries, 2003. 1-3.
- [8] Bruce B, McGoogan, Delrert M. Metabolic requirements of red drum, *Sciaenops ocellatus*, for protein and energy based on weight gain and body composition[J]. J Nutr, 1998, 128: 123-129.
- [9] Cowey C B. Nutrition: estimating requirements of rainbow trout[J]. Aquaculture, 1992, 100: 177-189.
- [10] Siddiqui A Q, Howlader M S, Adam A A. Effects of dietary protein levels on growth, feed conversion and protein utilization in fry and young Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*[J]. Aquaculture, 1988, 70: 63-73.
- [11] El-sayed A M, Teshima S. Protein and energy requirements of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fry[J]. Aquaculture, 1992, 103: 55-63.
- [12] Lall S P, Bishop F J. Studies on mineral and protein utilization by Atlantic salmon (*Salmo salar*) grown in sea water[R]. Fisheries and marine service, Canada, 1977.
- [13] Satia B P. Quantitative protein requirement of rainbow trout[J]. Prog Fish Cult, 1974, 36: 80-85.
- [14] Carl D Webster, Chhorn Lim. Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture[M]. CAB International, 2002: 153-168.
- [15] Murat Yigit, Shunsuke Koshio, Shin-ichi Teshima, et al. Dietary protein and energy requirements of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*[J]. J Appl Sci, 2004, 4(3): 486-492.
- [16] Lee D J, Putnam G B. The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet[J]. J Nutr, 1973, 103: 916-922.
- [17] Page J W, Andrews J W. Interactions of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*)[J]. J Nutr, 1973, 103: 1339-1346.
- [18] Caceres-Martinez C M, Cadena-Roa, Metailler R. Nutritional requirements of turbot (*Scophthalmus maximus*) I. A preliminary study of protein and lipid utilization[J]. J World Maricult Soc, 1984, 15: 191-202.
- [19] Lee S M, Cho S H, Kim K D. Effects of dietary protein and energy levels on growth and body composition of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*[J]. J World Aquacult Soc, 2000, 31: 306-315.
- [20] Bromley P J. Effect of dietary protein, lipid and energy content on the growth of turbot (*Scophthalmus maximus* L.)[J]. Aquaculture, 1980, 19: 359-369.
- [21] Kaushik S J, Medale F, Fauconneau B, et al. Effect of digestible carbohydrates on protein/energy utilization and on glucose metabolism in rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.) [J]. Aquaculture, 1989, 79: 63-74.

Requirement of dietary protein and lipid for juvenile *Hucho taimen*

XU Qi-you, WANG Bing-qian, XU Lian-wei, JIA Zhong-he, YIN Jia-sheng

(Heilongjiang River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin, 150070, China)

Abstract: A 4×3 factorial feeding trial was conducted to determine the optimal dietary protein and lipid requirement of juvenile *Hucho taimen*. Juvenile fish with initial average weight of 7–8 g were raised in tanks of 90 cm $\times$ 45 cm. Twelve practical diets were formulated to contain four protein levels (50%, 46%, 42%, 38%), each protein levels with three lipid levels (10%, 15%, 20%), each diets was randomly assigned to triplicate groups of 100 fish. Water temperature fluctuated at 11.5–17.5 °C; dissolved oxygen content was approximately 7.8–10 mg/L during the experiment period. Fish were fed 3 times daily to apparent satiation for 8 weeks. The results showed that different treatments did not influence the survival rate. Protein requirement was influenced by lipid level. At 10% lipid level, final body weight, final body length and average daily weight gain all increased at 50% protein level ($P < 0.01$) compared with other protein levels, and SGR and FCR were improved ($P < 0.05$) too. At 15% lipid level, compared with 38% protein, final body weight, daily weight gain, SGR and FCR were improved ($P < 0.05$) by 42%, 46% and 50% protein. At 20% lipid level, final body weight, daily weight gain and FCR were improved by 50% protein compared with 38% protein, but there were no differences among other groups. Compared with 10% and 15% lipid levels, PER increased at 20% lipid level ($P < 0.05$). Body fat content increased when feed lipid increased ($P < 0.01$); body moisture and fat content decreased and protein increased on 50% protein level ($P < 0.01$); body energy content increased when protein and fat levels increased ($P < 0.01$). Viscerosomatic index increased when protein increased ($P < 0.01$). These results suggested that at 10% fat level, the protein requirement was 50%, and at 15% and 20% fat levels, the protein requirement was 42% for juvenile *Hucho taimen*. [Journal of Fishery Sciences of China, 2007, 14(3): 498–503]

Key words: *Hucho taimen*; protein; lipid; requirement

Corresponding author: YIN Jia-sheng. E-mail: xwsc20@tom.com