

团头鲂对饲料中 Zn 的需求量

刘汉超¹, 叶元土^{1*}, 蔡春芳¹, 吴 韬¹, 陈科全¹, 浦琴华²

(1. 苏州大学基础医学与生物科技学院, 江苏 苏州 215123;

2. 浙江一星实业股份有限公司, 浙江 海盐 314300)

摘要: 为了研究团头鲂对饲料中 Zn 的需要量, 以平均体质量 50 g 的团头鲂为实验对象, 采用半纯化饲料, 以 $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 为锌源, 设置 Zn 添加量分别为 0、68、137、206、275 mg/kg (饲料中 Zn 总量为 22.85、98.07、164.00、235.43、307.96 mg/kg) 共 5 个 Zn 含量梯度, 每个实验组设 4 个平行, 在池塘网箱中养殖 43 d。经过回归拟合分析, 饲料中 Zn 添加量、饲料中 Zn 总量与团头鲂特定生长率、饲料系数、蛋白质沉积率、脂肪沉积率的关系, 得到团头鲂对饲料中无机 Zn 补充量为 155.86 ~ 161.25 mg/kg, 对饲料总 Zn 需要量为 184.85 ~ 190.39 mg/kg; 在日均摄食量为 5.12 g/100 g 体质量下, 团头鲂对饲料 Zn 日需求量为 0.798 ~ 0.825 mg/100 g 体质量, 对饲料总 Zn 日需要量为 0.946 ~ 0.974 mg/100 g 体质量。饲料中 Zn 含量对团头鲂的成活率、肥满度、内脏指数、鳞片重/体质量、体质量/体长、脊椎骨重/体质量无显著影响 ($P > 0.05$)。饲料中 Zn 含量对团头鲂的脊椎骨长/体长有显著影响 ($P < 0.05$); 饲料中 Zn 的补充, 有利于团头鲂脊椎骨的生长。

关键词: 团头鲂; Zn; 需要量; 生长

中图分类号: S 963

文献标志码: A

Zn 是鱼类必需的微量元素之一, 在鱼体内具有多种生理作用。例如: 它是体内 100 多种酶的组成成分或激活因子, 参与核酸和蛋白质的合成、能量代谢、氧化还原等生化代谢过程。Zn 通过调节激素、酶和生长因子的活性及参与骨细胞核酸和蛋白质的代谢进而影响鱼体的骨骼发育。团头鲂 (*Megalobrama amblycephala*) 隶属鲤形目 (Cypriniformes), 鲤科 (Cyprinidae), 鲂亚科 (Parabramis), 鲂属 (*Megalobrama*), 是中国重要的淡水经济鱼类之一。关于淡水鱼类对饲料中 Zn 需要量的研究, 黄耀桐等^[1] 认为草鱼 (*Ctenopharyngodon idella*) 对 Zn 的需要量是 49 ~ 98 mg/kg。杨玻等^[2]、王辉亮等^[3] 研究表明黑鲮 (*Sparus macrocephalus*) 对 Zn 的最适需要量是 130 mg/kg。陈冬梅等^[4] 研究了鲤 (*Cyprinus carpio*) 对 Zn 的最适需要量为 89 mg/kg。Gatlin 等^[5] 建议眼斑拟石首鱼 (*Sciaenops ocellatus*) 幼

鱼对日粮中 Zn 的最低需要量应不低于 20 ~ 25 mg/kg。朱雅珠等^[6] 认为 4.9 g 规格团头鲂的养殖实验中, 锌元素的适宜添加量为 20 mg/kg。本实验通过养殖实验, 在实验结束时通过测定团头鲂生长、形体骨骼指标、常规体成分、蛋白沉积率、脂肪沉积率的含量, 确认团头鲂对饲料中 Zn 的需要量。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

团头鲂为浙江一星饲料集团海盐实验基地池塘养殖 1 冬龄鱼种, 实验团头鲂初始平均体质量为 50 g。实验鱼经 2 周暂养、驯化后, 选择体格健壮、规格整齐的鱼种 400 尾, 随机分成 5 组, 每组设 4 个重复, 每个重复放 20 尾鱼。

1.2 实验饲料

以酪蛋白、秘鲁鱼粉、豆油、糊精、淀粉和纤维

收稿日期: 2014-04-24 修回日期: 2014-06-06

资助项目: 公益性行业 (农业) 科研专项 (201003020)

通信作者: 叶元土, E-mail: yeyt@suda.edu.cn

素为原料配置半纯化饲料,以 $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (四川龙蟒钛业股份有限公司,饲料级)为 Zn 源,分别添加 0、0.2、0.4、0.6、0.8 g/kg $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$,制成饲料中无机 Zn 补充量分别为 0、68、137、206、275 mg/kg 的 5 种半纯化实验饲料(表 1)。饲料原料经粉碎过 60 目筛,混合均匀后加适量水搅

拌,用小型面条加工机加工成 1.5 mm 粗细的条状料,电风扇条件下干燥后再手工搓碎,筛选 2 ~ 3 mm 长的颗粒饲料置于冰箱中 $-20\text{ }^\circ\text{C}$ 密封保存。各实验组饲料 Zn 含量的实测值分别是 22.85、98.07、164.00、235.43、307.96 mg/kg。

表 1 实验饲料组成及营养水平
Tab.1 Composition and nutrient levels of experimental diets

原料 material	Zn 组别/(mg/kg) Zn group				
	0	68	137	206	275
酪蛋白/% casein	213	213	213	213	213
秘鲁进口蒸汽鱼粉/% fish meal	205	205	205	205	205
磷酸二氢钙/% $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	30	30	30	30	30
豆油/% soybean oil	50	50	50	50	50
大豆磷脂/% soy lecithin	10	10	10	10	10
氯化胆碱/% choline chloride	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
维生素预混料/% vitamin premix ¹⁾	1	1	1	1	1
矿物质预混料/% mineral premix ²⁾	5	5	5	5	5
糊精/% dextrin	100	100	100	100	100
α -淀粉/% α -starch	255	255	255	255	255
微晶纤维素/% mcc	29.5	29.3	29.1	28.9	28.7
羧甲基纤维素/% cmc	100	100	100	100	100
$\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (Zn34.4%)					
合计	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
营养水平 nutrient levels ³⁾	0	0.2	0.4	0.6	0.8
粗蛋白/% CP	31.66	31.70	31.90	31.00	32.11
粗脂肪/% EE	9.23	9.68	9.51	9.43	9.50
灰分/% ash	8.00	8.02	8.12	7.99	8.15
钙/% calcium	1.06	1.16	1.12	1.05	1.19
磷/% phosphorus	1.71	1.89	1.75	1.80	1.71

注:1)维生素预混料为每千克日粮提供:VA 10 mg;VB₁ 8 mg;VB₂ 8 mg;VB₆ 20 mg;VB₁₂ 0.1 mg;VC 250 mg;泛酸钙 20 mg;烟酸 25 mg;VD₃ 4 mg;VK₃ 6 mg;叶酸 5 mg;肌醇 100 mg。2)矿物质预混料为每千克日粮提供:Cu 4 mg;Mn 30 mg;Fe 300 mg;I 0.65 mg;Se 0.5 mg;Co 0.17 mg;Mg 300 mg。3)实测值

Notes:1)The vitamin premix provided following for per kg of feed:VA 10 mg;VB₁ 8 mg;VB₂ 8 mg;VB₆ 20 mg;VB₁₂ 0.1 mg;VC 250 mg;calcium pantothenate 20 mg;niacin 25 mg;VD₃ 4 mg;VK₃ 6 mg;follic acid 5 mg;inositol 100 mg.2)The Mineral premix provided following for per kg of feed:Cu 4 mg;Mn 30 mg;Fe 300 mg;I 0.65 mg;Se 0.5 mg;Co 0.17 mg;Mg 300 mg.3)Measured values.

1.3 饲养管理

养殖实验在总面积为 667 m²的池塘网箱(规格为 1 m × 1 m × 1.5 m)中进行,以海盐县长山河河水为水源,池塘中设置 2 台 1.5 kW 叶轮式增氧机,每天运行 8 h。日投喂 2 次,每天 8:00 和 15:00 定时投喂,日投喂量为鱼体质量的 3% ~ 5%。每 2 周根据估算的鱼体质量增加量调整投喂量。整个养殖实验期间,随季节变化,池塘水温逐渐升高,水温日变化趋势见图 1。养殖实验期间,水温 21.2 ~ 32.9 °C、溶氧 > 7.0 mg/L、pH 7.0 ~ 7.4、氨氮 0.20 ~ 0.30 mg/L、硫化物 < 0.05

mg/L。正式养殖实验时间共计 43 d。

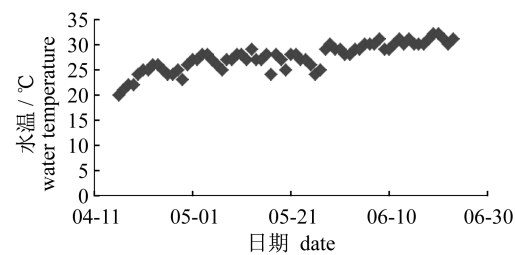


图 1 水温日变化曲线图

Fig.1 Daily variation of water temperature

养殖过程中,每10天从塘口取5份水样,采用原子吸收分光光度计(型号GGX-9,北京海光仪器公司)测定水体中Fe、Cu、Mn、Zn的含量^[7]

(表2)。通过单因素方差分析得出各实验组间无显著性差异($P > 0.05$),水体微量元素含量低于饲料中微量元素含量。

表2 养殖水体Fe、Cu、Mn、Zn含量和饲料中Zn含量
Tab.2 Content of Fe, Cu, Mn, Zn in aquatics breed water and the dietary Zn content

组别/(mg/kg) group	饲料 Zn 实测值/(mg/kg) values of Zn	Fe/ (mg/10 L)	Cu/ (mg/10 L)	Mn/ (mg/10 L)	Zn/ (mg/10 L)
0	22.85	0.32 ± 0.03	0.30 ± 0.03	0.03 ± 0.01	0.35 ± 0.06
68	98.07	0.32 ± 0.05	0.29 ± 0.04	0.03 ± 0.01	0.36 ± 0.07
137	164.00	0.31 ± 0.01	0.30 ± 0.02	0.02 ± 0.02	0.37 ± 0.02
206	235.43	0.33 ± 0.02	0.31 ± 0.05	0.02 ± 0.03	0.37 ± 0.03
275	307.96	0.33 ± 0.05	0.30 ± 0.04	0.03 ± 0.02	0.36 ± 0.05

1.4 样品采集与分析

饲养实验结束时,统计每个重复实验的饲料日摄入量。禁食24h后称量每个养殖网箱鱼体总重和计数鱼尾数,计算成活率、增重率、特定生长率、饲料系数;随机从每个养殖网箱里抽取6尾鱼测量体长、体质量、鳞片重、脊椎骨重、脊椎骨长,计算肥满度、体质量/体长、脊椎骨长/体长、脊椎骨重/体质量、鳞片重/体质量;并解剖取内脏团称重,计算内脏指数。计算公式如下:

$$SR(\%) = (N_1/N_0) \times 100 \quad (1)$$

式中,SR为成活率; N_1 为终尾数; N_0 为初尾数。

$$WG(\%) = [(S_1 - S_0)/S_0] \times 100 \quad (2)$$

式中,WG为增重率; S_1 为末体质量; S_0 为初体质量。

$$SGR(\%/d) = (\ln S_{a1} - \ln S_{a0})/D \times 100 \quad (3)$$

式中,SGR为特定生长率; S_{a1} 为末均重; S_{a0} 为初均重; D 为养殖天数。

$$FCR = W_f/W_i \quad (4)$$

式中,FCR为饲料系数; W_f 为每网箱投喂饲料总量; W_i 为每网箱鱼体总增重量。

$$CF(g/cm^3) = W/L^3 \times 100 \quad (5)$$

式中,CF为肥满度; W 为体质量; L 为体长。

$$VBR = W_v/W \times 100 \quad (6)$$

式中,VBR为内脏指数; W_v 为内脏重; W 为体质量。

$$PDR(\%) = (W_1 \times P_1 - W_0 \times P_0) / (W_f \times P_f) \times 100 \quad (7)$$

式中,PDR为蛋白质沉积率; W_1 为实验结束时鱼体总重; P_1 为实验结束时鱼体粗蛋白质含量; W_0 为实验开始时鱼体总重; P_0 为实验开始时鱼体粗蛋白质含量; W_f 为消耗饲料总重; P_f 为饲料粗蛋白质含量。

$$LRE(\%) = (W_1 \times F_1 - W_0 \times F_0) / (W_f \times F_f) \times 100 \quad (8)$$

式中,LRE为脂肪沉积率; W_1 为实验结束时鱼体总重; F_1 为实验结束时鱼体粗脂肪含量; W_0 为实验开始时鱼体总重; F_0 为实验开始时鱼体粗脂肪含量; W_f 为消耗饲料总重; F_f 为饲料粗脂肪含量。

采用常规的解剖方法获取肝胰脏、肌肉、全鱼用于测量鱼体常规体成分。采用105℃常压干燥法测定饲料、鱼体水分含量,凯氏定氮法测定粗蛋白质含量,索氏抽提法测定粗脂肪含量,高温消化炉550℃灼烧法测定粗灰分含量,分光光度法测定磷含量,乙二胺四乙酸二钠滴定法测定钙含量。

1.5 数据处理

实验数据用平均值±标准差(mean±SD)表示,结果用SPSS 17.0软件进行统计分析,在One-Way ANOVA进行方差分析的基础上采用Duncan多重比较检验组间差异,实验以 $P < 0.05$ 表示差异显著。根据特定生长率、饲料系数、蛋白沉积率、脂肪沉积率的数据,采用一元二次模型分析团头鲂对饲料中Zn的需求量。

2 结果

2.1 以团头鲂生长速度和饲料系数确定Zn的需要量

经过43d的养殖实验,补充不同浓度的Zn对团头鲂鱼体的生长产生了不同的影响。当饲料中Zn补充量从0mg/kg增加到137mg/kg时,末体质量和增重率均显著上升($P < 0.05$)、饲料系数显著下降($P < 0.05$),从137mg/kg增加到275mg/kg时,末体质量、增重率显著下降($P < 0.05$)、饲料系数显著上升($P < 0.05$)。团头鲂的特定生长率也随着饲料中Zn补充量的增加呈先升后降的趋势,137mg/kg组的特定生长率显著

高于 0 和 275 mg/kg 2 组 ($P < 0.05$)。成活率在各组之间无显著性差异 ($P > 0.05$) (表 3)。

采用一元二次模型分析饲料 Zn 补充量、Zn 总量与团头鲂饲料系数、特定生长率之间的关系, (图 2, 图 3)。特定生长率与饲料中补充的 Zn 含量的回归方程为 $y = -0.0343x^2 + 0.2202x + 1.701$, $R^2 = 0.9079$ 。计算得到当具有最大特定生长率时饲料中添加的 Zn 为 155.86 mg/kg, 依据饲料中补充 Zn 与饲料中总 Zn 的关系式 ($y = 1.0284x + 24.562$), 计算得到此时饲料中总的 Zn 含量为 184.85 mg/kg。

饲料系数与饲料中补充的 Zn 含量的回归方程

为 $y = 0.04x^2 - 0.258x + 1.9185$, $R^2 = 0.9347$ 。计算得到当具有最小饲料系数时饲料中补充的 Zn 为 161.25 mg/kg, 依据饲料中补充 Zn 与饲料中总 Zn 的关系式 ($y = 1.0284x + 24.562$), 计算得到此时饲料中总的 Zn 含量为 190.39 mg/kg。

因此, 经回归分析得出, 当饲料 Zn 补充量为 155.86 ~ 161.25 mg/kg 时, 此时饲料中 Zn 实际含量为 184.85 ~ 190.39 mg/kg, 团头鲂生长效果最好。该实验中, 团头鲂日均摄食量为 5.12 g/100 g 体质量, 因此饲料 Zn 日添加量为 0.798 ~ 0.825 mg/100 g 体质量时 (饲料总 Zn 日添加量在 0.946 ~ 0.974 mg/100 g 体质量时) 团头鲂可获得最大生长。

表 3 饲料 Zn 含量对团头鲂生长性能的影响

Tab. 3 Effects of dietary Zn content on growth performance of blunt snout bream

组别/(mg/kg) group	Zn 实测值/(mg/kg) values	初体质量/g IBW	末体质量/g FBW	增重率/% WGR	成活率/% SR	饲料系数 FCR	特定生长率/(%/d) SGR
0	22.85	49.93 ± 0.05	112.28 ± 3.33 ^c	124.75 ± 6.99 ^c	100.00 ± 0.00	1.71 ± 0.10 ^a	1.88 ± 0.08 ^c
68	98.07	50.00 ± 0.22	118.45 ± 2.31 ^b	136.85 ± 3.68 ^{ab}	100.00 ± 0.00	1.56 ± 0.04 ^{bc}	2.01 ± 0.04 ^{ab}
137	164.00	50.15 ± 0.17	122.50 ± 1.89 ^a	144.23 ± 4.11 ^a	100.00 ± 0.00	1.49 ± 0.04 ^c	2.08 ± 0.04 ^a
206	235.43	50.08 ± 0.13	118.20 ± 1.66 ^b	135.98 ± 2.80 ^{ab}	98.75 ± 2.17	1.56 ± 0.04 ^{bc}	2.00 ± 0.03 ^{ab}
275	307.96	50.15 ± 0.19	116.38 ± 3.42 ^{bc}	132.05 ± 7.52 ^{bc}	98.75 ± 2.17	1.62 ± 0.09 ^{ab}	1.96 ± 0.07 ^{bc}

注: 同一列中上标为相同字母者表示差异不显著; 上标为不同字母者表示差异显著 ($P < 0.05$), 显著水平为 $\alpha = 0.05$, 下表同

Notes: values with the different small letter superscripts in the same column mean significant difference ($P < 0.05$), the same as the following

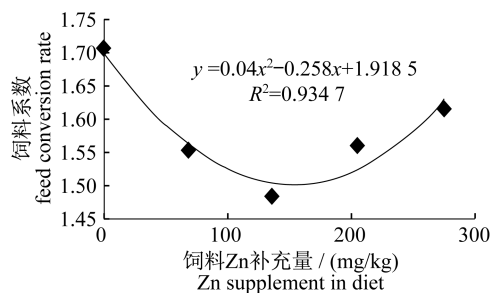


图 2 饲料 Zn 补充量 (X) 与饲料系数 (Y) 的关系

Fig. 2 Relationship between dietary Zn recruitment content (X) and FCR (Y) of blunt snout bream

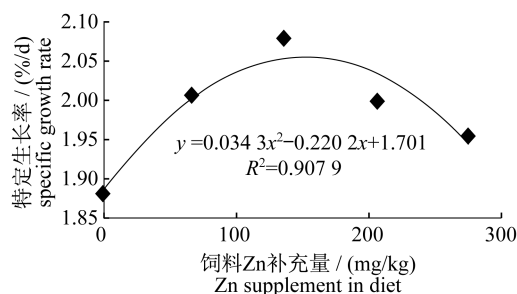


图 3 饲料 Zn 补充量 (X) 与特定生长率 (Y) 的关系

Fig. 3 Relationship between dietary Zn recruitment content (X) and SGR (Y) of blunt snout bream

2.2 团头鲂形体、骨骼与饲料 Zn 含量的关系

实验结束后, 测定鱼体肥满度、内脏指数、体质量/体长、脊椎骨长/体长、脊椎骨重/体质量、鳞片重/体质量来反映饲料中 Zn 含量对团头鲂形体、骨骼的影响。方差分析结果显示, 各实验组间鱼体的肥满度、内脏指数、体质量/体长、脊椎骨重/体质量、鳞片重/体质量均无显著性差异 ($P > 0.05$) (表 4)。0 组团头鲂的脊椎骨长/体长显著低于 137 mg/kg 组 ($P < 0.05$)。随着 Zn 浓度的增加, 鱼体肥满度、体质量/体长呈先降后升的趋势; 脊椎骨长/体长、脊椎骨重/体质量比呈先上升后下降的趋势并在 137 mg/kg 组达到最大值。各实验组间鳞片中/体质量、内脏指数不受不同 Zn 补充量的影响。

上述结果显示, 随着饲料中 Zn 补充量的增加, 团头鲂脊椎骨长/体长增加。表明, 饲料中 Zn 对团头鲂鱼体脊椎骨的生长有促进作用, 表现为脊椎骨长度的生长与饲料中 Zn 含量呈现正相关关系。

2.3 团头鲂鱼体蛋白质、脂肪沉积率与饲料中 Zn 含量的关系

全鱼粗脂肪、肌肉粗蛋白含量显著受到饲料

中不同 Zn 水平的影响 ($P < 0.05$), 0 组全鱼粗脂肪含量显著低于其他 4 组 ($P < 0.05$), 其他 4 组间无显著性差异 ($P > 0.05$); 137 mg/kg 组肌肉粗蛋白含量显著高于 0 组 ($P < 0.05$) (表 5)。肌肉、肝胰脏粗脂肪含量差异不显著 ($P > 0.05$); 全鱼、肝胰脏粗蛋白含量在各组间差异不显著 ($P > 0.05$)。随着饲料中 Zn 含量的增加, 团头鲂蛋白

质沉积率、脂肪沉积率呈先升后降趋势, 137 mg/kg 组的蛋白质沉积率、脂肪沉积率显著高于 0、68、275 mg/kg 组 ($P < 0.05$), 当饲料中 Zn 添加量为 137 mg/kg 时, 饲料中 Zn 总量为 164 mg/kg, 团头鲂的蛋白质、脂肪沉积率在 5 个组别中最优。

表 4 饲料中 Zn 含量对团头鲂形体指标的影响

Tab. 4 Effects of dietary Zn content on body index of blunt snout bream

组别/ (mg/kg) group	Zn 实测值/ (mg/kg) values	肥满度/% fatness	体质量/体长 weight/body length	脊椎骨长/体长 the length of spine/body length	脊椎骨重/体质量 the weight of spine/body weight	鳞片重/体质量 the weight of scale/body weight	内脏指数/% visceral index
0	22.85	2.25 ± 0.06	7.21 ± 0.38	0.643 ± 0.022 ^b	0.030 ± 0.004	0.043 ± 0.004	5.44 ± 0.60
68	98.07	2.17 ± 0.04	7.12 ± 0.70	0.665 ± 0.027 ^{ab}	0.031 ± 0.002	0.035 ± 0.009	5.42 ± 0.30
137	164.00	2.17 ± 0.12	6.85 ± 0.25	0.680 ± 0.026 ^a	0.032 ± 0.002	0.042 ± 0.005	5.55 ± 0.09
206	235.43	2.22 ± 0.08	7.16 ± 0.34	0.676 ± 0.013 ^{ab}	0.029 ± 0.001	0.040 ± 0.003	5.36 ± 0.45
275	307.96	2.23 ± 0.11	7.49 ± 0.54	0.670 ± 0.016 ^{ab}	0.029 ± 0.002	0.036 ± 0.004	5.70 ± 0.25

表 5 饲料中 Zn 含量对团头鲂体组成的影响 (干重基础)

Tab. 5 Effects of dietary Zn content on body composition of blunt snout bream (dry weight basis) %

组别/ (mg/kg) group	Zn 实测值/ (mg/kg) values	粗蛋白 crude protein			粗脂肪 crude fat			蛋白质沉积率 protein deposition rate	脂肪沉积率 fat deposition rate
		全鱼 whole fish	肌肉 muscle	肝胰脏 hepatopancreas	全鱼 whole fish	肌肉 muscle	肝胰脏 hepatopancreas	全鱼 whole fish	全鱼 whole fish
0	22.85	63.57 ± 2.35	85.89 ± 1.23 ^b	60.11 ± 1.55	30.06 ± 1.56 ^b	8.21 ± 0.13	28.94 ± 1.01	111.33 ± 3.54 ^c	191.21 ± 3.01 ^b
68	98.07	63.60 ± 2.94	87.28 ± 1.42 ^{ab}	60.88 ± 1.77	32.05 ± 0.69 ^a	7.81 ± 0.32	29.00 ± 1.00	122.47 ± 2.89 ^b	222.50 ± 7.58 ^b
137	164.00	64.10 ± 5.06	88.45 ± 0.82 ^a	59.90 ± 2.71	32.22 ± 0.32 ^a	8.22 ± 0.28	28.79 ± 0.98	129.80 ± 4.40 ^a	239.07 ± 4.58 ^a
206	235.43	64.82 ± 0.83	86.75 ± 1.45 ^{ab}	59.71 ± 1.05	32.32 ± 0.78 ^a	7.76 ± 0.58	29.12 ± 0.11	126.18 ± 5.40 ^{ab}	230.16 ± 5.21 ^{ab}
275	307.96	66.58 ± 4.58	86.75 ± 0.91 ^{ab}	59.00 ± 0.98	32.57 ± 0.69 ^a	8.00 ± 1.08	28.88 ± 1.32	119.61 ± 4.25 ^b	227.88 ± 6.25 ^b

采用一元二次模型分析饲料 Zn 补充量、Zn 总量与团头鲂蛋白质沉积率、脂肪沉积率之间的关系。蛋白质沉积率的回归方程为 $y = -0.0007x^2 + 0.2225x + 111.22$, $R^2 = 0.9834$, 计算得到当具有最大蛋白质沉积率时饲料中添加的 Zn 为 158.93 mg/kg, 此时饲料中总的 Zn 含量为 188.00 mg/kg。脂肪沉积率与饲料中补充的 Zn 含量的回归方程为 $y = -0.0014x^2 + 0.5033x + 192.81$, $R^2 = 0.9452$ 。计算得到当具有最大脂肪沉积率时饲料中补充的 Zn 为 160.77 mg/kg, 此时饲料中总的 Zn 含量为 189.90 mg/kg。

因此, 当饲料 Zn 补充量为 158.93 ~ 160.77 mg/kg 时, 此时饲料中 Zn 实际含量为 188.00 ~ 189.90 mg/kg, 团头鲂蛋白质、脂肪沉积率最高。该实验中, 团头鲂日均摄食量为 5.12 g/100 g 体质量, 因此饲料 Zn 日添加量为 0.814 ~ 0.823

mg/100 g 体质量时 (饲料总 Zn 日添加量为 0.962 ~ 0.972 mg/100 g 体质量) 团头鲂蛋白质、脂肪沉积率最高。

3 讨论

3.1 以团头鲂生长速度和饲料系数确定 Zn 的需要量

本实验采用了半纯化饲料的配方方案, 主要是尽量减少饲料原料中不同矿物质元素对实验中 Zn 不同水平的干扰, 养殖实验则在池塘网箱中进行, 可以更接近实际养殖环境, 尽可能满足实验鱼类对实际生理、生长条件的需要。鱼类具有从水体中直接吸收可溶解矿物质的能力, 对本实验的实验元素 Zn 虽然有一定的影响, 但由于本实验池塘水体中矿物质元素的含量较低, 影响程度较小; 同时, 这也反映了实际养殖水域的环境状况。

本实验结果表明,在基础饲料和实验条件相同的情况下,补充不同水平的 Zn 对团头鲂生长性能有显著性影响($P < 0.05$)。适当补充 Zn 能促进团头鲂的生长。王辉亮^[3]认为黑鲷对 Zn 的最佳需要量是 130 mg/kg。而鲤对 Zn 的最适需要量为 89 mg/kg^[4]。Gatlin 等^[8]研究证明鲶(*Silurus asotus*)饲料中必须至少补充 150 mg/kg Zn 才能满足鱼体生长需要,大西洋鲑(*Salmon salar*)饲料中 Zn 的添加量在 88 ~ 220 mg/kg 为宜。魏万权等^[9]认为牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)对饲料中 Zn 的需要量不少于 119.2 mg/kg。张佳明等^[10]在实验中投喂了 Zn 含量低于需要量饲料(对照组与 30.63 mg/kg 组)的大黄鱼(*Larimichthys crocea*)生长受到显著抑制。侯永清^[11]观察到,在含 40% 鱼粉的鲤饲料中,Zn 的适宜添加水平为 100 mg/kg。吴锐全等^[12]报道了鳊鱼饲料中 Zn 元素的添加量为 50 mg/kg。这些结果说明了鱼类对 Zn 的需求量受鱼的种类、饲料原料和水环境等因素的影响,而且饲料原料的不同也会导致鱼类饲料中 Zn 的添加量存在一定的差异。

随着饲料中 Zn 含量的增加,团头鲂蛋白质沉积率、脂肪沉积率呈先升后降的趋势,137 mg/kg 组的蛋白质沉积率、脂肪沉积率显著高于 0、68.275 mg/kg 组($P < 0.05$)。谭丽娜^[13]的研究表明锌显著提高了幼建鲤(*Cyprinus carpio* var. *jian*)蛋白质效率以及蛋白质和脂肪沉积率。闫立新等^[14]证明 EDTA 锌和蛋氨酸锌对雏鸡的蛋白质沉积率有一定的促进作用。

实验依据饲料中 Zn 补充量、Zn 总量与团头鲂饲料系数、特定生长率之间的关系,得到团头鲂对饲料中补充的无机 Zn 需要量为 155.86 ~ 161.25 mg/kg,而对饲料中总 Zn 需要量为 184.85 ~ 190.39 mg/kg,实验期间团头鲂日均摄食量为 5.12 g/100 g 体质量,因此,按照 100 g 体质量每日需要表示,团头鲂对饲料补充的无机 Zn 日需要量为 0.798 ~ 0.825 mg/100 g 体质量,对饲料总 Zn 日需要量为 0.946 ~ 0.974 mg/100 g 体质量。

依据团头鲂鱼体蛋白质沉积率、脂肪沉积率与饲料中 Zn 含量的关系,得到团头鲂对饲料无机 Zn 需要量为 158.93 ~ 160.77 mg/kg(饲料中总 Zn 实际含量为 188.00 ~ 189.90 mg/kg),饲料 Zn 的日需要量为 0.814 ~ 0.823 mg/100 g 体质量

(饲料总 Zn 日需要量为 0.962 ~ 0.972 mg/100 g 体质量)。因此,团头鲂获得最大蛋白质和脂肪沉积率时,对饲料中补充的无机 Zn、总 Zn 需要量在上述以特定生长率、饲料系数确认的对饲料 Zn 需要量的区间内,建议采用上述依据团头鲂生长速度、饲料系数确认的对饲料 Zn 需要量作为团头鲂对饲料 Zn 的需要量。

3.2 团头鲂形体、骨骼生长与饲料 Zn 含量的关系

Zn 元素除了与鱼类的生长性能有关外,还与鱼类骨骼系统的生长和发育有关,对鱼类正常体形的维持有重要作用。如何确认饲料微量元素与鱼体生长的关系,一直没有很好的评价指标,本实验以肥满度、内脏指数、体质量/体长、脊椎骨长/体长、脊椎骨重/体质量、鳞片重/体质量等指标来反映 Zn 对团头鲂形体和骨骼的影响。团头鲂随着饲料中 Zn 补充量的增加,鱼体肥满度、体质量/体长呈先降后升的趋势,脊椎骨长/体长、脊椎骨重/体质量呈先升后降的趋势,其中 137 mg/kg 组的脊椎骨长/体长显著高于 0 组($P < 0.05$)。Satoh 等^[15]证实,缺 Zn 会有身体短小现象。佐藤秀一^[16]的研究也发现,用不添加 Zn 的北洋鱼粉饵料饲养虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*),会导致其发育不良、白内障和短躯症。郭建林等^[17]研究表明,随着饲料中补充 Zn 的增加,异育银鲫(*Carassius auratus gibelio*)的体长生长大于体质量生长。王友慧等^[18]研究表明,Zn 的增加可使体长/体质量增加,与本实验结果相一致。蒋蓉等^[19]对黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)的研究表明,Zn 的增加对鱼体肥满度增长有利。本实验结果表明,缺 Zn 会导致骨骼生长迟缓,适度补充 Zn 元素可以促进鱼体骨骼的生长发育;鱼体脊椎骨长度增长与饲料补充的 Zn 含量呈正相关关系。

参考文献:

- [1] Huang Y T, Liu Y J. Studies on the mineral requirement in juvenile grass carp [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 1989, 13(2): 134 - 151. [黄耀桐,刘永坚. 草鱼种无机盐需要量之研究. 水生生物学报, 1989, 13(2): 134 - 151.]
- [2] Yang B, Zheng W Y, Chen M D, et al. The Toxicities of Cu, Zn, Cd on Larval Red Sea Bream and Larval Black Sea Bream [J]. Journal of XiaMen

- University: Natural Science, 1994, 33 (suppl): 28 - 31. [杨玻, 郑微云, 陈明达, 等. 重金属对真鲷幼鱼和黑鲷幼鱼的毒性效应. 厦门大学学报: 自然科学版, 1994, 33(增刊): 28 - 31.]
- [3] Wang H L, Li H F, Liang D H, *et al.* Requirements of *Sparus macrocephalus* for Fe, Zn, Cu, Co and I [J]. *Studia Marina Sinica*, 1996, 37(10): 146 - 153. [王辉亮, 李荷芳, 梁德海, 等. 黑鲷对 Fe、Zn、Cu、Co 和 I 的营养需求. 海洋科学集刊, 1996, 37(10): 146 - 153.]
- [4] Chen D M, Liu W D. Cu, Fe, Zn, Mn level effect of different combinations on growth of carp [J]. *Feed Industry Magazine*, 2003, 24(4): 50 - 52. [陈冬梅, 刘维德. 铜、铁、锌、锰不同组合水平对鲤鱼生长的影响. 饲料工业, 2003, 24(4): 50 - 52.]
- [5] Gatlin III D M, O' Connell J P, Scarpa J. Dietary zinc requirement of the red drum, *Sciaenops ocellatus* [J]. *Aquaculture*, 1991, 92: 259 - 265.
- [6] Zhu Y Z, Yang G H. Study on trace elements in need of Blunt snout bream species [C] // China Society of Fisheries. The second national youth symposium proceedings of aquatic products. Beijing: China Agriculture Press, 1997. [朱雅珠, 杨国华. 团头鲂鱼种对微量元素需要的研究. 中国水产学会. 第二届全国水产青年学术研讨会论文集. 北京: 中国农业出版社, 1997.]
- [7] Liu F L, Dai X J. The method of food physical and chemical analysis [M]. Beijing: Light Industry Press, 1987. [刘福岭, 戴行钧. 食品物理与化学分析方法. 北京: 轻工业出版社, 1987.]
- [8] Gatlin III D M, Wilson R P. Characterization of iron deficiency and the dietary iron requirement of fingerling channel catfish [J]. *Aquaculture*, 1986, 52(3): 191 - 198.
- [9] Wei W Q, Li A J, Li D S, *et al.* Effect of dietary supplemented iron on growth of the juvenile flounder *Paralichthys olivaceus* [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1999, 23(suppl): 100 - 103. [魏万权, 李爱杰, 李德尚, 等. 饲料中添加铁对牙鲆幼鱼生长的影响. 水产学报, 1999, 23(增刊): 100 - 103.]
- [10] Zhang J M, Ai Q H, Mai K S, *et al.* Dietary zinc requirement of juvenile large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea* [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2008, 32(3): 417 - 424. [张佳明, 艾庆辉, 麦康森, 等. 大黄鱼幼鱼对饲料中的锌需要量. 水产学报, 2008, 32(3): 417 - 424.]
- [11] Hou Y Q. The optimum adding level of P, Fe, Zn, Mg in carp dietary [J]. *Journal of Wuhan Food Industry College*, 1996(1): 7 - 15. [侯永清. 鲤鱼日粮中磷、铁、锌、镁的最适添加水平. 武汉食品工业学院学报, 1996(1): 7 - 15.]
- [12] Wu R Q, Xiao X Z, Huang Z H, *et al.* The nutrition requirement and feed formulation of eel [J]. *Feed Research*, 1999, 211(7): 1 - 3. [吴锐全, 肖学铮, 黄樟翰, 等. 鳗鲡的营养需求与饲料配制. 饲料研究, 1999, 211(7): 1 - 3.]
- [13] Tan L N. Effects of Zn on digestion and absorption capacity, immunity and antioxidant function of *Cyprinus carpio* var. *Jian* [D]. Ya' an: Sichuan Agricultural University, 2009. [谭丽娜. 锌对幼建鲤消化吸收能力, 免疫能力和抗氧化功能的影响. 雅安: 四川农业大学, 2009.]
- [14] Yan L X, Li H Z, Liu J, *et al.* Bioavailability of different zinc sources on Chicks [J]. *Journal of Shanxi Agricultural University*, 1999, 19(3): 249 - 252. [闫立新, 李华周, 刘军, 等. 不同锌源对雏鸡的生物学效价. 山西农业大学学报, 1999, 19(3): 249 - 252.]
- [15] Satoh S, Poe W E, Wilson R P. Effect of supplemental phytate and/or tricalcium phosphate on weight gain, feed efficiency and zinc content in vertebrate of channel catfish [J]. *Aquaculture*, 1989, 80(1 - 2): 155 - 161.
- [16] Zou T X Y. Fish feed additive nutrients—mineral [J]. *Foreign Fishery*, 1993, 18(2): 35 - 39. [佐藤秀一. 鱼类饲料的营养素添加剂—矿物质. 国外水产, 1993, 18(2): 35 - 39.]
- [17] Guo J L. Effects of Fe, Cu, Mn, Zn on growth, physiological function, content of trace elements in organs of *Carassius auratus gibelio* [D]. Soochow: Soochow University, 2007. [郭建林. Fe、Cu、Mn、Zn 对异育银鲫生长, 生理机能及器官微量元素含量的影响. 苏州: 苏州大学, 2007.]
- [18] Wang Y H, Ye Y T, Lin S M, *et al.* Analysis of trace elements in different tissues of 8 kinds of rare fish in Jialing river [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2006, 40(5): 99 - 103. [王友慧, 叶元土, 林仕梅, 等. 嘉陵江 8 种鱼类不同组织微量元素含量分析. 动物学杂志, 2006, 40(5): 99 - 103.]
- [19] Jiang R. Effects of Cu, Fe, Mn, Zn on growth, physiological function of *Pelteobagrus fulvidraco* [D]. Soochow: Soochow University, 2006. [蒋蓉. 铜、铁、锰、锌对黄颡鱼生长和生理机能的影响. 苏州: 苏州大学, 2006.]

Dietary Zn requirement of *Megalobrama amblycephala*

LIU Hanchao¹, YE Yuantu^{1*}, CAI Chunfang¹, WU Tao¹, CHEN Kequan¹, PU Qinhu²

(1. *Preclinical Medicine and Biological Science College, Soochow University, Suzhou 215123, China;*

2. *Star Industrial Co. Ltd, Haiyan 314300, China*)

Abstract: In order to estimate the dietary Zn requirement of blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*), Five experimental diets containing different Zn contents of 0, 68, 137, 206, 275 mg/kg (total Zn of feed was 22.85, 98.07, 164.00, 235.43, 307.96 mg/kg) were formulated with ZnSO₄ · H₂O as the Zn source. A total of 400 blunt snout bream with an initial body weight of 50 g were randomly divided into 5 groups with 4 replicates per group and 20 blunt snout bream per replicate. Each group of fish was fed two diets for 43 days. The results showed as follows: Through regression analysis of relationship between the amount of Zn added to feed, the total Zn of the feed and the SGR, FCR, protein deposition rate, fat deposition rate of the blunt snout bream, when the Zn supplement in the feed was 155.86 – 161.25 mg/kg (the actual Zn content was 184.85 – 190.39 mg/kg), blunt snout bream has the best growth performance. In this experiment, the daily feed intake of blunt snout bream was 5.12 g/100 g body weight/d, so the added Zn content of the feed in the 0.798 – 0.825 mg/100 g weight/d (the total Zn content of the feed was 0.946 – 0.974 mg/100 g weight/d), blunt snout bream can achieve the maximum growth. The survival rate, fatness, viscera index, scale weight/body weight, body weight/body length, vertebral bone weight/body weight were not significantly affected by dietary Zn content ($P > 0.05$). But in the 0 mg/kg group, vertebral bone length/body length was significantly lower than the 137 mg/kg group ($P < 0.05$); Supplement of Zn is conducive to the growth of the spine of blunt snout bream.

Key words: *Megalobrama amblycephala*; Zn; requirement; growth

Corresponding author: YE Yuantu. E-mail: yeyt@suda.edu.cn