

## 花鲢对饲料中磷的营养需求

赵朝阳<sup>1,2</sup>, 周洪琪<sup>1</sup>, 陈建明<sup>3</sup>, 叶金云<sup>3</sup>, 潘茜<sup>3</sup>, 徐跑<sup>2</sup>, 周鑫<sup>2</sup>

(1. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 200090;

2. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 江苏 无锡 214081;

3. 浙江省淡水水产研究所, 浙江 湖州 313001)

**摘要:** 以酪蛋白-明胶为蛋白源, 磷酸二氢钾为磷源配制 6 个磷水平(0.32%、0.58%、0.83%、1.09%、1.35% 和 1.59%) 的等氮等能的精制饲料, 饱食投喂花鲢[初始体质量为(7.97 ± 0.07) g] 8 周, 探讨饲料磷水平对花鲢生长、饲料利用、骨组织无机物含量、血清磷的影响, 确定花鲢对饲料磷的需要量。试验结果表明:(1) 当饲料磷水平从 0.32% 上升到 0.83% 时, 增重、饲料效率随之而提高, 但超过此水平后各组差异不显著( $P > 0.05$ ), 折线模型分析饲料磷水平与相对增重率之间的关系, 花鲢获得最大增重时饲料磷的最低需求为 0.91%。(2) 脊椎骨、鳃盖骨和鳞片的矿物组成受到饲料磷水平的显著影响( $P < 0.05$ ), 二次曲线回归方程拟合饲料磷水平与脊椎骨灰分率的关系, 花鲢脊椎骨达到最大矿化时饲料磷为 1.17%。(3) 血清磷水平随饲料磷的增加而升高, 饲料磷对血清钙没有显著影响。综合分析体增重、磷存留率、骨灰分含量、血清磷浓度等多项生物学指标, 花鲢对饲料磷的需要量为 0.91%~1.17%。

**关键词:** 花鲢; 磷; 需要量

**中图分类号:** S 963

**文献标识码:** A

花鲢(*Hemibarbus maculatus* Bleeker) 广泛分布于我国的各大水系, 尤以长江流域中下游平原地区的江河、湖泊、水库中所常见<sup>[1]</sup>, 其肉质细嫩、味道鲜美, 是经济价值高的中小型鱼类。由于受竞争性鱼类放流、过度捕捞、水质污染和富营养化等因素的影响, 花鲢的自然种群量日益减少, 导致市场供应严重不足。近年来, 随着花鲢人工繁殖技术的突破, 该鱼已成为江、浙、沪、皖等地区人工养殖的热门品种, 发展势头迅猛。研制与开发花鲢的配合饲料成为该优质资源人工养殖并形成规模生产的关键。目前有关花鲢对蛋白、脂肪的营养需求已有报道, 但花鲢对磷的营养需求研究尚属空白。

磷是鱼类所必需的常量矿物元素, 国内外学者对银锯眶鲷(*Bidyamus bidyanus*)<sup>[2]</sup>、大黄鱼

(*Pseudosciaena crocea*)<sup>[3]</sup>、鲈(*Lateolabrax japonicus*)<sup>[4]</sup>、欧洲狼鲈(*Dicentrarchus labrax* L.)<sup>[5]</sup>、黑线鳕(*Melanogrammus aeglefinus* L.)<sup>[6]</sup>、草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)<sup>[7-8]</sup>、遮目鱼(*Chanos chanos* Forsskal)<sup>[9]</sup>、美洲丽体鱼(*Cichlasoma urophthalmus*)<sup>[10]</sup>、青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)、异育银鲫<sup>[11]</sup>、大西洋鲑(*Salmo salar* L.)<sup>[12]</sup>、条纹石鲈(*Morone saxatilis*)<sup>[13]</sup>、梭鱼(*Liza haematocheila*)<sup>[14]</sup>、黑鲷(*Sparus macrocephalus*)<sup>[15]</sup>、似石首鱼(*Sciaenops ocellatus*)<sup>[16]</sup>、斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*)<sup>[17-18]</sup>等鱼对磷的需求量进行了研究, 但是, 由于鱼对磷的需求量因种类而异, 添加不足, 会影响生长; 磷供给过量, 不仅增加饲料成本, 而且导致鱼类排出的粪尿中含有大量的磷, 引起水体富营

收稿日期: 2007-03-13

资助项目: 浙江省科技厅项目(2005F13003)

作者简介: 赵朝阳(1976-), 男, 湖北荆州人, 硕士, 助理研究员, 从事水产动物营养和饲料学研究。Tel: 0510-85550702, E-mail: zhaocyy@ffrc.cn

通讯作者: 周洪琪, Tel: 021-65710017, E-mail: hqzhou@shou.edu.cn

养化。因此,研发高效、营养合理的优质配合饲料就必须掌握该品种对饲料磷的需求量。本试验探讨饲料磷水平对花鲢生长、饲料利用及组织无机成分含量的影响,提出花鲢对饲料磷的营养需求量,为花鲢配合饲料中磷的添加提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

**试验用鱼** 花鲢幼鱼由浙江省淡水水产研究所提供。

**试验饲料** 以分析纯的酪蛋白-明胶(4:1)为蛋白源、混合油脂(鱼油:豆油=1:1)为脂肪源、糊精为糖源、复合维生素及无机盐为原料配制精制型基础饲料(表1)。

表1 基础饲料配方及营养组成

Tab.1 Formula and proximate chemical composition of the basal diet % dry matter

配方成分 ingredients	含量 content	营养组成 chemical composition	含量 content
干酪素 casein	36	粗蛋白 crude protein	37.44
明胶 gelatin	9	粗脂肪 crude lipid	5.5
糊精 dextrin	34.5	钙 calcium	1.12
鱼油 fish oil	3	磷 phosphorus	0.32
豆油 soybean oil	3	羧甲基纤维素 CMC	2
氯化胆碱 choline chloride	0.5		
混合维生素 <sup>①</sup> vitamin premix	2		
混合无机盐 <sup>②</sup> mineral premix	4		

注:①复合维生素(mg或IU·g<sup>-1</sup>):维生素A,2500;维生素D<sub>3</sub>,1200;维生素K<sub>3</sub>,10;维生素E,50;维生素B<sub>1</sub>,10;维生素B<sub>2</sub>,10;维生素B<sub>6</sub>,20;维生素B<sub>12</sub>,0.15;烟酸,40;叶酸,5;泛酸钙,20;肌醇,400;生物素,1.0;维生素C,200。②复合矿物质(mg·kg<sup>-1</sup>):硫酸镁,50;硫酸亚铁,15;氯化钾,235.65;氯化钙,420;氯化钠,265;碘化钾,0.14;硫酸锌,10;硫酸锰,0.7;硫酸铜,0.75;亚硒酸钠,0.06;氯化钴,0.7

Notes:①vitamin mixture(mg or IU·g<sup>-1</sup>):vitamin A,2500;vitamin D<sub>3</sub>,1200;vitamin K<sub>3</sub>,10;vitamin E,50;Thiamin,10;Riboflavin,10;Pyridoxine,20;Vitamin B<sub>12</sub>,0.15;Nicotinic acids,40;Folicacids,5;Ca-Pantothenate,20;Inositol,400;Biotin,1.0;Ascorbic acids,200。②mineral mixture(mg·kg<sup>-1</sup>):MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O,50;FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O,15;KCl,235.65;CaCl<sub>2</sub>,420;NaCl,265;KI,0.14;ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O,10;MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O,0.7;CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O,0.75;Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>,0.06;CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O,0.7

以分析纯磷酸二氢钾(KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)为磷源,设计6个磷水平的等氮、等能试验饲料,试验饲料的磷水平分别为0.32%、0.58%、0.83%、1.09%、1.35%、1.59%,添加微晶纤维素平衡各组磷的差额,添加氯化钙使各组钙含量一致。

### 1.2 饲养管理

试验在浙江省淡水水产研究所进行,实验鱼在水泥池中暂养2周后,选择体质健壮,规格整齐的540尾鱼[平均体质量为(7.97±0.07)g]随机分组称重。6个试验组,每组设3个重复,每重复30尾鱼,分别放养在18个圆柱形玻璃钢水箱中(容积500L、盛水300L),每试验组鱼的初始体重无显著差异(P>0.05)。每天清晨、晚上各排污一次,定期监测水质,溶氧量在5.0mg·L<sup>-1</sup>以上,氨氮在0.5mg·L<sup>-1</sup>以下,水温为23~28℃,试验水体钙、磷含量分别为35.7mg·L<sup>-1</sup>,0.05mg·L<sup>-1</sup>。每天饱食投饲3次,日投饲量为鱼体总重的4%~5%,试验鱼每两周称重一次以调整投饲量。试验期由2006年6月8日至2006年8月3日。

### 1.3 样品的收集与制备

**脊椎骨样品** 取脊椎骨,70℃烘24h。然后用乙醚浸泡脱脂,2周后取出,105℃烘干,研碎。

**血液样品** 采血约2mL,静置3h后,在2500~3000r·min<sup>-1</sup>下低温离心20min,分离血清,于-20℃保存待分析。

### 1.4 测定

**生长** 试验始末饥饿1d后称鱼体重和肝重,计算花鲢的相对增重率、成活率和肝体指数。

**饲料利用** 按以下公式计算饲料效率、磷利用效率、总磷的贮积率和磷沉积系数。

$$\text{饲料效率(FE, \%)} = \frac{\text{体增重}}{\text{摄食量}} \times 100;$$

$$\text{总磷的贮积率(\%)} = \frac{\text{总磷的贮积量}}{\text{总磷的摄入量}} \times 100;$$

$$\text{磷沉积系数} = \frac{\text{鱼体最终含磷量} - \text{鱼体初始含磷量}}{\text{鱼体增重}}$$

采用国标法测定花鲢脊椎骨、鳞片、鳃盖骨的灰分和磷含量。

采用宁波慈城生化试剂厂生产的磷、钙试剂盒测定血清磷、钙含量。

### 1.5 统计分析

采用SPSS 11.5软件(one-way-ANOVA)对所得试验数据进行单因素方差分析,用Duncan氏多重比较组间差异,采用EXCEL软件的折线

模型及二次曲线回归方程分别拟合增重率、脊椎骨灰分率与饲料磷水平之间的关系。

## 2 结果

### 2.1 饲料磷水平对花鲢生长及成活的影响

经8周饲养,饲料磷水平对花鲢相对增重率和肝体指数的影响显著( $P < 0.05$ )。增重率随着饲料磷水平的提高先升高后趋稳定(表2),当饲料磷水平从0.32%上升到0.83%时,增重率随之

升高;0.83%、1.09%、1.35%、1.59%组的增重率差异不显著( $P > 0.05$ )。花鲢肝体比随着饲料磷水平的提高呈显著下降,0.32%组和0.58%组的肝体比显著高于其余各组。

饲料磷水平对试验鱼的成活率没有显著影响。

采用折线模型分析饲料磷水平与相对增重率的关系,得方程  $y = 46.085x + 94.141$  ( $R^2 = 0.996$ ) 和  $y = -9.0922x + 144.32$  ( $R^2 = 0.9418$ ) (图1),饲料磷含量为0.91%时,花鲢获得最大增重率。

表2 饲料磷水平对花鲢生长的影响

Tab. 2 Effects of dietary phosphorus levels on growth of *Hemibarbus maculatus* Bleeker

饲料磷水平(%) dietary phosphorus level	平均初重(g) initial body weight	平均末重(g) final body weight	相对增重率(%) relative weight gain	成活率(%) survival rate	肝体比 hepatosomatic index
0.32	8.01 ± 0.04	16.77 ± 0.07	109.31 ± 1.87 <sup>a</sup>	97.78 ± 1.11	1.40 ± 0.07 <sup>a</sup>
0.58	7.98 ± 0.03	17.56 ± 0.21	120.01 ± 2.38 <sup>b</sup>	98.89 ± 1.11	1.31 ± 0.16 <sup>a</sup>
0.83	8.03 ± 0.02	18.69 ± 0.07	132.83 ± 0.23 <sup>a</sup>	100 ± 0.00	0.88 ± 0.04 <sup>b</sup>
1.09	7.93 ± 0.06	18.61 ± 0.30	134.72 ± 4.90 <sup>a</sup>	100 ± 0.00	0.82 ± 0.13 <sup>b</sup>
1.35	7.90 ± 0.03	18.28 ± 0.09	131.39 ± 0.94 <sup>a</sup>	98.89 ± 1.11	0.77 ± 0.05 <sup>b</sup>
1.59	7.94 ± 0.07	18.27 ± 0.10	130.20 ± 2.85 <sup>a</sup>	98.89 ± 1.11	0.79 ± 0.10 <sup>b</sup>

注:表中同列不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ),下同

Notes: Means in a column with a different superscript letter indicate difference at  $P < 0.05$ , The same as the follows

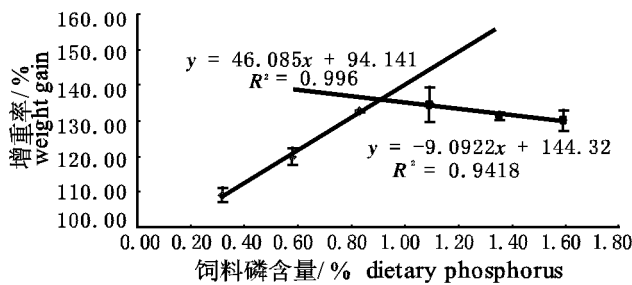


图1 饲料磷水平与花鲢增重率的关系  
Fig. 1 The relationship between dietary phosphorus levels and weight gain of *Hemibarbus maculatus* Bleeker

### 2.2 饲料磷水平对饲料利用效果的影响

饲料磷水平对饲料效率、总磷的贮积率、磷沉积系数的影响显著(表3)。0.83%组和1.09%组的饲料效率最高,显著高于其它组( $P < 0.05$ ),过高、过低饲料磷水平均使饲料效率降低。总磷贮积率随着饲料磷水平上升而显著下降,0.32%组、0.58%组和0.83%组总磷贮积率显著高于高磷组。磷沉积系数随着饲料磷水平上升显著提高,饲料磷达到0.83%后各试验组差异不显著( $P > 0.05$ )。

### 2.3 饲料磷水平对花鲢组织灰分及磷含量的影响

饲料磷水平对花鲢脊椎骨灰分及磷含量的影响显著( $P < 0.05$ ,表4)。0.32%组花鲢脊椎骨的灰分及磷含量显著低于其余试验组,0.83%组灰分显著高于0.58%组,1.09%组、1.35%组、1.59%组灰分及磷含量无显著差异。采用二次曲线回归方程拟合饲料磷水平与脊椎骨灰分含量的关系(图2),得到  $y = -15.503x^2 + 36.348x + 30.918$  ( $R^2 = 0.9691$ ),当饲料磷含量为1.17%

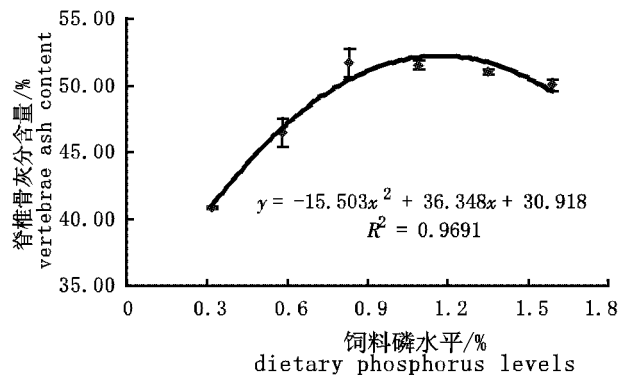


图2 饲料磷水平与花鲢脊椎骨灰分含量的关系  
Fig. 2 The relationship between dietary phosphorus levels and vertebrae ash content of *Hemibarbus maculatus* Bleeker

时,花鲢脊椎骨获得最大矿化度。

饲料磷水平对花鲢鳞片和鳃盖骨的灰分及磷含量影响与对脊椎骨的影响相似(表 4)。0.32% 组花鲢脊椎骨的灰分及磷含量显著低于其余各试验组。

## 2.4 饲料磷水平对花鲢血清磷钙含量的影响

饲料磷水平对花鲢血清磷含量影响显著(表 5)。血清磷水平随着饲料磷从 0.32% 升到 0.83% 而显著升高,饲料磷高于 0.83% 后各组血清磷差异不显著。饲料磷水平对血清钙没有显著影响。

表 3 饲料磷水平对花鲢饲料利用的影响

Tab.3 Effect of dietary phosphorus levels on feed utilization of *Hemibarbus maculatus* Bleeker

饲料磷水平(%) dietary phosphorus level	饲料效率(%) feed conversion rate	总磷贮积率(%) phosphorus retention rate	磷沉积系数(g·kg <sup>-1</sup> ) phosphorus retention coefficient
0.32	52.29 ± 0.70 <sup>d</sup>	48.90 ± 3.47 <sup>a</sup>	0.32 ± 0.02 <sup>c</sup>
0.58	55.71 ± 1.34 <sup>c</sup>	52.30 ± 2.54 <sup>a</sup>	0.54 ± 0.04 <sup>b</sup>
0.83	62.95 ± 1.01 <sup>a</sup>	56.51 ± 0.50 <sup>a</sup>	0.69 ± 0.02 <sup>a</sup>
1.09	64.13 ± 2.37 <sup>a</sup>	38.79 ± 3.12 <sup>b</sup>	0.68 ± 0.05 <sup>a</sup>
1.35	60.09 ± 0.51 <sup>b</sup>	29.77 ± 2.57 <sup>c</sup>	0.67 ± 0.06 <sup>a</sup>
1.59	59.09 ± 1.25 <sup>b</sup>	24.42 ± 0.22 <sup>c</sup>	0.66 ± 0.02 <sup>a</sup>

表 4 饲料磷水平对花鲢脊椎骨、鳞片、鳃盖骨灰分和磷含量的影响

Tab.4 Effects of dietary phosphorus levels on ash and phosphorus content of vertebrae, scale and opercula of *Hemibarbus maculatus* Bleeker

饲料磷水平(%) dietary phosphorus level	脊椎骨 vertebrae		鳞片 scale		鳃盖骨 opercula	
	粗灰分 ash	磷 P	粗灰分 ash	磷 P	粗灰分 ash	磷 P
0.32	40.82 ± 0.12 <sup>c</sup>	8.02 ± 0.35 <sup>c</sup>	19.72 ± 0.49 <sup>c</sup>	2.51 ± 0.11 <sup>c</sup>	28.19 ± 1.89 <sup>c</sup>	5.05 ± 0.51 <sup>b</sup>
0.58	46.48 ± 1.07 <sup>b</sup>	9.03 ± 0.09 <sup>b</sup>	21.33 ± 0.33 <sup>b</sup>	3.32 ± 0.11 <sup>b</sup>	31.88 ± 0.67 <sup>b</sup>	6.17 ± 0.26 <sup>a</sup>
0.83	51.66 ± 1.08 <sup>a</sup>	9.84 ± 0.23 <sup>ab</sup>	21.73 ± 0.15 <sup>ab</sup>	4.14 ± 0.28 <sup>ab</sup>	35.25 ± 0.95 <sup>ab</sup>	6.44 ± 0.47 <sup>a</sup>
1.09	51.52 ± 0.33 <sup>a</sup>	10.07 ± 0.05 <sup>a</sup>	22.51 ± 0.22 <sup>a</sup>	4.22 ± 0.29 <sup>a</sup>	36.59 ± 0.39 <sup>a</sup>	7.24 ± 0.07 <sup>a</sup>
1.35	51.02 ± 0.22 <sup>a</sup>	9.57 ± 0.33 <sup>ab</sup>	22.43 ± 0.38 <sup>a</sup>	4.08 ± 0.37 <sup>ab</sup>	35.25 ± 0.97 <sup>ab</sup>	6.65 ± 0.27 <sup>a</sup>
1.59	50.02 ± 0.42 <sup>a</sup>	9.64 ± 0.31 <sup>ab</sup>	22.46 ± 0.23 <sup>a</sup>	3.71 ± 0.21 <sup>ab</sup>	35.53 ± 0.87 <sup>a</sup>	6.72 ± 0.23 <sup>a</sup>

表 5 饲料磷水平对花鲢血清磷、血清钙含量的影响

Tab.5 Effects of dietary phosphorus levels on serum calcium and phosphorus content of *Hemibarbus maculatus* Bleeker

饲料磷水平(%) dietary phosphorus level	血清磷 (mmol·L <sup>-1</sup> ) P	血清钙 (mmol·L <sup>-1</sup> ) Ca
0.32	0.51 ± 0.03 <sup>c</sup>	1.78 ± 0.14
0.58	0.77 ± 0.06 <sup>b</sup>	1.85 ± 0.18
0.83	1.00 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.90 ± 0.15
1.09	1.12 ± 0.11 <sup>a</sup>	2.06 ± 0.03
1.35	1.01 ± 0.10 <sup>a</sup>	1.92 ± 0.29
1.59	1.04 ± 0.02 <sup>a</sup>	1.93 ± 0.10

## 3 讨论

### 3.1 饲料磷对花鲢生长的影响

实验花鲢生长、饲料利用随饲料磷水平升高而提高,当磷水平达到 0.83% 后各组差异不显著,这与 Elangovan 等<sup>[19]</sup> 对虎皮鲃 (*Barbus tetrazona* Bleeker)、Lee 等<sup>[20]</sup> 对韩国许氏平鲈 (*Sebastes schlegeli*) 研究结果相似,饲料中磷含量不足能使脂肪 β 氧化受阻<sup>[21]</sup>,脂肪作能源的利用减少,造成鱼体脂肪积累<sup>[21]</sup>,蛋白质作为能量被利用<sup>[22]</sup>,以致生长率和饲料利用降低。高磷饲料组则使脂肪氧化速度过高<sup>[21]</sup>,造成代谢紊乱影

响生长,甚至使鱼死亡。也有少数学者如 Asgard 等<sup>[12]</sup>对大西洋鲑鱼的研究显示投喂实验饲料的各处理组增重、饲料效率没有显著不同。

体增重是判断磷需要量的灵敏指标。在已有的研究中如 Lee 等<sup>[20]</sup>对韩国许氏平鲈, Elangovan 等<sup>[19]</sup>对虎皮鲃, Yang 等<sup>[2]</sup>对银锯眶鲷, 刘镜格等<sup>[15]</sup>对黑鲷, Oliva-Teles 等<sup>[5]</sup>对欧洲狼鲈, 麦康森等<sup>[3]</sup>对大黄鱼等均采用折线模型分析饲料磷水平与体增重的关系,从而确定鱼类对磷的营养需要量。本研究以体增重为评定依据,花鲢获得最佳增重率时对饲料磷的最低需求量为 0.91%。

### 3.2 饲料磷对花鲢骨骼成分的影响

本试验脊椎骨、鳞片 and 鳃盖骨灰分、钙、磷含量随饲料磷水平的提高而提高,饲料磷含量为 1.09% 时达到最高。Roy 等<sup>[6]</sup>对黑线鳢、Borlongan 等<sup>[9]</sup>对遮目鱼的研究有相似结果,但是,饲料磷超过适宜水平则下降。Chavez-Sanchez 等<sup>[10]</sup>对美洲丽体鱼、Yang 等<sup>[2]</sup>对银锯眶鲷、Elangovan 等<sup>[19]</sup>对虎皮鲃、Dougall 等<sup>[13]</sup>对条纹石鲈、El-Zibdeh 等<sup>[14]</sup>对梭鱼、Liu 等<sup>[15]</sup>对黑鲷的研究提出,增加饲料磷水平能提高鱼的生长和矿化,随着饲料磷水平超出最大生长需要矿化继续增加。

但是, Lee 等<sup>[20]</sup>对韩国许氏平鲈的研究提出,骨骼灰分和磷含量不受饲料磷水平的影响。

骨骼参数是反映鱼体骨骼发育的指标,当机体摄入的磷受到限制时,骨骼中磷则会动用以维持血浆磷的恒定。摄入充足的磷对保持动物的骨骼完好至关重要。同时骨骼是钙、磷的储备库,骨骼参数能很好地反映钙、磷的沉积和动员,常用于评定鱼体内磷营养状况以及磷的需要量,尤其是脊椎骨灰分率。研究者多采用磷含量与脊椎骨中灰分含量作回归方程分析来确定鱼类对磷的营养需要量。Roy 等<sup>[6]</sup>研究黑线鳢时用脊椎骨灰分的二次多项方程式估算其幼鱼对饲料总磷的需要量为 0.96%。Dougall 等<sup>[13]</sup>对条纹石鲈的研究, Borlongan 等<sup>[9]</sup>对遮目鱼的研究也采用脊椎骨灰分数据分析其对饲料磷需求。本研究以脊椎骨灰分含量作为评价指标时,花鲢脊椎骨达到最大矿化时饲料中磷的最适含量为 1.17%。

### 3.3 饲料磷对花鲢血清磷钙的影响

血清磷、血清钙浓度,常用于估计动物体内钙

磷营养状况以及骨骼钙,磷的吸收程度。动物体通过体液与骨的钙交换维持血钙浓度相对稳定,当血钙浓度高时可向骨中沉积,低时则由骨中动员,而血磷浓度是在钙浓度稳定之后,通过溶度积等因素作用维持稳定。因血液学参数受多因素影响,所以,应用时应结合其他指标综合考虑。

本试验投喂低磷饲料时鱼的血清磷浓度随饲料磷水平的提高而增加,饲料磷对血清钙没有影响。Yang 等<sup>[2]</sup>对银锯眶鲷的研究也有类似的结论,Roy 等<sup>[6]</sup>研究饲料磷水平与黑线鳢血清磷的关系时亦发现,随着饲料磷水平从 0.42% 增加到 1.22%,血清磷从 0.4~1.5 到 0.1~7.9 mmol·L<sup>-1</sup>。Dougall 等<sup>[13]</sup>对条纹石鲈的研究结果也表明,投喂至少含磷 0.35% 的饲料,鱼的血清磷才有提高。

### 3.4 花鲢对饲料中磷的适宜需要量

评定鱼类对饲料磷营养需求的指标较多,而且不同评定指标所得到的结果有所差异,因此,应根据试验条件选取合理的测定参数,综合评价后得出鱼类对磷的需要量。对于生长期的幼鱼,体增重和脊椎骨灰分是确定其对磷需要量的最常用指标。

本研究主要以上述两种指标来评价花鲢幼鱼对饲料磷的需要量。花鲢脊椎骨达到最大程度矿化所需的饲料磷水平 1.17% 高于获得最大生长所需要的饲料磷水平 0.91%。这一结果与 Vielma 等<sup>[23]</sup>对欧洲白鲑 (*Coregonus lavaretus*) 的研究结果具有一致性。众多研究表明,骨骼最大矿化所需的磷水平一般要高于满足最大生长所需的磷水平<sup>[24-25]</sup>。动物总是首先满足与调节能量代谢有关的磷,这与体增重直接相关,然后才满足骨骼钙化的需要,故达到最大骨钙化所需的磷比达到最大体增重所需的磷高,骨骼灰分比体增重更敏感。当饲料中磷含量低于骨骼矿化所需的最佳水平时,鱼体能够通过自身的平衡调节系统的作用,使之适应此不利情况而达到比较好的生长<sup>[26]</sup>。由于鱼体的增重率受个体差异、水温、溶氧等因素的影响,因此,也有学者认为,骨灰分的变化是评价日粮磷利用率的最敏感参数<sup>[9,12-13,25-27]</sup>,它比依据体重变化或表观消化率值来评定磷利用率更为准确。

本试验综合体增重、骨灰分含量、磷存留率、血清磷浓度等多项生物学指标,花鲢对饲料磷的需要量为 0.91%~1.17%。

#### 参考文献:

- [1] 陈宜瑜,罗云林,刘焕章,等. 中国动物志. 硬骨鱼纲, 鲷形目(中卷)[M]. 北京:科学出版社,1998;242-244.
- [2] Yang S D, Lin T S, Liou C H, *et al.* Dietary Phosphorus requirement of silver perch (*Bidyanus bidyanus*) [C]. 6th Asia Fisheries Forum Book of Abstracts 2001, 274.
- [3] Mai K S, Zhang C X, Ai Q H, *et al.* Dietary phosphorus requirement of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea* [J]. Aquaculture, 2006, 253 (1-4):592-601.
- [4] Zhang C X, Mai K S, Ai Q H, *et al.* Dietary phosphorus requirement of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus* [J]. Aquaculture, 2006, 255(1):201-209.
- [5] Oliva-Teles A, Pimentel-Rodrigues A. Phosphorus requirement of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L) juveniles [J]. Aquaculture Research, 2004, 35(7):636-642.
- [6] Roy P K, Lall S P. Dietary phosphorus requirement of juvenile Haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L) [J]. Aquaculture, 2003, 221(1-4):451-468.
- [7] 王志忠,孙鹤田,刘汉华,等. 草鱼种对配合饲料中钙磷的需要量及适宜钙磷比[J]. 水产学报, 2002, 26 (2):127-132.
- [8] 游文章,黄忠志,廖朝兴,等. 草鱼对饲料中磷需要量的研究[J]. 水产学报, 1987, 11(4):285-292.
- [9] Borlongan I G, Satoh S. Dietary phosphorus requirement of juvenile Milkfish (*Chanos chanos* Forsskal) [J]. Aquaculture Research, 2001, 32(1): 26-32.
- [10] Chavez-Sanchez C, Martinez-Palacios C A, Martinez-Perez G, *et al.* Phosphorus and calcium requirements in the diet of the American cichlids *Cichlasoma urophthalmus* (Guenther) [J]. Aquaculture Nutrition, 2000, 6(1):1-9.
- [11] 汤嵘嵘,王道尊. 异育银鲫及青鱼对饲料中钙,磷需要量的研究[J]. 上海海洋大学学报, 1998, 7(增刊):140-147.
- [12] Asgard T, Shearer K D. Dietary phosphorus requirement of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L) [J]. Aquaculture Nutrition, 1997, 3(1):17-23.
- [13] Dougall D S, Woods L C, Douglass L W, *et al.* Dietary phosphorus requirement of juvenile striped bass *Morone saxatilis* [J]. Journal of the World Aquaculture Society, 1996, 27(1):82-91.
- [14] El-Zibdeh M, Yoshimatsu T, Matsui S, *et al.* Requirement of redlip mullet for dietary phosphorus [J]. Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University, 1995, 140(1-2):135-145.
- [15] Liu J, Maotang L, Keling W, *et al.* Studies on the phosphorus requirement and proper calcium/phosphorus ratio in the diet of the black sea bream (*Sparus macrocephalus*) [C]. Special Publication, European Aquaculture Society, 1993.
- [16] Davis D A, Robinson E H. Dietary phosphorus requirement of juvenile red drum *Sciaenops ocellatus* [J]. Journal of the World Aquaculture Society, 1987, 18(3): 129-136.
- [17] Wilson R P, Robinson E H, Gatlin D M, *et al.* Dietary phosphorus requirement of channel catfish [J]. J Nutrition, 1982, (112):923-929.
- [18] Edwin H, Steven D. Dietary calcium requirement of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) reared in calcium-free water[J]. Aquaculture, 1986, 53:263-270.
- [19] Elangovan A, Shim K F. Dietary phosphorus requirement of juvenile Tiger barb (*Barbus tetrazona* Bleeker) [J]. Aquarium Sciences and Conservation, 1998, 2(1):9-19.
- [20] Lee S M, Park S R, Kim J D. Dietary optimum phosphorus level of juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*) [J]. Journal of Fisheries Sciences and Technology, 1998, 1(2):180-186.
- [21] Takeuchi M, Nakazon J. Effect of dietary phosphorus on lip content and its composition in carp [J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1981, 47:347-352.
- [22] Sakamoto S, Yone Y. Effect of dietary phosphorus level on chemical composition of red sea bream[J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1978, 44:227-229.
- [23] Vielma J, Koskela J, Ruohonen K. Growth, bone mineralization, and heat and low oxygen tolerance in European whitefish (*Coregonus lavaretus* L) fed with graded levels of phosphorus[J]. Aquaculture, 2002, 212, 321-333.
- [24] Ketaren P P, Batterham E S, White E, *et al.* Phosphorus studies in pigs, 2. Assessing phosphorus availability for pigs and rats[J]. Br J Nutr, 1993, 70, 269-288.
- [25] Rodehutsord M. Response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) growing from 50 to 200 g to supplements of dibasic sodium phosphate in a semipurified diet[J]. J Nutr, 1996, (126):324-331.
- [26] Vielma J. Utilization of dietary phosphorus in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon *Salmo*

---

salary [J]. Nat Environ Sci, 1998,(79):42.  
[27] Ketola H C, Richmond M E. Requirement of  
rainbow trout dietary phosphorus and its

relationship to the amount discharged in hatchery  
effluents [J]. Trans America Fish Soc, 1994,  
(123):587-594.

## Study on the dietary phosphorus requirement of *Hemibarbus maculatus* Bleeker

ZHAO Chao-yang<sup>1,2</sup>, ZHOU Hong-qi<sup>1</sup>, CHEN Jian-ming<sup>3</sup>, YE Jin-yun<sup>3</sup>, PAN Qian<sup>3</sup>,  
XU Pao<sup>2</sup>, ZHOU Xin<sup>2</sup>

(1. College of Fisheries and Life, Shanghai Ocean University, Shanghai 200090, China,

2. Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Science, Wuxi 214081, China,

3. Zhejiang Institute of Freshwater Fisheries, Huzhou 313001, China)

**Abstract:** *Hemibarbus maculatus* Bleeker [initial weight ( $7.97 \pm 0.07$ ) g] were satiatedly fed on six isonitrogenous and isoenergetic purified diets with phosphorus levels (0.32%, 0.58%, 0.83%, 1.09%, 1.35%, 1.59%) for 8 weeks respectively. Monopotassium phosphates ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) was a source of phosphorus. Each treatment was triplicate. (1) The effects of dietary phosphorus levels on growth, feed utilization, bone tissue inorganic contents and serum phosphorus level were investigated in order to determine the dietary phosphorus from 0.32% to 0.83%, but were not significantly different among the groups of dietary phosphorus more than 0.83%. The dietary phosphorus required for optimum growth of *Hemibarbus maculatus* Bleeker was 0.91% of dry diet by means of broken-line regression analysis of WG data. (2) The ash contents of vertebrae, scale and opercula increased linearly up to the 1.09% dietary phosphorus concentration and leveled off beyond this dietary level. An approximately 1.17% dietary phosphorus was needed for maximum tissue mineralization of *Hemibarbus maculatus* Bleeker by using a quadratic regression analysis of vertebrae ash content and dietary phosphorus level. (3) The concentration of serum phosphorus of *Hemibarbus maculatus* Bleeker increased with the increasing dietary phosphorus, but serum calcium was not clearly affected by dietary phosphorus. Through analysis from weight gain, phosphorus retention rate, vertebrae ash content, and serum phosphorus, optimal phosphorus requirement of *Hemibarbus maculatus* Bleeker was about 0.91% - 1.17%.

**Key words:** *Hemibarbus maculatus* Bleeker; phosphorus; nutrition requirements