

文章编号: 1004 - 7271(2008)06 - 0661 - 07

异育银鲫饲料中适宜脂肪需求量研究

王爱民^{1,2}, 徐跑², 李沛³, 李静¹, 黄金田¹, 邵荣¹

- (1. 盐城工学院化学与生物工程学院, 江苏 盐城 224003;
2. 南京农业大学无锡渔业学院, 江苏 无锡 214081;
3. 南京大学生命科学学院, 江苏 南京 210093)

摘要: 研究异育银鲫 (*Carassius auratus gibelio*) 饲料中脂肪的适宜需要量, 以鱼粉豆粕为蛋白源、鱼油作为添加的脂肪源, 分别添加 0、2%、4%、6% 和 8% 的鱼油, 配制成 5 组饲料。对平均体质量每尾 (17.00 ± 0.15) g 的异育银鲫进行为期 45 d 的养殖试验。结果表明各试验组的饵料系数、蛋白质效率差异不显著 ($P > 0.05$), 饲料中脂肪含量 6.04% 的试验组饵料系数最低 (2.00)、蛋白质效率最高 (1.19)、其增重率与饲料中脂肪水平为 4.08% 的比较差异不显著 ($P > 0.05$), 但与其他各试验组的差异显著 ($P < 0.05$); 饲料中主要营养物质的表观消化率以添加 6.04% 试验组最高, 且粗脂肪、钠及饲料总消化率显著高于对照组 ($P < 0.05$), 但与脂肪水平为 4.08% 的试验组差异不显著 ($P > 0.05$)。试验表明异育银鲫饲料中脂肪的适宜需求量为 4.08% ~ 6.04%。

关键词: 脂肪; 最适需求量; 异育银鲫; 饲料
中图分类号: S 963.7 文献标识码: A

Study on the optimal lipid content of feed for *Carassius auratus gibelio*

WANG Ai-min^{1,2}, XU Pao², LI Pei³, LI Jing¹, HUANG Jin-tian¹, SHAO Rong¹

- (1. College of Chemistry and Biology Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng 224003, China;
2. Wuxi College of Fisheries, Nanjing Agriculture University, Wuxi 214081, China;
3. School of Life Science Nanjing University, Nanjing 210093, China;)

Abstract: The trial was conducted to study the optimal lipid content of feed for *Carassius auratus gibelio*. The fish meal and soybean meal were taken as the protein source, the fish oil as the fat source (crude protein was 33.50%), the fish oil contents added in the diets were 0, 2%, 4%, 6%, 8% respectively to study the optimal demand in the feed of *Carassius auratus gibelio*. *Carassius auratus gibelio* were randomly divided into 5 groups in feeding trial for 45 days. The results indicated that there were no significant differences ($P > 0.05$) among the tested groups and the control for feed conversion efficiency (FCR) and protein efficiency (PE), the FCR of *Carassius auratus gibelio* was lowest (2.00), and the pE was highest (1.19), and the growth rate was 68.79%, lower than that of trial test (4.06% of the fat content), but no significant difference when the fat

收稿日期: 2008-05-01

基金项目: 盐城工学院 2007 年度科研基金项目 (XKY2007034)

作者简介: 王爱民 (1975 -), 男, 湖南武冈人, 讲师, 博士研究生, 主要从事水产动物营养与饲料的教学与科研工作。E-mail: blueseawam@ycit.cn

通讯作者: 邵荣, E-mail: sr@ycit.cn

content is 6.04%, the growth rates of 4.08% and 6.04% trial groups was higher than that of other groups; That the nourishment apparent digestibility of feed was highest when the fat content was 6.04%, and the crude fat, Na, total feed digestibility were higher than those of the control significantly, but no significant difference compared with those of the 4.08% fat group ($P > 0.05$). In this trial the optimal lipid content range of feed was 4.08% - 6.04% for *Carassius auratus gibelio*.

Key words: lipid; optimal content; *Carassius auratus gibelio*; feed

异育银鲫 (*Carassius auratus gibelio*) 是用黑龙江省方正县双风水库的银鲫 (简称方正银鲫) 作为母本, 用兴国红鲤作父本, 经异精雌核发育而得的子代, 具有适应性强, 食性广, 耐低氧, 抗病力强, 肉质鲜美等优点, 又是一种生长快、产量高, 易于养殖的鲫鱼。脂肪是水产动物维持其生命活动的主要能源物质, 它既是脂溶性维生素的媒介体, 也是构成其机体组织的要素。饲料中脂肪不足或必需脂肪酸添加不足, 将影响水产动物的正常生长、发育及繁殖, 甚至会导致一些代谢性疾病^[1-2]。脂肪在鱼类饲料中不但能提供能量, 还提供鱼类生长必需的脂肪酸。近年来, 随着水产养殖业的迅速发展, 鱼类饲料的营养, 特别是油脂的添加, 在世界上受到广泛的关注。Bromiey^[3]认为增加饲料脂肪量对大菱鲂幼鱼增重有负作用; Takeuchi 等^[4]用不含脂肪的饲料养殖鲤鱼, 而后投喂缺乏必需脂肪酸的试验饲料, 结果导致鲤鱼生长缓慢, 死亡率增高; 汪留全等^[5]认为幼蟹饲料中脂肪适宜添加量为 6.61% ~ 9.96%; 段彪等^[6]报道认为齐口裂腹鱼饲料中适宜的脂肪水平为 7.18% ~ 8.21%; 韩庆等^[7]研究表明黄颡鱼的脂肪适宜需求量为 11.31%; 洪惠馨等^[8]认为鲈鱼的脂肪适宜需求为 7.53% ~ 9.79%; 王道尊等^[9-10]分别报道了饲料脂肪含量和脂肪源对青鱼生长的影响。但有关饲料不同脂肪水平对异育银鲫生长及营养物质表观消化率的影响未见报道。本试验采用梯度法, 研究异育银鲫对饲料中脂肪的最适需要量, 将为异育银鲫营养标准的制定、饲料配方的制作及养殖生产实践提供实验性依据。

1 材料与方法

1.1 试验鱼

异育银鲫为盐城市郊区某池塘当年孵化的同一批鱼。体质量每尾 (17.00 ± 0.15) g 选择体质健壮

1.2 试验饲料

参照鱼类营养需要设计配方 (表 1), 以市售的优质进口鱼粉、豆粕为蛋白源, 市售优质鱼油为脂肪源, 饲料原料均过 60 目筛, 鱼油的添加量分别为 0、2%、4%、6% 和 8%。配制成 5 组试验饲料, 经充分混合后加工成 2 mm 的颗粒饲料, 晾干并保存于冰箱中备用, 投喂时将其切成小的颗粒。

1.3 试验设计

暂养 7 d 后, 选择健康无伤病的异育银鲫随机分为 15 组, 每组 25 尾, 分别投入 1 ~ 15 号水族箱中。共设 5 个试验组, 每个试验组各设 3 个重复。分别投喂不同脂肪水平的试验饲料, 饲养 45 d, 试验期间水温为 25 ~ 30 °C。流水循环养殖, 各试验水族箱水体的交换量为 30%。饲养 10 d 后投喂在试验组饲料基础上添加含 0.5% 的 Cr_2O_3 指示剂的饲料, 待异育银鲫适应采食添加 0.5% 的 Cr_2O_3 指示剂的饲料后收集粪便, 测定粪便与饲料中相应营养指标及 Cr_2O_3 , 计算主要营养物质的表观消化率。试验结束时停食 1 d, 对各组的试验鱼进行常规检测, 且在各试验水族箱中随机抽取 5 尾试验鱼进行解剖, 测定其体重、肝脏重、体长、肠长。

表1 试验饲料配方及营养成分含量
Tab.1 Composition and nutrient levels of trial diets

| 原料%干重 | 饲料编号对照组 | | | | |
|---------|---------|--------|--------|--------|-------|
| | 试验组 I | 试验组 II | 验组 III | 试验组 IV | 对照组 |
| 次粉 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 豆粕 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| 菜粕 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| 鱼粉 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 棉粕 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 花生粕 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 麸皮 | 11 | 9 | 8 | 6 | 4 |
| 鱼油 | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| 核心料 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| 沸石粉 | 2.5 | 2.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| 磷酸二氢钙 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 营养水平粗蛋白 | 34.10 | 33.82 | 33.68 | 33.39 | 33.10 |
| 粗脂肪 | 2.16 | 4.08 | 6.04 | 7.96 | 9.88 |
| 灰分 | 5.40 | 5.34 | 5.33 | 5.29 | 5.25 |
| 钙 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 |
| 磷 | 1.40 | 1.39 | 1.38 | 1.38 | 1.37 |

1.4 试验指标计算

1.4.1 异育银鲫鱼体形体指数分析及测定方法

含肉率^[11]用纱布擦干鱼体表水分,依次测量体长、体重。解剖后去除内脏称出空壳重,分离鳃、皮肤、鳍和骨骼等非肉质部分,分别称重。骨骼在称重前要进行处理,将全部骨骼放在热水中烫2~3 min后,除去附着物,清洗风干,称重。然后计算出肌肉的重量后,求出含肉率及各非肉质部分的比率。计算公式如下:

$$\text{含肉率}(\%) = (\text{空壳重} - \text{皮重} - \text{骨骼重}) / \text{体重} \times 100$$

肠体比^[12]指肠长与体长之间的比值。

肝体指数^[13](Liver-somatic index, LSI)是指肝脏的质量占净体质量的百分比,代表了肝脏的相对质量。

$$\text{LSI} = \text{肝质量} / \text{净体质量} \times 100。$$

1.4.2 鱼体增重率及饵料系数、蛋白质效率的测定分析

$$\text{增重率}(\text{WGR}) = (W_t - W_0) / W_0 \times 100$$

$$\text{饵料系数}(\text{FCR}) = F / (W_t - W_0)$$

$$\text{蛋白质效率}(\text{PER}) = (W_t - W_0) \times 100 / (F \cdot P)$$

式中, W_0 :试验开始时鱼体质量(g); W_t :试验结束时鱼体质量(g); F :饲料摄入量(g); P :饲料中粗蛋白质含量(%)。

1.4.3 营养物质表观消化率测定^[14]

采用 Cr_2O_3 为指示剂,测定表观消化率。 Cr_2O_3 含量采用湿式化定量法测定。粪便收集方法:自试验正式开始后10 d左右,投饵后吸净水中残饵,约2 h后待鱼排粪时用虹吸法吸起水中成形粪便,置于培养皿中60℃烘干,4℃冷藏待用。分别采用105℃常压干燥法、凯氏定氮法、索氏提取法、钼黄比色法及ICAP-9000型等离子发射光谱法测定饲料中的水分、粗蛋白、脂肪、磷、镁、钠的含量^[15]。

$$\text{干物质的表观消化率}(\%) = 100 - 100C_1 / C_2$$

$$\text{粗蛋白表观消化率}(\%) = 100 - 100C_1 \cdot N_2 / (C_2 \cdot N_1)$$

$$\text{粗脂肪表观消化率}(\%) = 100 - 100C_1 \cdot N_2 / (C_2 \cdot N_1)$$

$$\text{磷表观消化率}(\%) = 100 - 100C_1 \cdot N_2 / (C_2 \cdot N_1)$$

$$\text{镁表观消化率}(\%) = 100 - 100C_1 \cdot N_2 / (C_2 \cdot N_1)$$

$$\text{钠表观消化率}(\%) = 100 - 100C_1 \cdot N_2 / (C_2 \cdot N_1)$$

式中, C_1 为饲料中 Cr_2O_3 的百分含量(%); C_2 为粪便中 Cr_2O_3 的百分含量(%); N_1 为饲料中对应末营养成分的百分含量(%); N_2 鱼粪便中末营养成分的百分含量(%)。

1.5 数据统计与分析

原始数据经 Excel 2003 初步整理后,用 SAS 6.12 中的单因子方差分析(One-Way ANOVY)进行 LSD 法多重比较。显著水平为($P < 0.05$)。数据用平均值 \pm 标准误形式表示。

2 结果与分析

2.1 不同脂肪水平对异育银鲫含肉率及肝体指数的影响

由表 2 可知,随着鱼油添加量的增加,异育银鲫的含肉率、肠体比没有显著变化,组间差异不显著($P > 0.05$)。与对照组比较(粗脂肪水平 2.16%),添加 2% 的鱼油的试验组 I 肝体指数升高,但差异不显著($P > 0.05$),添加 4% ~ 8% 的鱼油试验组 II、III、IV 的肝体指数分别升高了 25.4%、24.4% 和 25.8%,且差异显著($P < 0.05$),而试验组间差异不显著($P > 0.05$)。以上说明不同脂肪水平(2.16% ~ 9.88%)对异育银鲫的鱼体含肉率、肠体比无显著影响,对肝体指数有显著影响。

表 2 不同脂肪水平对异育银鲫含肉率及肝体指数的影响

Tab. 2 Effect of different lipid levels on dressing rate and liver-k-somatic index of *Carassius auratus gibelio*

| 组别 | 肝体指数(%) | 肠体比(%) | 含肉率(%) |
|---------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 对照组 | 5.24 \pm 0.25 ^b | 3.33 \pm 0.13 ^a | 40.33 \pm 0.59 ^a |
| 试验组 I | 6.27 \pm 0.26 ^{ab} | 3.51 \pm 0.23 ^a | 40.56 \pm 1.90 ^a |
| 试验组 II | 6.57 \pm 0.30 ^a | 3.58 \pm 0.69 ^a | 40.58 \pm 0.33 ^a |
| 试验组 III | 6.52 \pm 0.11 ^a | 3.25 \pm 0.06 ^a | 40.53 \pm 2.69 ^a |
| 试验组 IV | 6.59 \pm 0.27 ^a | 3.29 \pm 0.17 ^a | 42.11 \pm 4.60 ^a |

注:同列肩表不同字母表示差异显著($P < 0.05$),下表同

2.2 不同脂肪水平对异育银鲫生产性能的影响

由表 3 可知,试验鱼的增重率随着脂肪添加量增加,呈现先增大又减小的趋势,试验组 1 中鱼的增重率(74.64%)最大,与对照组、试验组 II、试验组 III 比较差异不显著($P > 0.05$),与试验组 IV 比较差异显著($P < 0.05$)。试验组鱼的饵料系数随脂肪含量增加,先减小又增大,试验组 II 中鱼的饵料系数(2.00)与其他组差异不显著($P > 0.05$),但低于其他组的饵料系数。试验鱼的蛋白质效率随脂肪含量增加,呈现先增大又减小的趋势,试验组 2 中试验鱼的蛋白质效率(1.19)最大,与其他组的差异不显著($P > 0.05$)。说明不同脂肪水平(2.16% ~ 9.88%)对异育银鲫生产性能有一定影响,从生产性能指标来看,异育银鲫对脂肪的需求以 4.08% ~ 6.04% 为适宜量。

表 3 不同脂肪水平对异育银鲫生长效果的影响

Tab. 3 Effect of different lipid levels on growth of *Carassius auratus gibelio*

| 组别 | 初始尾重(g) | 终末尾重(g) | 增重率(%) | 饵料系数 | 蛋白质效率 |
|---------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 对照组 | 17.23 \pm 0.014 ^a | 28.65 \pm 3.18 ^a | 66.98 \pm 0.79 ^{ab} | 2.47 \pm 0.24 ^a | 0.94 \pm 0.12 ^a |
| 试验组 I | 17.15 \pm 0.042 ^a | 29.95 \pm 0.64 ^a | 74.64 \pm 4.14 ^a | 2.20 \pm 0.3 ^a | 1.08 \pm 0.10 ^a |
| 试验组 II | 16.89 \pm 0.064 ^a | 28.5 \pm 0.14 ^a | 68.79 \pm 1.47 ^a | 2.00 \pm 0.2 ^a | 1.19 \pm 0.08 ^a |
| 试验组 III | 17.16 \pm 0.092 ^a | 28.8 \pm 2.97 ^a | 67.38 \pm 1.86 ^{ab} | 2.02 \pm 0.19 ^a | 1.18 \pm 0.15 ^a |
| 试验组 IV | 17.21 \pm 0.19 ^a | 27.55 \pm 2.48 ^b | 60.57 \pm 1.49 ^b | 2.18 \pm 0.56 ^a | 1.11 \pm 0.20 ^a |

2.3 异育银鲫主要生长指标与饲料中脂肪水平的回归关系

由表 3 可知,在添加不同浓度梯度的饲料脂肪时,异育银鲫的增重率、饵料系数、蛋白质效率与脂肪

水平均有一定的相关性。分别以试验过程中异育银鲫的增重率、饵料系数、蛋白质效率为因变量(Y),以饲料中脂肪含量作为自变量(X)回归方程分别为:

增重率与饲料脂肪含量的回归方程:

$$Y = 0.0943X^3 - 2.174X^2 + 13.693X + 46.995$$

($R^2 = 0.8915$)

饵料系数与饲料脂肪含量的回归方程:

$$Y = 0.0008X^3 + 0.0063X^2 - 0.2119X + 2.8935$$

($R^2 = 0.9952$)

蛋白质效率与饲料脂肪含量的回归方程:

$$Y = -0.0003X^3 - 0.0042X^2 + 0.1147X + 0.7133$$

($R^2 = 0.9927$)

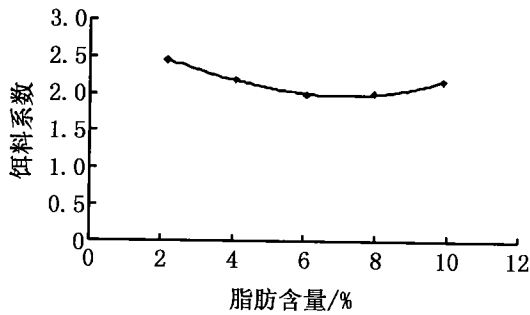


图2 异育银鲫饵料系数与脂肪含量的关系
Fig.2 The relationship between growth rate and dietary lipid level in *Carassius auratus gibelio*

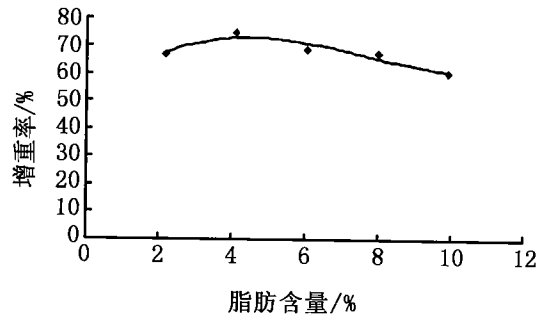


图1 异育银鲫增重率与脂肪含量的关系
Fig.1 The relationship between growth rate and dietary lipid level in *Carassius auratus gibelio*

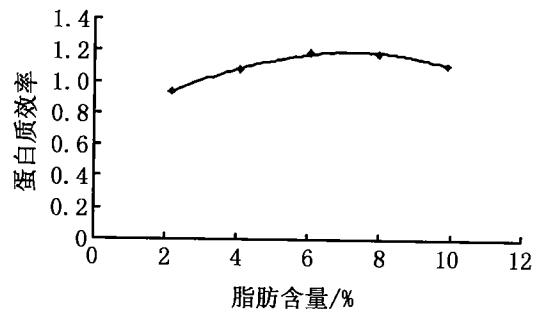


图3 异育银鲫蛋白质效率与脂肪含量的关系
Fig.3 The relationship between protein efficient rate and dietary lipid level in *Carassius auratus gibelio*

2.4 不同脂肪水平对异育银鲫饲料消化率的影响

由表4可知,与对照组比较,试验组蛋白质消化率差异不显著($P > 0.05$),但试验组II(脂肪水平为6.04%)的蛋白质消化率(88.66%)大于其他组;粗脂肪的消化率差异显著($P < 0.05$),随着脂肪水平的增加,粗脂肪的消化率逐渐增大,试验组II粗脂肪的消化率(92.1%)显著大于其他组;饲料的总消化率差异显著($P < 0.05$),试验组II的(69.16%)最高。磷的消化率差异不显著($P > 0.05$),但试验组II磷的消化率(70.73%)高于其他组,镁的消化率试验组III最低,和其他组比较差异显著($P < 0.05$),但试验组I镁的消化率(71.46%)显著高于其他试验组($P < 0.05$),试验组钠的消化率均显著高于对照组,其中以试验组II的消化率(70.08%)最高。说明不同脂肪水平(2.16%~9.88%)对异育银鲫的粗蛋白、磷消化率无显著影响($P > 0.05$),对异育银鲫的粗脂肪、镁、钠及饲料总消化率有显著影响($P < 0.05$),其中以脂肪水平为6.04%的试验组II的粗蛋白、粗脂肪、磷、钠、饲料总消化率最高。

表4 不同脂肪含量对异育银鲫营养物质消化率的影响

Tab.4 Effect of different lipid levels on feed apparent digestibility of *Carassius auratus gibelio*

| 组别 | 粗蛋白 | 粗脂肪 | 磷 | 镁 | 钠 | 总消化率 |
|---------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 对照组 | 85.70 ± 0.54 ^a | 77.71 ± 1.33 ^c | 65.52 ± 1.14 ^a | 67.73 ± 0.98 ^a | 46.08 ± 1.64 ^b | 64.05 ± 0.04 ^b |
| 试验组 I | 86.72 ± 0.22 ^a | 88.36 ± 0.47 ^b | 64.83 ± 2.33 ^a | 71.46 ± 3.45 ^a | 65.00 ± 4.23 ^a | 60.59 ± 1.91 ^b |
| 试验组 II | 88.66 ± 1.15 ^a | 92.1 ± 0.08 ^a | 70.73 ± 0.97 ^a | 67.90 ± 3.48 ^a | 70.08 ± 3.25 ^a | 69.16 ± 0.78 ^a |
| 试验组 III | 85.68 ± 0.25 ^a | 90.13 ± 1.14 ^a | 66.74 ± 2.98 ^a | 55.00 ± 2.02 ^b | 61.98 ± 1.71 ^a | 63.31 ± 1.32 ^b |
| 试验组 IV | 86.15 ± 1.90 ^a | 92.78 ± 1.33 ^a | 70.10 ± 2.28 ^a | 67.77 ± 1.30 ^a | 69.66 ± 1.09 ^a | 68.98 ± 1.95 ^a |

3 讨论

3.1 不同脂肪水平对异育银鲫含肉率及肝体指数的影响

含肉率是衡量鱼类品质、生产性能的重要指标之一,它因鱼的种类、品种、生活环境、饲料的不同而异^[16]。本试验结果表明,不同脂肪水平对异育银鲫含肉率变化的无显著影响,在其它条件一致的前提下,由于饲养时间短(45 d),而含肉率主要跟鱼的种类、品种、生活环境有关,因此脂肪不同添加水平对异育银鲫含肉率无影响。肠道是鱼类消化和吸收的重要场所,肠的长度因种而异,一般肉食性鱼类肠管较短,仅为体长的1/3~1/4,浮游生物食性及植物食性的鱼类肠道较长,一般为体重的2~5倍,有的甚至达15倍,杂食性鱼类肠道的长度介于两者之间^[17],异育银鲫是杂食性鱼类,肠道长与鱼体长的比值相对稳定,本实验结果表明不同脂肪水平对异育银鲫的肠体比影响不显著,江振莹等^[18]研究表明硝酸稀土对鲤鱼肠道发育(肠体比)的影响并不明显,本实验与此结果基本一致。

鱼类肝体指数被看作是对长期和短期营养方式都很敏感的指标。因为肝脏是鱼类中间代谢的主要器官,在糖类、脂类、蛋白质和维生素等营养物质的代谢中发挥着重要的作用,同时,肝脏还是鱼类重要的营养储存场所^[18]。本实验结果表明不同脂肪水平对异育银鲫的肝体指数有显著影响,原因为随着脂肪浓度的增加,将会导致肝脏中脂肪的不断沉积与增加,而鱼体重量变化不明显,因而导致肝体指数增加,这与刘丽华等^[13]研究南近海条纹斑竹鲨(*Chiloscyllium plagiosum*)肝体指数(LSI)变化规律类似。

3.2 不同脂肪水平对异育银鲫生长效果的影响

脂肪是维持动物正常生长和发育的重要能量和脂肪源来源,可以提供必需脂肪酸、胆固醇和磷脂,节约蛋白质。本实验中添加2%、4%、6%、8%的鱼油,使试验组饲料脂肪含量分别达到4.08%~9.88%,与对照组(脂肪水平2.16%)比较,结果表明:饲料中脂肪水平为6.04%时,其饵料系数最低、蛋白质效率最高,增重率仅低于脂肪水平为4.08%试验组,差异不显著,当脂肪水平为9.88%时,增重率显著下降,饵料系数升高、蛋白质效率下降,但不显著,综合分析表明:异育银鲫饲料中脂肪最佳需要量为6.04%,适宜需要范围为4.08%~6.04%,增重率、饵料系数、蛋白质效率与饲料脂肪含量有较强的相关性,其回归方程分别为 $Y = 0.0943X^3 - 2.174X^2 + 13.693X + 46.995$ ($R^2 = 0.8915$); $Y = 0.0008X^3 + 0.0063X^2 - 0.2119X + 2.8935$ ($R^2 = 0.9952$); $Y = -0.0003X^3 - 0.0042X^2 + 0.1147X + 0.7133$ ($R^2 = 0.9927$)。说明生产性能与脂肪的添加水平有较强的相关性,脂肪适宜的添加水平能改善动物的生产性能。鱼类对脂肪需求量变动较大,饲料中脂肪含量过低和过高,均对鱼类有害,过低时,会降低饲料的饲养效果,并会出现多种异常现象;过高时,鱼体蓄积脂肪过高而使质量下降,同时也会导致生长减慢和食物效率降低的现象。类似的研究报告较多,如Bromiey^[3]认为增加饲料脂肪量对大菱鲂幼鱼增重有负作用;Takeuchi等^[4]用不含脂肪的饲料养殖鲤,而后投喂缺乏必需脂肪酸的试验饲料,结果导致鲤生长缓慢,死亡率增高;肖懿等^[19]、洪惠馨等^[8]、段彪等^[6]、Ruey-liang chou等^[20]、汪留全等^[5]分别研究史施鲟、鲈鱼、齐口裂腹鱼、军曹鱼、幼蟹脂肪适宜需求量,结果表明其脂肪适宜需求量分别为5.6%~11.4%、7.53%~9.79%、7.18%~8.21%、5.76%、6.61%~9.96%,本实验结果与此基本一致。

3.3 不同脂肪水平对异育银鲫营养物质表观消化率的影响

本实验初步研究了不同脂肪添加水平对异育银鲫饲料主要营养物质表观消化率的影响,结果表明:在异育银鲫配合饲料中脂肪水平为6.04%时,粗脂肪、饲料总消化率、粗脂肪、钠表观消化率最高,显著高于对照组及其它试验组,粗蛋白、镁表观消化率有升高的趋势,说明脂肪不同水平对异育银鲫饲料中饲料总消化率、粗蛋白、粗脂肪、镁、钠等表观消化率有较大影响,其中对粗脂肪、饲料总消化率、钠影响显著,并呈现抛物线的趋势,异育银鲫对脂肪的最佳需要量为6.04%,适宜需求范围4.08%~6.04%。本实验结果同时表明,脂肪水平与营养物质的相关规律与脂肪水平对异育银鲫生产性能的影响规律类似,呈现抛物线趋势,有适宜的需要量范围,过高或过低均影响生产性能及饲料营养物质表观消化率,这可能跟脂肪的不同添加浓度对动物体内脂肪沉积、转化及影响蛋白质、矿物质元素利用率等有关^[21]。

影响鱼类消化率的诸多因素,比如外源酶、饲料性质、化学组成等,王爱民等^[22]报道在饲料中添加复合酶制剂(主要包含蛋白酶、淀粉酶和葡聚糖酶等)提高了异育银鲫对饲料干物质、粗蛋白质和磷的表观消化率,今后将进一步研究脂肪对营养物质表观消化率影响的作用机理。

4 结论

(1)不同脂肪水平(2.16%~9.88%)对异育银鲫肠道发育(肠体比)、含肉率无显著影响,肝体指数随着脂肪水平而显著升高。

(2)不同脂肪水平对异育银鲫增重率、饵料系数、蛋白质效率有一定影响,呈现抛物线的趋势,异育银鲫对脂肪的最佳需求量为6.04%,适宜需求范围4.08%~6.04%。

(3)不同脂肪水平对饲料营养物质中饲料总消化率、粗脂肪表观消化率、钠的表观消化率有显著影响,对蛋白质、镁的表观消化率影响不显著,但均呈现抛物线的趋势,脂肪的最佳需要量6.04%,适宜需要范围4.08%~6.04%,与生产性能规律类似。

(4)增重率、饵料系数、蛋白质效率与饲料中脂肪含量呈现显著的相关性,回归方程及相关系数分别为: $Y=0.0943X^3-2.174X^2+13.693X+46.995$ ($R^2=0.8915$); $Y=0.0008X^3+0.0063X^2-0.2119X+2.8935$ ($R^2=0.9952$); $Y=-0.0003X^3-0.0042X^2+0.1147X+0.7133$ ($R^2=0.9927$)。

参考文献

- [1] 李爱杰. 水产动物营养与饲料学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996:36-46.
- [2] 荻野珍青. 鱼类营养和饲料[M]. 北京: 海洋出版社, 1978:123-156.
- [3] Bromiey P J. Effect of dietary protein, lipid and energy content on the growth of *Scophthalmus* [J]. *Aquaculture*, 1980, 100: 107-123.
- [4] Takeuhi T, Shiina Y, Watanabe T. Suitable protein and fat levels in diet for fingerling of red sea bream *Pagrus major* [J]. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1991, 57: 293-299.
- [5] 汪留全, 胡王, 李海洋, 等. 饲料中脂肪水平对幼蟹生长和饲料利用率的影响[J]. *上海水产大学学报*, 2003, 12(1): 19-24.
- [6] 段彪, 向泉, 周兴华, 等. 齐口裂腹鱼饲料中适宜脂肪需求量的研究[J]. *动物营养学报*, 2007, 19(3): 232-236.
- [7] 韩庆, 田宗城, 夏维福, 等. 黄颡鱼饲料脂肪的最适含量[J]. *水产科学*, 2005, 24(7): 8-11.
- [8] 洪惠馨, 林利民, 陈学豪. 鲈鱼人工配合饲料中脂肪的适宜含量研究[J]. *集美大学学报(自然科学版)*, 1999, 4(2): 41-44.
- [9] 王道尊, 龚希章, 刘玉芳. 饲料中脂肪的含量对青鱼生长的影响[J]. *水产学报*, 1987, 11(1): 23-28.
- [10] 王道尊, 潘兆龙, 梅志平. 不同脂肪源的饲料对青鱼生长的影响[J]. *水产学报*, 1989, 13(4): 370-374.
- [11] 董宏伟, 韩志忠, 康志平, 等. 匙吻鲟含肉率及肌肉营养成分分析[J]. *淡水渔业*, 2007, 37(4): 49-52.
- [12] 王爱民, 刘波, 黄金田, 等. 不同食性鱼的血红蛋白及其测定方法的比较研究[J]. *盐城工学院学报(自然科学版)*, 2006, 19(1): 64-67.
- [13] 刘丽华, 杨圣云, 胡灯进, 等. 闽南近海条纹斑竹鲨(*Chiloscyllium plagiosum*)肝脏含脂率的变化与性成熟的关系[J]. *厦门大学学报(自然科学版)*, 2006, 45(1): 90-93.
- [14] 李爱杰. 水产动物营养与饲料学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996:199-200.
- [15] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术(第2版)[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003.
- [16] 胡国宏, 朱世成, 张俊辉, 等. 养殖史氏鲟幼鱼的含肉率和营养成分分析[J]. *大连水产学院学报*, 2003, 18(1): 70-71.
- [17] 叶富良. 鱼类学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1993:62-63.
- [18] 江振莹, 贾志海, 郭云锁, 等. 稀土元素对鲤鱼肠道发育及消化酶活性的影响[J]. *动物营养学报*, 2007, 19(1): 86-90.
- [19] 肖懿哲, 陈月忠. 饲料脂肪含量对施氏鲟生长及其肝脏脂质组成的影响[J]. *台湾海峡*, 2001, 20(3): 377-381.
- [20] Chou L R, Su M S, Chen H Y. Optimal dietary protein and lipid levels for Juvenile *cobia ckachycentron* (anadum) [J]. *Aquaculture*, 2001, (193): 81-89.
- [21] 杨凤. 动物营养学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 158-162.
- [22] 王爱民, 刘文斌. 外源酶对异育银鲫鱼种生长及表观消化率的影响研究[J]. *饲料工业*, 2006, 27(2): 26-29.