

文章编号:1000-0615(2006)05-0676-07

饲料中添加胆碱对黄鳝生长、组织脂肪含量及消化酶活性的影响

杨代勤^{1,2}, 陈芳¹, 阮国良^{1,2}

(1. 长江大学动物科学学院, 湖北荆州 434025;

2. 农业部淡水鱼类种质资源与生物技术重点开放实验室, 湖北荆州 434025)

摘要 研究了饲料中添用不同含量胆碱对黄鳝生长、饲料利用效率、肌肉和肝脏脂肪含量、肝体指数及消化器官4种消化酶活性的影响。结果表明,饲料中添加的胆碱含量不同,对黄鳝的影响不同,饲料中胆碱添加量在0~2.0%内,随着胆碱添加量的提高,黄鳝的生长速度会加快,饲料系数会逐步降低,肌肉、肝脏的脂肪含量及肝体指数降低,前肠、后肠和肝脏的蛋白酶、胰蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶的活性均会相应的提高,而且饲料中的添加量达0.8%~1.0%时,这些变化显著,表明胆碱对黄鳝是不可缺少的,黄鳝饲料中胆碱的适宜添加量为0.8%~1.0%。

关键词 黄鳝;胆碱;生长;脂肪含量;消化酶

中图分类号:S963 文献标识码:A

Effect of dietary choline on the growth, tissue lipid content and activities of digestive enzymes of *Monopterus albus*

YANG Dai-qin^{1,2}, CHEN Fang¹, RUAN Gou-liang^{1,2}

(1. Animal Science College, Yangtze University, Jingzhou 434025, China;

2. Key Laboratory of Freshwater Fish Germplasm Resources and Biotechnology of Ministry of Agriculture, Jingzhou 434025, China)

Abstract: In order to solve the problem of which food conversion ratio was higher and how nutritional disease such as fat liver occurred, when *Monopterus albus* fed formulated diet, this paper studied the effects of supplement of choline to the diets on the growth, food conversion ratio, lipid content in muscle and liver, hepatomatic index and activities of 4 digestive enzymes of *Monopterus albus*. By adding choline of different content to the diets at 9 levels: 0.0%, 0.1%, 0.3%, 0.5%, 0.8%, 1.0%, 1.2%, 1.5% and 2.0%, cultivating *M. albus* for 90 d. Then the study measured and compared 9 levels of choline to the diets on the growth, food conversion ratio, lipid content in muscle and liver, hepatomatic index and activities of 4 digestive enzymes of *M. albus*. The results show that when *M. albus* feed on diets with different content of choline, the growth rate, food conversion ratio, lipid content in muscle and liver, hepatomatic index, activities of 4 digestive enzymes are different. Between 0.0% to 2.0% of supplement of choline to the diets, with the increase of choline content in the diets, its growth rate increases, the activities of protease, trypsin, amylase and lipase in foregut, hindgut and liver increase, and food conversion ratio, lipid content in muscle and liver and hepatomatic index decrease. When the choline content in the diets increases from 0.0% to 0.8% - 1.0%, these changes are significant. This suggests that the suitable supplement of choline in the diets is 0.8% - 1.0%.

Key words: *Monopterus albus*; choline; growth; lipid content; digestive enzyme

收稿日期:2005-03-23

资助项目:教育部重点项目(030875);湖北省科技厅十五重大攻关项目(2001AA201A01)

作者简介:杨代勤(1966-),男,湖北公安人,教授,博士,主要从事水产营养与养殖。E-mail: yangdaiq@163.com

黄鳝的养殖近年发展较快,有关黄鳝的研究多集中在黄鳝的性逆转^[1-8]、食性、繁殖生物学及保护遗传学^[9-12]等基础研究方面,关于黄鳝营养与饲料的研究目前只初步研究了黄鳝对主要营养素的需要量^[13],缺乏有关黄鳝对维生素、矿物质等其它一些营养物质需要量研究,进行饲料配方时还比较盲目,导致目前用配合饲料养殖黄鳝饲料系数偏高,并易出现脂肪肝等营养性疾病。

养殖鱼类出现脂肪肝,与饲料中胆碱缺乏密切相关,Ogino 对鲤^[14]、Wilson 对斑点叉尾鮰^[15]、Millikin 对日本鳗与真鳗^[16]、Ketola 对湖鳟^[17]研究表明,当饲料中胆碱缺乏时,这此鱼类的肝脏脂肪含量均增加,鲤还出现肝细胞空泡化,王道尊等^[18]还发现草鱼缺乏胆碱时,不仅会出现脂肪肝病变,而且其增重率和饲料效率还会显著下降。为了避免人工养殖的黄鳝出现脂肪肝病变,降低黄鳝的饲料系数,必须进行黄鳝对胆碱需要量的研究,以改进黄鳝饲料的配方,提高黄鳝配合饲料的质量。

1 材料和方法

1.1 试验设计与饲料组成

试验在长江大学黄鳝养殖基地进行,试验用黄鳝平均个体重(40.8±5.5)g,均为人工繁殖的个体,已通过驯化能主动摄取配合饲料。试验从2003年5月20日开始,8月20日结束,共90d。试验饲料配方见表1。以白鱼粉和豆饼为蛋白源,α-淀粉为粘合剂,无机盐和维生素添加量参照Halver 配方^[19],略作调整,其中氯化胆碱另外加

入。白鱼粉为进口美国海鲜牌鱼粉,其它为国内生产,氯化胆碱含量为50%,原料均由武汉高龙饲料有限公司提供。氯化胆碱添加量按基础配方的0%、0.1%、0.3%、0.5%、0.8%、1.0%、1.2%、1.5%和2.0% 9个梯度添加。每个梯度设3个重复,各试验饲料主要营养成分见表1,试验饲料为过70目筛的粉料,在投喂前用水调成面团状,定点投入水底。试验在3m(宽)×4m(长)×0.6m(高)的水泥池中进行,每池放养个体基本一致的试验用黄鳝约3000g,养殖用水为曝气后的自来水,水深保持在0.3~0.4m,无土,水面浮植占池面积1/2的喜旱莲子草供黄鳝栖息,每天8:00~9:00时换水一次,以保证水质清新。每日投喂饲料1次,投食时间在每天18:00~19:00时,日投食量为黄鳝重量的3%左右,以黄鳝在30min内摄食完为宜。

1.2 生长与营养指标的测定

养殖试验结束后,分别称取黄鳝总重。然后从每个重复组中随机取20尾黄鳝,解剖观察肝脏情况,并逐尾称取体重和肝脏重,以计算黄鳝的肝体指数。同时分别取黄鳝背部肌肉和肝脏,用于测定肌肉和肝脏的营养成分。粗蛋白质采用GB6432-86凯氏微量定氮法,粗脂肪采用GB6433-86索氏抽提法,水分采用GB6435-86烘干法,灰分采用GB6538-86马福炉灼烧法,胆碱测定采用GB10818-89滴定法。肝体指数计算公式为:

$$\text{肝体指数}(\%) = \frac{\text{肝脏重}}{\text{黄鳝体重}} \times 100$$

表1 试验饲料配方及主要营养成分(干重%)

Tab.1 Formulations and chemical composition of experimental diets(dry weight %)

配方 ingredient	组别 groups									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
白鱼粉 fish meal	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	
豆饼 soybean cake	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
玉米粉 corn	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	
酵母 yeast powder	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	
α-淀粉 α-starch	25.0	24.9	24.7	24.5	24.2	24.0	23.8	23.5	23.0	
无机盐混合物 mineral premix	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
维生素混合物 vitamin premix	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
氯化胆碱 choline chloride	0.0	0.1	0.3	0.5	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0	
化学组成 chemical composition										
粗蛋白质 protein	39.82	39.63	39.68	39.57	39.71	39.38	39.47	39.59	39.48	
粗脂肪 fat	4.95	4.86	4.92	4.95	4.73	4.52	4.78	4.87	4.75	
水分 water	8.17	8.30	8.21	8.75	8.21	8.63	8.72	8.15	8.23	
灰分 mineral	12.78	12.95	12.68	12.57	12.35	12.47	12.49	12.37	12.52	
氯化胆碱 choline chloride	0.19	0.24	0.35	0.47	0.62	0.71	0.83	0.91	1.20	

1.3 消化酶活性的分析

酶粗液制备 将活鳙杀死解剖,取出内脏置于冰块中,分离胃、前肠、后肠和肝脏,冰浴匀浆,高速冷冻离心机离心 30 min (12 000 r·min⁻¹) 取上清液备测。

蛋白酶活性的测定 采用福林-酚试剂法。将 1 mL 粗酶液与 1 mL 1% 酪蛋白磷酸缓冲液 (pH 8.5) 混合 35 °C 水浴 15 min, 以 3 mL 10% 的三氯乙酸终止反应, 680 nm 波长下测定吸光值。蛋白酶活性大小用 1 g 新鲜组织在 35 °C、pH 为 8.5 条件下, 每分钟分解酪蛋白产生 1 μg 酪氨酸定为一个活性单位来表示 (μg·g⁻¹·min⁻¹)。

胰蛋白酶活性的测定 以 Na-对甲苯磺酰-L-精氨酸甲酯酸盐 (TAME) 作底物, 先将 29.0 mg TAME 和 222 mg CaCl₂ 溶于 100 mL 0.05 mol·L⁻¹、pH 9.0 Tris-HCl 缓冲液中, 35 °C 预热, 加入 0.2 mL 粗酶液, 立即混合均匀, 并计时, 于 247 nm 波长处测吸光值 (A), 每隔 30 s 读一次数, 共计 2 min, 根据时间-吸光值的关系曲线中的直线部分, 任选一时间间隔与相应的吸光值的增量 (ΔA) 来计算胰蛋白酶活性。胰蛋白酶活性大小用 1 g 新鲜组织在 35 °C、pH 9.0 条件下, 1 min 内所产生的吸光值的变化量 (增量) 来表示 (ΔA₂₄₇)。

淀粉酶活性的测定 用 DNS 法。将 0.5 mL 粗酶液与 2 mL 1.0% 淀粉-磷酸缓冲液 (pH 8.0) 混合, 30 °C 水浴 15 min, DNS 显色, 煮沸后冷

却, 540 nm 波长测定酶活力。淀粉酶活性大小用 1 g 新鲜组织在 30 °C、pH 8.0 下, 1 min 内使可溶性淀粉分解产生麦芽糖的毫克数表示 (mg·g⁻¹·min⁻¹)。

脂肪酶活性的测定 脂肪酶活性的测定采用聚乙烯醇橄榄油乳化液水解法。取 0.025 mol·L⁻¹ pH 7.5 磷酸缓冲液 5 mL 和 4 mL 聚乙烯醇橄榄油作乳化液, 置 30 °C 水浴中预热 5~10 min 后, 加入粗酶液 1 mL, 保温 15 min, 立即加入 95% 乙醇 15 mL 终止反应。加酚酞指示剂 3 滴, 用 0.05 mol·L⁻¹ NaOH 标准液滴定至微红色。并同时做空白对照, 对照样品中的乙醇在酶液前加入。脂肪酶活性大小用 1 g 新鲜组织在 30 °C、pH 7.5 条件下, 1 min 使脂肪分解产生 1 μg 分子脂肪酸的量来表示 (μg·g⁻¹·min⁻¹)。

1.4 数据的处理

用最小显著极差法 (LSD) 进行试验数据的统计分析。

2 结果

2.1 胆碱对黄鳙的生长和饲料系数的影响

随着饲料中胆碱含量的增加, 黄鳙的增重率都有所增加, 饲料系数有所下降 (表 2)。当饲料中胆碱添加量达到 0.8% 以上时, 其增重率的增加和饲料系数的下降较前几组均存在显著变化 ($P < 0.05$), 而随着胆碱添加的进一步增加, 此种变化又不大。

表 2 黄鳙摄食不同胆碱添加量试验饲料的生长、饲料系数

Tab.2 Growth and food conversion of *M. albus* fed diets of different choline contents

组别 group	胆碱含量 (%) choline cotent	放养量 (g) initial biomass	收获量 (g) final biomass	增重率 (%) weight gain rate	饲料系数 food conversion ratio
1	0.0	3000.3 ± 5.7	5722.1 ± 73.6	90.71 ^a ± 2.31	2.98 ^a ± 0.12
2	0.1	3001.2 ± 6.3	6082.5 ± 57.3	102.67 ^a ± 2.12	2.61 ^a ± 0.14
3	0.3	3002.5 ± 4.9	6193.1 ± 66.5	106.26 ^a ± 2.55	2.55 ^a ± 0.08
4	0.5	3000.7 ± 7.1	6571.4 ± 78.7	118.96 ^a ± 1.93	2.33 ^a ± 0.11
5	0.8	3003.8 ± 3.5	7824.1 ± 65.6	160.47 ^b ± 1.57	1.73 ^b ± 0.08
6	1.0	3002.1 ± 6.6	8317.6 ± 65.3	177.05 ^b ± 1.24	1.62 ^b ± 0.06
7	1.2	3002.3 ± 4.5	8419.8 ± 77.9	180.44 ^b ± 1.33	1.59 ^b ± 0.10
8	1.5	3001.6 ± 5.2	8327.2 ± 81.2	177.45 ^b ± 1.61	1.63 ^b ± 0.05
9	2.0	3002.1 ± 6.0	8379.5 ± 64.8	179.06 ^b ± 1.18	1.67 ^b ± 0.07

注: 同列中数尾字母相同的各组相差不显著 ($P > 0.05$), 数尾不同的各组相差显著 ($P < 0.05$), 增重率 (%) = (收获量 - 放养量) / 放养量 × 100, 饲料系数 = 摄食饲料总量 / (收获量 - 放养量)

Notes: The difference between the numbers that have the same letter at end in vertical row is not significant ($P > 0.05$), the difference between the numbers which have the different letter is significant ($P < 0.05$), weight gain rate (%) = (final biomass - initial biomass) / initial biomass × 100, food conversion ratio = gross weight of diets *M. albus* fed / (final biomass - initial biomass)

2.2 胆碱对黄鳝的肌肉和肝脏脂肪含量及肝体指数的影响

随着胆碱含量提高,黄鳝肌肉和肝脏中脂肪含量及肝体指数均呈下降趋势(表 3)。胆碱含量低于 0.5% 的各组饲料饲养黄鳝时,黄鳝肌肉脂肪含量不存在显著差异($P > 0.05$),但与 0.8% 以上

各组的肌肉的脂肪含量存在显著差异($P < 0.05$);胆碱含量达到 0.3% 时,其肝脏的脂肪含量显著下降($P < 0.05$),达到 1.0% 时则会极显著下降($P < 0.01$);胆碱含量达到 0.5% 时其肝体指数会显著下降($P < 0.05$),达到 1.0% 时则出现极显著下降($P < 0.01$)。

表 3 不同胆碱含量饲料组黄鳝肌肉、肝脏脂肪含量及肝体指数

Tab.3 Liver and muscle lipid content and hepatomatic index of *M. albus* fed diets with different choline contents

组别 group	胆碱(%) choline	肌肉脂肪含量(%) muscle lipid content	肝脏脂肪含量(%) liver lipid content	肝体指数 hepatomatic index
1	0.0	4.87 ^a ± 0.23	35.73 ^a ± 1.53	13.87 ^a ± 0.57
2	0.1	4.75 ^a ± 0.27	33.72 ^a ± 1.61	12.75 ^a ± 0.52
3	0.3	4.71 ^a ± 0.19	30.57 ^b ± 1.42	11.57 ^a ± 0.43
4	0.5	4.15 ^a ± 0.20	28.15 ^b ± 1.33	7.72 ^b ± 0.32
5	0.8	3.78 ^b ± 0.17	27.63 ^b ± 1.02	5.48 ^b ± 0.28
6	1.0	3.25 ^b ± 0.13	26.57 ^c ± 1.11	4.17 ^c ± 0.16
7	1.2	3.22 ^b ± 0.14	25.85 ^c ± 0.98	4.06 ^c ± 0.13
8	1.5	3.30 ^b ± 0.11	25.17 ^c ± 0.87	3.95 ^c ± 0.16
9	2.0	3.27 ^b ± 0.13	25.09 ^c ± 0.75	4.01 ^c ± 0.11

注:同列中数尾字母相同数之间的差异的不显著($P > 0.05$),数尾字母为 a 与 b、b 与 c 的两数之间相差显著($P < 0.05$),数尾字母为 a 与 c 的两数之间差异极显著($P < 0.01$)。以下表格内容注释同此。

Notes: The difference between the numbers that have the same letters in a vertical row are not significant($P > 0.05$), the difference between the numbers which letters are a and b, b and c is significant($P < 0.05$), the difference between the numbers which letters are a and c is very significant($P < 0.01$), the same as the following

2.3 胆碱对黄鳝消化酶活性的影响

胆碱对黄鳝蛋白酶活性的影响 不同胆碱含量对黄鳝消化系统内蛋白酶活性的影响见表 4。胆碱在饲料中的添加量在 0.0% ~ 2.0% 范围内,随着添加量的增加,黄鳝胃、前肠、后肠和肝脏的蛋白酶活性均呈上升趋势。胆碱添加量 0.5% 以

下各组的蛋白酶活性虽较未加胆碱组的蛋白酶活性增加,但差异性不显著($P > 0.05$),胆碱添加量为 0.8% 以上的各组,其蛋白酶活性不仅比未加胆碱组的蛋白酶活性高,而且其活性差异显著($P < 0.05$)。

表 4 胆碱对黄鳝蛋白酶活性的影响

Tab.4 Effect of choline content on the activities of protease of *M. albus*

胆碱含量(%) choline content	胃 stomach	前肠 foregut	后肠 hindgut	肝脏 liver
0.0	2187.15 ^a ± 86.23	1687.33 ^a ± 68.35	817.20 ^a ± 52.33	512.66 ^a ± 31.22
0.1	2215.28 ^a ± 92.58	1695.05 ^a ± 82.46	813.42 ^a ± 48.51	592.36 ^a ± 35.38
0.3	2395.33 ^a ± 101.22	1783.17 ^a ± 90.58	835.56 ^a ± 46.27	673.65 ^a ± 40.13
0.5	2417.27 ^a ± 113.51	1832.82 ^a ± 83.47	896.33 ^a ± 43.87	725.68 ^a ± 38.88
0.8	2782.56 ^b ± 96.57	2035.58 ^b ± 88.52	987.15 ^b ± 50.28	837.43 ^b ± 39.17
1.0	2819.71 ^b ± 98.15	2118.31 ^b ± 93.24	1152.88 ^b ± 64.22	866.66 ^b ± 45.93
1.2	2893.02 ^b ± 89.27	2196.22 ^b ± 101.26	1236.51 ^b ± 60.14	871.45 ^b ± 50.25
1.5	2817.80 ^b ± 82.34	2208.62 ^b ± 93.67	1257.90 ^b ± 72.58	905.10 ^b ± 51.47
2.0	2905.28 ^b ± 105.43	2215.61 ^b ± 107.20	1290.32 ^b ± 82.55	931.55 ^b ± 48.31

胆碱对黄鳝胰蛋白酶活性的影响 胆碱对黄鳝消化系统内的胰蛋白酶活性影响见表 5。饲

料中添加不同含量的胆碱对黄鳝胃、前肠、后肠和肝脏内的胰蛋白酶活性会产生影响。胆碱添加量

在 0~2.0% 范围内,随着胆碱添加量的增加,各消化器官内的胰蛋白酶活性呈上升的趋势,较高含量胆碱组的胰蛋白酶活性比低含量胆碱组的胰蛋白酶活性高。胆碱添加量 0.5% 以下各组的胰蛋

白酶活性与未添加胆碱组的胰蛋白酶活性差异不显著 ($P > 0.05$),胆碱添加量为 0.8% 以上的各组的胰蛋白酶活性与未添加胆碱组的胰蛋白酶活性差异显著 ($P < 0.05$)。

表 5 胆碱对黄鳝胰蛋白酶活性的影响

Tab.5 Effect of choline content on the trypsin activities of *M. albus*AA₂₄₇

胆碱含量(%) choline content	胃 stomach	前肠 foregut	后肠 hindgut	肝脏 liver
0.0	12.31 ^a ± 0.67	19.65 ^a ± 1.63	7.68 ^a ± 0.51	1.70 ^a ± 0.08
0.1	12.40 ^a ± 0.85	20.73 ^a ± 1.86	8.28 ^a ± 0.63	2.26 ^a ± 0.15
0.3	13.83 ^a ± 0.92	21.54 ^a ± 1.93	8.91 ^a ± 0.82	2.83 ^a ± 0.25
0.5	15.72 ^a ± 1.20	21.75 ^a ± 1.52	10.65 ^a ± 0.64	3.16 ^a ± 0.30
0.8	18.65 ^b ± 1.53	26.58 ^b ± 2.08	13.27 ^b ± 0.83	5.28 ^b ± 0.41
1.0	20.79 ^b ± 1.36	28.76 ^b ± 2.17	14.76 ^b ± 1.06	5.86 ^b ± 0.58
1.2	21.50 ^b ± 1.64	28.80 ^b ± 1.68	15.85 ^b ± 0.92	6.38 ^b ± 0.47
1.5	22.32 ^b ± 1.85	29.15 ^b ± 2.82	16.18 ^b ± 1.51	5.79 ^b ± 0.62
2.0	22.83 ^b ± 1.67	28.58 ^b ± 2.34	16.08 ^b ± 1.27	6.23 ^b ± 0.81

胆碱对黄鳝淀粉酶活性的影响 胆碱对黄鳝消化器官内淀粉酶活性的影响见表 6。从表 6 可以看出,饲料中添加不同含量的胆碱,对黄鳝胃、前肠、后肠和肝脏内的淀粉酶活性产生一定的影响,随着胆碱在饲料中添加量的增加,各消化器官内的淀粉酶活性也随之增加,但胆碱含量增加至 1.2% 以上时,则随胆碱加入量的增加,胃、前

肠和后肠内的淀粉酶的活性呈下降的趋势。胆碱添加量 0.5% 以下各组的淀粉酶活性与未添加胆碱组的淀粉酶活性差异不显著 ($P > 0.05$),胆碱添加量为 0.8% 以上各组的淀粉酶活性与未添加胆碱组的淀粉酶活性差异显著(后肠例外) ($P < 0.05$),但 0.8% 以上各组之间的淀粉酶活性差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 6 胆碱对黄鳝淀粉酶活性的影响

Tab.6 Effect of choline content on amylase activities of *M. albus*mg·g⁻¹·min⁻¹

胆碱含量(%) choline content	胃 stomach	前肠 foregut	后肠 hindgut	肝脏 liver
0.0	0.72 ^a ± 0.17	4.23 ^a ± 0.36	6.75 ^a ± 0.43	2.83 ^a ± 0.16
0.1	0.65 ^a ± 0.20	4.75 ^a ± 0.24	7.02 ^a ± 0.57	3.05 ^a ± 0.20
0.3	0.96 ^a ± 0.16	5.16 ^a ± 0.30	6.95 ^a ± 0.61	3.42 ^a ± 0.17
0.5	1.13 ^a ± 0.21	6.70 ^a ± 0.51	7.86 ^a ± 0.72	4.26 ^a ± 0.23
0.8	1.87 ^b ± 0.13	7.21 ^b ± 0.47	8.10 ^a ± 0.51	5.17 ^b ± 0.32
1.0	2.30 ^b ± 0.23	7.86 ^b ± 0.53	8.93 ^a ± 0.49	5.63 ^b ± 0.17
1.2	2.51 ^b ± 0.17	8.18 ^b ± 0.42	9.22 ^a ± 0.83	5.82 ^b ± 0.36
1.5	2.35 ^b ± 0.15	7.75 ^b ± 0.73	9.16 ^a ± 0.77	5.35 ^b ± 0.20
2.0	2.26 ^b ± 0.09	7.68 ^b ± 0.61	8.72 ^a ± 0.52	5.41 ^b ± 0.19

胆碱对黄鳝脂肪酶活性的影响 胆碱对黄鳝消化器官脂肪酶活性的影响见表 7。可以看出,饲料中添加不同含量的胆碱,黄鳝胃、前肠、后肠和肝脏内的脂肪酶活性也不同,随着饲料中胆碱添加量的增加,各消化器官内的脂肪酶的活性也随之增加,尤其以胃内增加幅度大,但胆碱添量增加至 0.8% 时,再随着胆碱加入的增加,其活性

增加较慢。胆碱添加量 0.5% 以下各组的脂肪酶活性与未添加胆碱组的脂肪酶活性差异不显著 ($P > 0.05$),胆碱添加量为 0.8% 以上各组的脂肪酶活性与未添加胆碱组的脂肪酶活性差异显著 ($P < 0.05$),且胃内的差异还极显著,但胆碱添加量为 0.8% 以上各组之间的脂肪酶活性差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 7 胆碱对黄鳝脂肪酶活性的影响
Tab.7 Effect of choline content on the lipase activities of *M. albus*

$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

胆碱含量(%) choline content	胃 stomach	前肠 foregut	后肠 hindgut	肝脏 liver
0.0	5.32a ± 0.35	15.31 ^a ± 0.95	22.75 ^a ± 1.52	18.64 ^a ± 1.17
0.1	6.73 ^a ± 0.51	16.74 ^a ± 0.85	23.16 ^a ± 1.67	20.35 ^a ± 1.93
0.3	7.90 ^a ± 0.48	18.22 ^a ± 0.86	25.37 ^a ± 2.21	23.56 ^a ± 1.52
0.5	9.47 ^b ± 0.81	19.76 ^a ± 1.24	27.55 ^a ± 2.53	24.17 ^a ± 1.64
0.8	12.86 ^c ± 0.92	22.57 ^b ± 1.82	32.46 ^b ± 2.94	28.78 ^b ± 2.24
1.0	13.17 ^c ± 1.05	23.84 ^b ± 1.87	34.17 ^b ± 3.54	30.23 ^b ± 2.57
1.2	14.73 ^c ± 0.97	24.16 ^b ± 1.51	35.34 ^b ± 3.12	31.76 ^b ± 2.09
1.5	15.12 ^c ± 1.21	24.85 ^b ± 2.05	36.22 ^b ± 2.57	31.95 ^b ± 3.28
2.0	14.96 ^c ± 1.30	24.65 ^b ± 1.83	36.80 ^b ± 2.39	32.26 ^b ± 3.57

3 讨论

有关胆碱在动物体内的作用,很多研究已表明,胆碱主要作为甲基供体参与体内的甲基反应,参与体内的脂肪代谢,当胆碱含量不足或缺乏时,会导致肝脏的脂肪含量增加,诱发体内脂肪肝,生长明显减慢,对饲料的利用效率明显下降^[14,16,19]。通过本试验进一步证明胆碱在鱼体内所起的作用是非常重要的,胆碱还影响鱼体内消化器官的消化酶活性,从而影响鱼类对食物的消化能力。当饲料中胆碱量缺乏或不足时,其消化酶的活性明显偏低,对食物的消化利用效果差。

本试验结果表明,黄鳝经过 90 d 饲养试验,饲料中添加胆碱和未添加胆碱相比,添加胆碱组的增重率和饲料效率都有所提高,饲料系数下降,与鲤^[14]、真鲷^[16]、鲑^[17]、鲟^[20]上所得的结果相一致。而 Wilson^[15]认为,斑点叉尾鲷饲料中胆碱的添加与否不影响其生长,与本试验结果不同,这种差别可能是因为不同种鱼类对胆碱缺乏的反应不同所致。多数水产动物具有合成胆碱的能力,但动物的合成作用受许多因素影响。不同种类、不同发育阶段的动物其胆碱合成酶的活性不同,饲料中蛋氨酸、甜菜碱等甲基供体的含量也直接影响胆碱合成。所以对大多数水产动物而言,对胆碱需要量或者饲料中胆碱的添加量,并不是一个十分确定的数值。Wilson^[15]进一步研究发现,斑点叉尾鲷饲料中胆碱缺乏时,当添加足量的蛋氨酸后,其生长正常,无任何缺乏症状出现,因此,生产中添加胆碱时,应考虑到饲料中蛋氨酸、甜菜碱、脂肪等含量的影响。

饲料中胆碱缺乏或含量较低,引起鱼类脂肪

代谢障碍和诱发脂肪肝病变的生化机制已被证实,胆碱缺乏使合成脂蛋白的重要原料磷脂酰胆碱合成量不足,进而引起肝脏蛋白合成减少,影响脂肪向血液中转运,导致肝脏中脂肪积累和向血液运输的脂肪减少^[18]。黄鳝饲料中胆碱添加量偏低时,不仅出现肝脏脂肪含量和肝体指数均较高,呈现典型的脂肪肝症状,而且其消化器官的蛋白酶、胰蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶等消化酶的活性较低,这表明胆碱还会影响到鱼类的消化酶的活性,进而影响到鱼类对食物中蛋白质、脂肪、淀粉等营养物质的消化能力。当添加适宜的胆碱,则可有效提高消化酶的活性而提高消化能力,从而降低肝脏的脂肪含量和肝体指数。

试验表明,胆碱对黄鳝是必不可少,当饲料中胆碱添加量低于 0.8% 时,会显著影响黄鳝的生长速度,降低黄鳝对饲料的利用效率,且其消化器官的消化酶的活性也较低。但随着胆碱含量提高到 1.2% 及以上时,虽然较 0.8% 以下水平组的所测指标有显著的差异,但与 0.8%、1.0% 含量的大多所测指标差异不显著。因此,胆碱是黄鳝配合饲料中必须加入的,但不是越多效果越显著,其适宜的添加量应不少于 0.8%,不超过 1.2%,以 0.8% ~ 1.0% 较适宜。

参考文献:

- [1] Liem K F. Sex reversal as a natural on the Symbranchiorm fish *Monopterus albus* [J]. Copeia, 1963, 2: 303-312.
- [2] 陶亚雄,林浩然.黄鳝自然性反转的研究[J].水生生物学报,1991,15(3):274-278.
- [3] 徐晋林,马飞,徐沁.黄鳝性逆转过程中的同工酶分析研究[J].遗传学报,1994,21(2):104-111.
- [4] 梁明山,李春香.黄鳝性别自然转化的初步研究[J].西南农业学报,1995,8(2):83-89.

- [5] 周秋白, 吴华秋, 吴红翔, 等. 产卵与黄鳍性转化关联研究 [J]. 经济动物学报, 2004, 2(2): 89-91.
- [6] 肖亚梅, 刘 筠, 黄鳍由间性发育转变为雄性发育的细胞关系的研究 [J]. 水产学报, 1995, 19(4): 297-301.
- [7] 杨文云, 顾忠旗, 王春华, 等. 黄鳍性逆转过程中性腺形态学初步观察 [J]. 动物医学进展, 2004, 25(6): 113-115.
- [8] 吕道元, 宋 平, 陈云贵, 等. 黄鳍性腺自然逆转过程中 Vasa 基因的表达分析 [J]. 动物学报, 2005, 51(3): 469-475.
- [9] 杨代勤, 陈 芳, 李道霞, 等. 黄鳍食性的初步研究 [J]. 水产学报, 1997, 21(1): 24-30.
- [10] 舒妙安, 张建成. 黄鳍肌肉营养成分的分析 [J]. 水产学报, 2000, 24(4): 339-344.
- [11] 鲁双庆, 刘少军, 刘红玉, 等. 黄鳍微卫星引物筛选及其在保护遗传学上的应用 [J]. 水产学报, 2005, 29(5): 612-618.
- [12] 尹绍武, 周工健, 刘 筠. 黄鳍的繁殖生态学研究 [J]. 生态学报, 2005, 25(3): 435-440.
- [13] 杨代勤, 陈 芳. 黄鳍主要营养素需要量及饲料最适能量蛋白比 [J]. 水产学报, 2001, 24(3): 259-262.
- [14] Ogino C. Vitamin requirement of carp 4 : requirement for choline [J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1970, 36: 1140-1146.
- [15] Wilson R P. Choline nutrition of fingerling channel catfish [J]. Aquaculture, 1988, 68: 65-71.
- [16] Millikin M R. Qualitation and quantitative nutrient requirement of fishes : a review [J]. Fish Bull, 1982, 80: 655-686.
- [17] Ketola G H. Choline metabolism and nutritional requirement of lake trout (*Salvelinus namaycush*) [J]. J Anim Sci, 1976, 43: 474-477.
- [18] 王道尊, 赵 亮. 草鱼鱼种对胆碱需要量的研究 [J]. 水产学报, 1995, 19(2): 133-139.
- [19] Halver J E. Formulating practical diets for fish [J]. J Fish Res Bd Can, 1976, 33(4): 1932-1939.
- [20] Hung S O. Choline requirement of hatchery-produced juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) [J]. Aquaculture, 1989, 78: 183-194.

欢迎订阅 2007 年《上海水产大学学报》

《上海水产大学学报》是上海水产大学主办的以水产科学为主的综合性学术刊物。主要反映自然科学各学科的科研成果, 促进学术与教学研究的交流与繁荣。主要刊载渔业资源、水产养殖和增殖、水产捕捞、水产品保鲜与综合利用、渔业水域环境保护、渔船、渔业机械与仪器、渔业经济与技术管理以及基础研究等方面的论文, 调查报告, 研究简报, 综述与评述, 简讯等, 并酌登学术动态和重要书刊的评价等。目前《上海水产大学学报》已同时被中文核心期刊要目总览定为中文核心期刊、中国科学院文献情报中心定为中国科技论文统计源期刊、中国科学技术信息研究所定为中国科技核心期刊。

本刊为双月刊, 大 16 开, 国内外公开发行。每期定价 10 元。全年定价 60 元(含邮费)。国际标准刊号: ISSN 1004-7271, 国内统一刊号: CN 31-1613/S。国内邮发代号: 4-604, 国外发行代号: 4822 Q。读者可在当地邮局订阅, 也可直接汇款至编辑部订阅。

编辑部地址: 上海市军工路 334 号, 上海水产大学 38 信箱, 邮编 200090

联系电话: 021-65710892, 传真: 021-65710232。E-mail: xuebao@shfu.edu.cn