

不同植物蛋白源饲料对黄鳢生长及肉质的影响

潘望城 龚世园 田 罡

华中农业大学水产学院, 武汉 430070

摘要 以豆粕、菜粕、棉粕为主要植物蛋白源, 配制 3 种蛋白含量为 46% 的配合饲料, 分别饲养人工繁殖的黄鳢苗(体质量 12.56 ± 1.17 g) 60 d, 探讨不同植物蛋白源饲料对黄鳢生长性能与肉质的影响。试验结果表明: 棉粕组黄鳢增重率、特定生长率、蛋白质效率和饲料系数分别为 145.01%、1.47%、88.2% 和 2.46, 在 3 组中生长性能表现最佳, 与其他 2 组差异显著, 豆粕组次之, 菜粕组表现最差; 3 组黄鳢在肝体指数、内脏指数、饱满度方面均没有显著性差异; 豆粕组黄鳢肌肉粗蛋白含量 3 组中最高, 显著高于其他 2 组; 菜粕组黄鳢肌肉粗脂肪含量最高, 显著高于豆粕组与棉粕组; 豆粕组与菜粕组黄鳢在肌肉粗灰分方面并没有显著差异, 棉粕组显著最低。

关键词 黄鳢; 植物蛋白源; 生长; 营养成分; 棉粕

中图分类号 Q 959.482 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2013)05-0084-05

黄鳢(*Monopterus albus*), 也称鳢鱼或田鳊, 主要分布于中国、日本和东亚及其附近的大小岛屿, 是我国比较常见的养殖鱼类。黄鳢对蛋白质需求较高, 其饵料中蛋白质比例最大^[1]。鱼粉是黄鳢饲料中传统的主要蛋白源, 然而由于海洋环境污染和渔业资源的过度捕捞, 使得鱼粉的产量大幅度下降, 鱼粉价格也逐渐上扬, 使养殖成本越来越大, 从而严重制约了黄鳢养殖业的发展。我国农副产品品种多样, 植物性蛋白源来源广泛, 充分利用这些植物蛋白源, 不仅符合我国国情, 也符合当前饲料行业的现状。

有关黄鳢营养需求的研究报道较多^[2-5], 饲料中替代不同植物蛋白源对黄鳢生长的影响也有最新报道, 该报道指出在菜粕、豆粕、棉粕 3 种植物蛋白源中豆粕更有利于黄鳢的生长^[6]。植物蛋白源在其他鱼类饲料的研究报道更是屡见不鲜, 普遍认为, 尽管豆粕、菜粕、棉粕等植物蛋白源含有影响鱼体生长的抗营养因子, 但是根据不同的鱼类在饲料中添加相应适量的豆粕、菜粕或棉粕不会影响甚至于改善鱼体的生长性能, 随着添加量的不断增加会导致各种机体功能的异常^[7]。由于黄鳢对饲料蛋白需求高,

笔者在试验中通过在较高蛋白饲料中替代部分植物蛋白来探讨其对黄鳢生长性能的影响, 以期寻找更适合黄鳢生长的植物蛋白源, 降低饲料成本, 提高养殖效益, 为黄鳢配合饲料的研发和优化进一步提供理论基础。

1 材料与方 法

1.1 试验用鱼与饲料配制

试验鱼为人工繁殖的 1 龄黄鳢, 购买于湖北荆州监利县水产局黄鳢示范基地, 共计 360 尾, 体长 (24.68 ± 0.35) cm, 体质量 (12.56 ± 1.17) g。分别以白鱼粉、发酵豆粕、豆粕、菜粕、棉粕为蛋白源, 配成蛋白质含量为 46% 的配合饲料。饲料采用等能等氮的原则, 饲料中各种原料经过孔径为 0.3 mm 的筛子后充分混匀, 鱼油根据配比逐渐加入到饲料中, 每千克饲料约加水 400 mL, 经过约 30 min 的搅拌后, 将饲料制成直径为 2.0 mm 的长条状, 在室温下烘干, 然后储存在 -20 °C 的冰箱中备用。饲料中各成分含量及营养水平见表 1。

1.2 试验设计与饲养管理

根据投喂的饲料不同, 将试验黄鳢分为豆粕组、

收稿日期: 2012-09-17

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2007BAD37B04)和湖北省重大科技攻关项目(2006AA203A01)

潘望城, 硕士研究生。研究方向: 水产动物营养与生理学。E-mail: panwangcheng@126.com

通讯作者: 龚世园, 教授。研究方向: 水产动物遗传育种、水产动物营养。E-mail: gsy@mail.hzau.edu.cn

菜粕组和棉粕组,每个组设有3个重复,每个重复40尾鱼,均放养在大小一致的水族桶(直径为75 cm,高为80 cm)内。桶内放有适量水花生,试验期间水温为24~28℃,水深控制在55 cm左右,长期保持微循环。试验开始前暂养3 d,再训食5 d,待黄

鳝摄食正常后开始试验,试验期间每天17:00~18:00投喂1次,投喂量为鱼体质量的3%~5%,投喂前加少量水将饲料调制成糜状再进行投喂,具体投喂量酌情增减并以黄鳝每次摄食完为准,试验周期60 d,每天吸污、换水1次。

表1 试验饲料配方及营养水平¹⁾

Table 1 Formulation, proximate composition of the experimental diets

成分 Ingredients	豆粕组 SMP	菜粕组 RMP	棉粕组 CMP	%
白鱼粉 White fishmeal	45	45	45	
豆粕 Soybean meal	19.5	—	—	
菜粕 Rapeseed meal	—	23	—	
棉粕 Cottonseed meal	—	—	20	
发酵豆粕 Fermented soybean meal	17	17	17	
α-淀粉 α-Starch	8.5	8.5	8.5	
甲基纤维素 Methyl cellulose	2.3	—	2.2	
鱼油 Fish oil	0.7	—	0.3	
诱食剂 Feeding promoting agent	1	1	1	
抗氧化剂 Antioxidant	0.05	0.05	0.05	
复合维生素 Vitamin premix	1	1	1	
复合矿物质 Mineral premix	2	2	2	
粘合剂 Binder (CMC)	3.0	2.5	3.0	
营养成分 Nutritional composition				
粗蛋白 Crude protein	46.46	46.18	46.32	
粗脂肪 Crude lipid	3.19	3.23	3.39	
无氮浸出物 Nitrogen free extract	37.31	36.91	37.15	
粗灰分 Crude ash	13.04	13.68	13.14	

1)SMP;Soybean meal group;RMP;Rapeseed meal group;CMP;Cottonseed meal group.

1.3 试验指标测定及数据分析

试验前后分别称量各重复的黄鳝体质量,统计尾数,试验结束后测量黄鳝体质量、体长、肝质量、内脏质量;增重率、特定增长率、蛋白质效率、饲料系数和肥满度的计算参照文献[8]的公式,肝体指数、脏体指数的计算公式如下:

$$\text{肝体指数} = \frac{\text{肝脏质量(g)}}{\text{体质量(g)}} \times 100\%$$

$$\text{脏体指数} = \frac{\text{内脏质量(g)}}{\text{体质量(g)}} \times 100\%$$

并从每个重复内随机取3尾黄鳝的背部肌肉合并成1个测定样本,用于肌肉营养成分分析,饲料成分及肌肉营养成分的测定方法参照国家标准进行,具体为:水分测定采用105℃烘干恒重法(GB/T5009.3-2003);蛋白质测定采用微量凯氏定氮法(GB/5009.5-2003);脂肪测定采用索氏抽提法(GB/T5009.6-2003);灰分测定采用箱式电阻炉550℃灼烧法(GB/T5009.4-2003);无氮浸出物采用减量法计算。

数据统计分析用SPSS15.0软件包进行处理,

描述性统计值用平均值±标准差表示,以 $P < 0.05$ 表示差异显著, $P > 0.05$ 表示差异不显著。

2 结果与分析

2.1 饲料中不同植物蛋白源对黄鳝生长的影响

从表2可以看出,棉粕组黄鳝在增重率、特定增长率、蛋白质效率方面显著高于豆粕组和菜粕组,饲料系数显著低于豆粕组和菜粕组;豆粕组黄鳝的增重率为114.54%($P < 0.05$),与菜粕组之间差异不显著,但特定增长率、蛋白质效率、饲料系数方面显著高于菜粕组,豆粕组黄鳝饲料系数显著低于菜粕组。在整个试验养殖周期过程中,各组黄鳝所摄食的饲料量表现出显著差异,且棉粕组黄鳝摄食量最多($P < 0.05$)。

2.2 饲料中不同植物蛋白源对黄鳝形体指标和内脏指数的影响

从表2中可以看出,试验结束后各组黄鳝的肝体指数、内脏指数、肥满度之间均无显著差异。

2.3 饲料中不同植物蛋白源对黄鳝肌肉营养成分的影响

从表 2 中可以看出,棉粕组黄鳝肌肉水分含量为 77.35%,显著高于豆粕组,与菜粕组差异不显著;豆粕组黄鳝肌肉蛋白质含量最高(19.91%),显

著高于菜粕组和棉粕组,菜粕组与棉粕组之间差异不明显;菜粕组的粗脂肪含量为 3.16%,显著高于豆粕组和棉粕组,豆粕组与棉粕组之间差异不显著;棉粕组黄鳝肌肉粗灰分含量显著低于豆粕组和菜粕组,豆粕组与菜粕组之间无显著差异。

表 2 饲料中不同植物蛋白源对黄鳝生长、内脏指数、形体指标和肌肉营养成分的影响¹⁾

Table 2 Growth, condition factor, visceral index and muscle nutrition of *Monopterus albus* fed with the experimental diets

指标 Index	豆粕组 SMP	菜粕组 RMP	棉粕组 CMP
平均初体质量/g Initial body weight	12.51±0.12 a	12.41±0.07 a	12.62±0.08 a
平均末体质量/g Final body weight	26.83±0.18 a	25.30±0.19 a	30.92±0.25 b
增重率/% Weight gain	114.54±0.64 a	103.95±0.40 a	145.01±0.35 b
耗料/kg Diet consumption	1.50	1.26	1.73
饲料系数 Feed coefficient ratio	2.60±0.01 a	2.70±0.02 b	2.46±0.04 c
蛋白质效率/% Protein efficiency ratio	83.5±0.1 a	80.4±0.5 b	88.2±1.6 c
特定生长率/% Specific growth ratio	1.25±0.05 a	1.17±0.03 b	1.47±0.02 c
肝体比/% Hepatosomatic index	3.38±1.54	3.69±0.20	3.34±0.74
内脏比/% Viscerasomatic index	8.06±1.89	8.22±0.79	8.20±1.11
肥满度/% Condition factor	0.094±0.002	0.097±0.001	0.095±0.001
水分 Moisture	76.23±0.52 a	76.79±0.43 ab	77.35±0.50 b
粗蛋白 Crude protein	19.91±0.27 a	18.84±0.37 b	18.63±0.44 b
粗脂肪 Crude fat	2.30±0.05 a	3.16±0.06 b	2.53±0.06 a
粗灰分 Crude ash	0.90±0.02 a	0.93±0.02 a	0.77±0.02 b

1) 同一行数据后不同小写字母表示组间有显著差异($P<0.05$) Values in the same row with different letters are significantly different($P<0.05$).

3 讨 论

植物粕类中存在的抗营养因子会影响水产动物的生长,长期使用也会影响其风味。到目前为止,有关棉粕在水产动物饲料中的研究报道较多。Fowler^[9]在银大麻哈鱼(*Oncokhynchus kisutch*)饲料中添加 22% 的棉籽粕发现对其生长没有影响;任维美^[10]将尼罗罗非鱼(*Tilapia nilotica*)饲料中 50% 的鱼粉用棉籽粕替代来投喂,发现其生长性能与对照组没有显著差别;姜光明^[11]曾报道当异育银鲫(*Gibel carp*)在饲料中棉粕含量为 40% 时,生长性能最好,并且显著优于对照组;王托^[12]在饲料中用棉粕替代 8% 的鱼粉投喂凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)发现其增重率和特定生长率最高,并且好于鱼粉组。沈维华^[13]认为,从常见的若干种鱼来看,饲料中 30% 以下的棉粕用量都是安全无害的。在黄鳝方面,田罡等^[6]在 3 种植物蛋白源对黄鳝生长的研究中指出棉粕的表现不如豆粕,但显著优于菜粕。在本试验条件下,黄鳝摄食含有 20% 棉粕的饲料,其增重率等方面都要表现得最佳,显著优于豆

粕组和菜粕组的黄鳝($P<0.05$),导致这一结果的重要原因可能是棉粕组饲料在 3 组试验饲料中对黄鳝适口性最好,诱导黄鳝吃食效果好,从而摄食多,显著高于其他两组($P<0.05$),加之棉粕蛋白质含量较高,氨基酸较为平衡,使之获得了不错的摄食与生长效果。这一结果与田罡等^[6]的报道不符,这可能与试验饲料的蛋白含量设计不同有关;在其他水产动物饲料研究方面,也与叶元土等^[14]和伍代勇^[15]的研究不符;然而文华等^[16]曾经直接用棉粕、菜粕、豆粕投喂草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*),试验结果显示棉粕诱导草鱼摄食的效果最好,棉粕组黄鳝增重率和饲料系数都要好于豆粕组和菜粕组,与本试验结果相似。此外,陈权文^[17]研究报道,棉粕组中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)生长优于豆粕组和菜粕组,但不显著;林仕梅^[18]研究发现,棉粕组奥尼罗非鱼(*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*)生长表现与豆粕组差别不大,但都显著优于菜粕组。

有关豆粕在黄鳝配合饲料中的研究报道还比较少,曹志华等^[19]研究指出,黄鳝饲料中豆粕含量在 15.0% 以内,鱼粉含量在 30% 以上,不会对黄鳝生

长有显著的影响。在本试验中,增重率方面豆粕组黄鳝要高于菜粕组,但差异并不显著,在特定增长率、蛋白质效率、饲料系数方面豆粕组则要显著优于菜粕组($P < 0.05$),造成这一结果发生的原因可能是豆粕较菜粕蛋白质品质更加优良,适口性更加好。田罡等^[6]通过试验也得出在黄鳝饲料中替代豆粕的效果要显著好于菜粕;草鱼饲料研究方面,叶元土等^[14]发现豆粕替代鱼粉的效果显著优于菜粕;伍代勇^[15]研究指出,在凡纳滨对虾饲料中分别用豆粕、菜粕等氮替代部分鱼粉,豆粕组虾的生长要显著优于菜粕组;这些研究的结果都与本试验结果一致。

本试验中,菜粕组黄鳝无论是生长性能还是饲料系数都要显著差于其他两组($P < 0.05$),究其原因,很有可能是因为菜粕与豆粕和棉粕相比,其品质和适口性要差,直接导致黄鳝生长性能相对较差。但有关菜粕在水产饲料中的研究已经报道很多,普遍认为在饲料中替代适量的菜粕不会影响甚至于可改善鱼体的生长性能^[20-21]及免疫机能^[22-23]。

本试验中,豆粕组黄鳝肌肉营养成分中粗蛋白显著高于棉粕组和菜粕组($P < 0.05$),可能是由于豆粕氨基酸更加丰富,黄鳝对各种氨基酸特别是赖氨酸的吸收更好,对豆粕中蛋白质的消化率高于菜粕和棉粕。而摄食含有菜粕的饲料的黄鳝,其肌肉粗脂肪含量显著高于其他两组($P < 0.05$),在试验后解剖黄鳝可以观察到,与其他两组相比,菜粕组黄鳝的腹腔和肠壁上附有更多的脂肪。从本试验得出的结果来看,各组黄鳝在形体指标和内脏指数方面并没有表现出显著性差异($P > 0.05$),所以,在本试验条件下,不同植物蛋白源对黄鳝的形体和内脏的作用并没有显著差别;这一结果与上述田罡等^[6]对黄鳝的研究结果一致,同时林仕梅^[18]也在奥尼罗非鱼的饲料研究中指出,豆粕、棉粕、菜粕、花生粕对其肥满度和脏体比的作用也都没有显著差异,其中豆粕组罗非鱼肌肉蛋白质水平最高,都与本试验结果一致;甲壳类方面,伍代勇^[15]在凡纳滨对虾的饲料研究表明,豆粕组虾肌肉粗蛋白含量要比棉粕组和菜粕组要高,也与本试验结果基本吻合,菜粕组虾粗脂肪含量显著低于其他两组,与本试验结果不同,形体方面,菜粕组对虾虾体相对偏瘦,各试验组之间肝体比没有显著性差异,与本试验结果差别不大。

因此,综合分析本试验的结果和饲料原料的价格,笔者建议,从黄鳝养殖的实际情况出发,在黄鳝

饲料中,与豆粕与菜粕相比,添加适量的棉粕替代鱼粉作为蛋白源养殖效益会更好,达到节省鱼粉用量、降低饲料成本,同时获得不错的黄鳝生长性能的目的。有关黄鳝饲料中的最适棉粕含量或不同植物蛋白源之间搭配效果还有待进一步研究论证。

参 考 文 献

- [1] 祝文根,吴早保.黄鳝养殖的几个关键问题[J].江西水产科技,2006(1):48.
- [2] 李瑾,何瑞国,张世萍,等.不同饲料蛋白源对幼鳝生长和饲料利用的影响初探[J].饲料工业,2011,22(8):11-14.
- [3] 任伟毅,林忠焯,曹成全.三种高蛋白活体动物饲料对黄鳝生长的影响[J].湖北农业科学,2012,51(15):3284-3286.
- [4] 陈芳,杨代勤,阮国良,等.黄鳝配合饲料的研制及饲养试验[J].水利渔业,2005,25(5):77-78.
- [5] 袁汉文,郝立平,龚世园,等.低蛋白含量饲料对黄鳝生长和性转变的影响[J].湖北农业科学,2012,51(1):139-142.
- [6] 田罡,龚世园,潘望城,等.三种植物蛋白源对黄鳝生长和肌肉营养成分的影响[J].湖北农业科学,2013,52(5):1109-1112.
- [7] 艾庆辉,谢小军.水生动物对植物蛋白源利用的研究进展[J].中国海洋大学学报,2005,35(6):929-935.
- [8] 赵巧娥,朱邦科,沈凡,等.饲料脂肪水平对鳃幼鱼生长、体成分及血清生化指标的影响[J].华中农业大学学报,2012,31(3):357-363.
- [9] FOWLER L G. Substitution of soybean and cottonseed products for fish meal in diets fed to Chinook and coho salmon [J]. Progressive Fish Culturist,1980,42:87-91.
- [10] 任维美.罗非鱼饲料中棉籽饼的适宜用量[J].饲料研究,2002(11):27.
- [11] 姜光明.异育银鲫对常用饲料蛋白源生物利用性的研究[D].苏州:苏州大学水产研究所,2009.
- [12] 王托.凡纳滨对虾对棉粕及菜粕的利用研究[D].湛江:广东海洋大学水产学院,2010.
- [13] 沈维华.棉籽粕的营养价值及在鱼饲料中的应用[J].湖北农业科学,1995(1):63-66.
- [14] 叶元土,蔡春芳,蒋蓉,等.鱼粉、豆粕、菜粕、棉粕、花生粕对草鱼生长和生理机能的影响[J].饲料工业,2005,26(12):17-21.
- [15] 伍代勇.四种植物蛋白源对凡纳滨对虾生长、氨基酸沉积和非特异性免疫力的影响[D].苏州:苏州大学水产研究所,2007.
- [16] 文华,袁明雄,游文章.单一饲料饲养草鱼的效果及其营养价值评价[J].淡水渔业,2000,30(2):37-41.
- [17] 陈权文.中华绒螯蟹对常用饲料蛋白源的利用性研究[D].苏州:苏州大学水产研究所,2009.
- [18] 林仕梅.奥尼罗非鱼对植物蛋白源利用及提高利用率途径的研究[D].青岛:中国海洋大学水产学院,2007.
- [19] 曹志华,罗静波,文华,等.豆粕替代部分鱼粉对黄鳝生长性能的影响[J].湖北农业科学,2008,47(9):1068-1069.

- [20] DAVIES S J, MCCONNELL S, BATESON R I. Potential of rapeseed meal as an alternative protein source in complete diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus* Peters) [J]. *Aquaculture*, 1990, 87: 145-154.
- [21] LIM C, KLESIUS P H, HIGGS D A. Substitution of canola meal for soybean meal in diets for channel catfish (*Ictalurus punctatus*) [J]. *Journal World Aquaculture Society*, 1998, 29 (2): 161-168.
- [22] 张明明, 文华, 蒋明, 等. 饲料菜粕水平对吉富罗非鱼幼鱼生长、肝脏组织结构和部分非特异性免疫指标的影响 [J]. *水产学报*, 2011, 35(5): 748-753.
- [23] 赵飞, 吴志新, 陈孝焯, 等. 菜籽粕替代豆粕对异育银鲫非特异性免疫机能的影响 [J]. *华中农业大学学报*, 2012, 31(2): 237-242.

Effect of different plant protein sources on growth performance and muscle nutrition in *Monopterus albus*

PAN Wang-cheng GONG Shi-yuan TIAN Gang

College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

Abstract A 2-month feeding experiment was conducted to evaluate the effects of different plant protein sources on growth performance in rice field eel, *Monopterus albus*. Soybean meal, rapeseed meal, cottonseed meal and white fish meal, fermented soybean meal were used as the main protein source. Three diets with 46% total protein from different plant resources were formulated to fed the fish with an average weight of 12.56 ± 1.17 g. The results showed that eel had the best performance in weight gain, specific growth rate, protein efficiency ratio and feed conversion ratio in the cottonseed meal group (CMP). In the soybean meal group (SMP), the crude protein content of eel muscle was significantly higher than the CMP group and rapeseed meal group (RMP). In the RMP group, the crude fat content of eel muscle was significantly higher than the other two groups. There were no significant differences of viscerasomatic index, hepatosomatic index, condition factor among different treatments.

Key words *Monopterus albus*; plant protein sources; growth; nutrition constituent; cottonseed meal

(责任编辑:边书京)