

The Breeding Effects Study of Four Plant-Protein Materials for Red Tilapia, *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus* in Pond

Qiangyin Han, Guiping Gao, Jian Feng*

Aquatic Animal Institute of Guangxi University, Nanning Guangxi
Email: *fengjian08@163.com

Received: Mar. 12th, 2017; accepted: Mar. 28th, 2017; published: Mar. 31st, 2017

Abstract

An experiment was conducted to determine the breeding effects of four plant-protein materials for red tilapia, *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus* in Pond. During 60-day period, 24,000 red tilapia with initial mean weight ca. 175 g were divided into four test groups, soybean meal group (test group 1), rapeseed meal group (test group 2), cottonseed meal group (test group 3), peanut meal group (test group 4), and were fed in three ponds. Each pond was divided into four culture zones breed 4 group fish. Each group fish set up three parallel zones and each culture zone ranged 2000 fish. Water temperature was 28°C ± 3.0°C. The experimental results indicated that the survival ratios (SR) of fish in soybean meal group, rapeseed meal group and peanut meal group were significantly higher than fish in cottonseed meal group ($P < 0.05$). The specific growth ratios (SGR) and feed efficiency (FE) of fish in soybean meal group, rapeseed meal group or peanut meal group were significantly higher than fish in cottonseed meal group ($P < 0.05$). However, in comparison with fish at soybean meal group, the breed aquatics efficiency (BAE) of fish at rapeseed meal group, cottonseed meal group and peanut meal group were 97.13%, 78.85% and 92.53%. The ratios of fat deposition in mesentery and liver in fish at peanut meal group or cottonseed group were significantly higher than fish at soybean group and rapeseed meal group ($P < 0.05$), but the biochemical forms of all test groups were similar ($P > 0.05$). No toxicity damages were found in fish at the four groups through checking multiple clinic related biochemical indexes of plasma and many histological examinations, and except mild or moderate fat degeneration in some liver examples of fish at peanut meal group and cottonseed meal group. The experimental results showed that in above four plant-protein materials as single diet protein resource in diet fed red tilapia with initial mean weight ca. 175 g after 60 days, the effect of breed aquatics with soybean meal was best, then rapeseed meal and peanut meal, cottonseed meal was worst in pond. Rapeseed meal is optimal plant protein material in replace of soybean meal in the diet of red tilapia. The diets with great deal rapeseed meal, cottonseed meal or peanut meal were safe for red tilapia.

Keywords

Red Tilapia *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*, Pond, Plant-Protein, Nutrition

*通讯作者。

四种主要饲料植物蛋白原料对彩虹鲷池塘养殖生长性能与品质的影响研究

韩强音, 高桂平, 冯 健*

广西大学水产研究所, 广西 南宁

Email: *fengjian08@163.com

收稿日期: 2017年3月12日; 录用日期: 2017年3月28日; 发布日期: 2017年3月31日

摘要

本实验研究了四种植物蛋白原料鱼塘养殖彩虹鲷效果。24,000尾初始体重约为175g彩虹鲷(*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*)养殖于3口鱼塘中60 d, 每口鱼塘均分为4个养殖区养殖4组不同实验组鱼, 每实验组设3个平行养殖区, 每个养殖区放养2000尾彩虹鲷, 水温为28.8℃ + 3.0℃。实验分4组, 分别为大豆粕组(实验1组)、菜籽粕组(实验2组)、棉籽粕组(实验3组)和花生粕组(实验4组)。实验表明: (1)大豆粕组、菜籽粕组和花生粕组彩虹鲷成活率明显高于棉籽粕组($P < 0.05$)。大豆粕组、菜籽粕组和花生粕组鱼特定生长率和饲料效益明显高于棉籽粕($P < 0.05$)。菜籽粕、棉籽粕组和花生粕组鱼其综合养殖效益为大豆粕组的97.13%, 78.85%和92.53%; (2)花生粕组和棉籽粕组鱼肠系膜和肝脏中脂肪沉积明显多于菜籽粕和大豆粕组($P < 0.05$), 实验各组彩虹鲷肌肉生化组成相似, 组间无显著差异; (3)实验各组彩虹鲷多项血液相关生化指标、免疫学指标和组织学检查反映鱼体无毒性损害, 仅花生粕组和棉籽粕组少部分鱼肝脏有轻度或中度脂肪变性。实验结果认为, 在鱼塘中利用4种植物蛋白原料作为单一日粮蛋白源养殖规模约175 g彩虹鲷60 d后, 大豆粕养殖效果最好, 菜籽粕和花生粕其次, 棉籽粕最差。但使用菜籽粕替代大豆粕可明显提高养殖经济效益, 节约饲料成本。在彩虹鲷饲料中大量使用菜籽粕、棉籽粕与花生粕是安全的。

关键词

彩虹鲷, 池塘, 植物蛋白, 营养

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

我国是世界最大淡水鱼养殖消费与饲料生产地区, 同时也是饲料蛋白原料短缺国家, 作为淡水鱼传统植物蛋白原料大豆粕大部分依赖进口, 近年来, 大豆粕价格急剧上升且波动很大, 这给广大生产淡水鱼饲料厂家造成了饲料成本上升与经营风险。菜籽粕、棉籽粕和花生粕是我国原产大宗植物饲料蛋白原料, 资源丰富且较大豆粕价格低廉, 已逐步在淡水鱼饲料中使用, 但对其在淡水鱼中实际养殖效果、适宜添加量、菜籽粕、棉籽粕原料中毒素对鱼可能产生的毒性损害和食品安全性的影响成为许多饲料生产厂家关注的问题。目前, 我国对淡水鱼利用植物蛋白原料的研究数据主要是通过水族箱和水泥池封闭循环系统取得的, 这与淡水鱼实际的鱼塘养殖效果可能存在较大差异。罗非鱼是典型的温水型鱼类, 为世

界范围内 3 种主要养殖鱼类之一[1]，也是我国广东、广西与海南地区主要淡水养殖和出口鱼类。随着近年来罗非鱼养殖的迅猛发展，罗非鱼配合饲料产量急剧上升，已成为该地区饲料厂生产的鱼料主要品种之一。基于以上原因，我们选择了大豆粕、棉籽粕、菜籽粕和花生粕这 4 种常用的植物蛋白原料，进行彩虹鲷鱼塘养殖实验。其目的在于为广大的饲料厂家生产罗非鱼配合饲料时选择适宜的植物蛋白原料提供有关数据，以降低生产成本、保障商业饲料的品质和鱼的健康生长与食品安全性。

2. 材料与方 法

2.1. 实验鱼与饲养管理

24,000 尾初始体重约为 $174.6 \text{ g} \pm 12.3 \text{ g}$ 实验彩虹鲷由广州珠江实验鱼场提供。将 3 口面积为 8.52、8.91 和 8.70 亩，平均水深为 1.45 米的规整方型鱼塘，底部挖沟，塘中打桩拉不锈钢密网，网底部埋入 20 cm 于塘泥中，将每口鱼塘平均划分为 4 个相同面积的实验区域，每个实验区域保持相同的水质条件与养殖水面积。每个实验区域放养 2000 尾彩虹鲷，每实验组安排 3 个平行实验区域(每口塘 1 个)。实验鱼投放实验区域后，暂养 7 天后开始正式实验。实验期每天投喂二次，分别为 9:00 和 16:00，投饲率为总体重的 3% 左右。每周用抄网捕捞各实验区域一定数量罗非鱼称重，调整投饲量。饲养期为 45 d。每天记录水温。每天定时用水车式充氧机充气 8~10 小时，水温为 $28.8^{\circ}\text{C} \pm 3.0^{\circ}\text{C}$ ，其水质条件为溶解氧为 $7.55 \text{ mg/l} \pm 0.28 \text{ mg/l}$ ， $\text{Ph}6.8 \pm 0.1$ ，氨氮为 $0.2 \text{ mg/l} \pm 0.02 \text{ mg/l}$ ，总硬度为 1.69 ± 0.17 ，钙含量为 $29.2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \pm 0.9 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ，亚硝酸盐为 $0.117 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \pm 0.08 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ，硝酸盐为 $0.121 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \pm 0.018 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

2.2. 试验日粮组成

试验日粮组成组成见表 1，其营养标准参照 NRC2007 年版[2]。试验日粮设计蛋白质水平为 28% 左右，消化能为 2800 kcal/kg 左右。共设计实验 1、2、3 组共 4 组试验日粮。实验 1 组日粮以广东大豆粕为蛋白源、实验 2 组日粮以湖北菜籽粕为蛋白源、实验 3 组日粮以新疆棉籽粕为蛋白源、实验 4 组日粮以广东花生粕为蛋白源实验期为 60 天。饲料原料经粉碎过 60 目筛，用制粒机制成直径为 4 mm 的硬颗粒沉性饲料备用。饲料的组成和营养成分见表 1。

2.3. 样品采集和分析

实验开始与结束时各组试验鱼称重、记数。实验结束时称各试验组耗料，计算其相对生长率、存活率与饲料系数。饲养结束后每个试验组 3 个区域各取 6 尾鱼，共 18 尾鱼，分别称重，测量其体长和全长，计算肥满度，取内脏称重计算内脏/躯体比，取肝脏称重计算肝/躯体比、肝脂肪含量，剥离肠脂称重计算肠脂/躯体比，采取血浆，使用日立 7170 自动生化测定仪进行血浆生化指标的测定。取同一部位肌肉烘干，分别采用 105℃ 常压干燥法、微量凯氏定氮法、甲醇-氯仿抽提法、550℃ 灼烧法和 3, 5-二硝基水杨酸法测定肌肉的水分、蛋白、脂肪、灰分。每个试验组 3 个区域各取 2 尾鱼，共取 6 尾鱼肝、肾、背肌、肠、心、脑、脾、鳃组织固定于福尔马林缓冲溶液中，石蜡固定，切片 4 μm，用 H.E 染色法染色观察。

各试验组间数据统计分析采用 SPSS21.0 数据统计包对实验结果进行统计分析，先进行方差齐性分析，方差齐性则运用 LSD 法进行单因素方差多重比较，方差非齐性则采用 Tamhane's T2 法进行单因素方差分析，显著水平采用 0.05，极显著水平采用 0.01。

3. 结果

3.1. 实验各组彩虹鲷的存活率、特定生长率、食物转化率与养殖效益

实验各组彩虹鲷的存活率、特定生长率、食物转化率与养殖效益见表 2。实验表明，大豆粕组、菜

Table 1. Composition of the experimental diets (%)**表 1.** 试验饲料的组成(%)

原料名称 Ingredient	价格(元·吨 ⁻¹) Price(Y/Ton)	实验 1 组 Test group 1	实验 2 组 Test group 2	实验 3 组 Test group 3	实验 4 组 Test group 4
次粉 Wheat meal	1150	25.00	20.00	29.00	29.00
米糠 Rice bran	1200	10.00	10.00	10.00	10.00
大豆粕 Soybean meal	2250	52.50	0.00	0.00	0.00
菜籽粕 Rapeseed meal	1200	0.00	66.50	0.00	0.00
棉籽粕 Cottonseed meal	1600	0.00	0.00	46.00	0.00
花生粕 Peanuts meal	2100	0.00	0.00	0.00	50.30
统糠 Crude rice bran	250	5.80	0.80	8.20	4.20
沸石粉 Zeolite meal	200	3.00	0.00	3.00	3.00
大豆油 Soybean oil	6300	0.00	0.00	0.40	0.00
食盐 Salt	600	0.50	0.50	0.50	0.50
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1400	2.50	1.50	2.20	2.20
胆碱 Choline	4800	0.10	0.10	0.10	0.10
复合矿物质 ¹ Min. premix	4600	0.50	0.50	0.50	0.50
复合多维 ² Vit. premix	56000	0.10	0.10	0.10	0.10
配方成本(元·吨 ⁻¹)		1719.75	1265.55	1365.67	1604.62
主要营养参数% (实际测量值)					
水分 Water		11.2	11.3	11.2	11.1
粗蛋白 Crude protein		28.0	28.2	28.3	27.9
无氮浸出物 carbohydrate		37.2	37.0	36.7	36.4
粗脂肪 Crude fat		2.7	3.0	3.0	3.3
粗灰份 crude ash		9.9	8.0	10.3	9.7
消化能 ³ DE (kcal/kg)		2805	2819	2813	2810

注: 1. 复合矿物质 Minerals premix (%): Ca(HPO₄)₂ 61.71, Na₂(HPO₄)₂ 4.20, NaCl 3.23, K₂SO₄ 16.38, KCl 6.58, FeSO₄ 1.07, Citric acid iron 3.83, MgSO₄ 4.42, ZnSO₄ 0.47, MnSO₄ 0.033, CuSO₄ 0.022, CrCl₂ 0.043, KI 0.022. 2. 复合维生素 Vitamins premix (%): Inositol 2.22, V_C 1.11, V_A 0.83, V_{B1} 0.22, V_{B2} 0.56, V_{B6} 0.06, V_K 0.06, Folic acid 0.02, V_{B12} 0.012, V_{PP} 0.006, V_E 0.44, Cellulose 94.42. 3. 可消化能 DE: Protein = 4.5 kcal·g⁻¹, Fat = 8.5 kcal·g⁻¹, Carbohydrate = 3.5 kcal·g⁻¹.

籽粕组和花生粕组成活率显著高于棉籽粕组($P < 0.05$), 大豆粕组特定生长率最高、其次为菜籽粕组和花生粕组、棉籽粕组最低; 菜籽粕组食物转化率最高、其次为大豆粕组和花生粕组、棉籽粕组最低($P < 0.05$)。作为植物蛋白原料, 大豆粕养殖罗非鱼效果最好, 菜籽粕和花生粕其次, 棉籽粕最差。按成活率、特定生长率及食物转化率综合计算, 日粮中使用菜籽粕、花生粕和棉籽粕其综合养殖效益为大豆粕的 97.13%、78.85%和 92.53%。

3.2. 实验各组彩虹鲷肥满度、肝体比、脏体比、肠脂比和肝脂肪含量

实验各组彩虹鲷肥满度、肝体比、脏体比、肠脂比和肝脂肪含量的结果见表 3。实验表明, 菜籽粕肥满度最高, 其次为大豆粕组、花生粕组和棉籽粕组, 但组间均无显著性差异($P > 0.05$); 棉籽粕组脏体比最高, 其次为花生粕组和菜籽粕, 大豆粕组最低, 但组间均无显著性差异($P > 0.05$); 花生粕组肝体比与肠脂比最高, 其次为棉籽粕组和大豆粕组, 菜籽粕组最低, 且与前 3 组有显著性差异($P < 0.05$); 花生粕组肝脏脂肪含量最高, 其次为棉籽粕组和菜籽粕, 大豆粕组最低。在 4 种植物蛋白原料中, 花生粕和棉籽粕较大豆粕和菜籽粕在彩虹鲷内更多脂肪沉积在肝脏和肠系膜中。

Table 2. The initial mean weight (IMW), final mean weight (FMW), specific growth ratios (RGR), survival ratios (SR), feed efficiency (FE) and breed aquatics efficiency (%) (BAE) in fish in each tested group

表 2. 实验各组彩虹鲷的始重、末重、特定生长率、存活率、食物转化率和养殖效率(%)

组别 Group	始重(g) IBW.	末重(g) FBW.	存活率 SR	特定生长率 SGR	食物转化率 FE	养殖效率比 BAE
实验 1 组 Test group 1	174.3 ± 8.6	445.1 ± 17.9	99.65 ± 0.32 ^a	1.56 ± 0.05 ^a	57.47 ± 2.11 ^a	100.00
实验 2 组 Test group 2	178.0 ± 7.9	440.2 ± 18.4	99.55 ± 0.28 ^a	1.51 ± 0.11 ^{ab}	58.48 ± 1.97 ^a	97.13
实验 3 组 Test group 3	169.5 ± 8.2	403.6 ± 17.4	96.70 ± 1.58 ^b	1.44 ± 0.03 ^b	50.76 ± 3.01 ^b	78.85
实验 4 组 Test group 4	176.5 ± 9.3	431.7 ± 19.1	98.98 ± 0.37 ^a	1.49 ± 0.06 ^{a,b}	56.82 ± 2.56 ^a	92.53

注: 同一列数据右上角不同上标小写字母代表有显著差异 ($P < 0.05$), 大写字母代表有极显著差异($P < 0.01$)。存活率(%) = 终末尾数/初始尾数 × 100, 特定生长率 = $100 \times (\ln w_2 - \ln w_1) / t$, 摄食率 = $100 \times C / [t \times (w_1 + w_2) / 2]$, 食物转化率 = $100 \times (w_2 - w_1) / C$, 养殖效益 = 存活率 × 特定生长率 × 食物转化率。其中 w_1 代表各组鱼的初均重, w_2 代表各组鱼的末均重, t 代表摄食时间, C 代表总摄食量。

Table 3. The degree of grossness, the ratios of bowel/body, fat in mesentery/body and liver/body, content of lipid in liver in fish in each tested group

表 3. 实验各组彩虹鲷的肥满度、脏体比、肠脂比、肝体比和肝脏脂肪含量

组别 Group	肥满度 DG	脏体比 RBB	肠脂比 FMB	肝体比 LB	肝脂肪含量 CLL
实验 1 组 Test group 1	3.57 ± 0.24	6.20 ± 1.18	1.97 ± 0.26 ^{ac}	1.58 ± 0.11 ^{ac}	13.96 ± 2.65 ^{ab}
实验 2 组 Test group 2	3.88 ± 0.29	6.94 ± 1.21	1.48 ± 0.22 ^b	1.32 ± 0.09 ^a	17.16 ± 2.30 ^{bc}
实验 3 组 Test group 3	3.40 ± 0.39	7.62 ± 0.97	2.41 ± 0.31 ^c	1.86 ± 0.23 ^c	20.12 ± 2.68 ^c
实验 4 组 Test group 4	3.52 ± 0.22	7.04 ± 1.32	2.56 ± 0.33 ^c	1.93 ± 0.31 ^c	26.97 ± 3.17 ^d

注: 同一行数据右上角不同上标小写字母代表有显著差异 ($P < 0.05$).

3.3. 实验各组彩虹鲷肌肉水分、脂肪、蛋白质、灰份含量

各试验组彩虹鲷肌肉水分、脂肪、蛋白质、灰份含量见表 4。从表 4 可以看出, 主要差异为棉籽粕组罗非鱼肌肉脂肪含量较高, 而蛋白质含量较低, 但组间均无显著性差异($P > 0.05$)。

3.4. 实验各组彩虹鲷血浆生化指标的变化

实验各组彩虹鲷血浆中谷草转氨酶、碱性磷酸酶、胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白、低密度脂蛋白、白蛋白和葡萄糖的结果见表 5。实验表明, 实验各组彩虹鲷血浆中上述血浆生化指标相似, 无显著差异($P < 0.05$), 肝脏与肾脏功能无异常。

3.5. 实验各组彩虹鲷解剖与组织学变化

实验结束时剖解可见, 实验各组彩虹鲷无明显大体病变, 仅少数花生粕与棉籽粕组鱼肝脏有轻度肿大与发黄, 部分着色不均匀。肝脏组织切片观察结果见表 6, 部分花生粕与棉籽粕组肝细胞浆内出现较

Table 4. The content of water, lipid, protein and ash (%) with muscle in fish in each tested group

表 4. 实验各组彩虹鲷肌肉水分、脂肪、蛋白质与灰份含量(%)

组别 Group	水分 water	蛋白质 protein	脂肪 lipid	灰分 ash
实验 1 组 Test group 1	77.48 ± 0.55	17.58 ± 0.38	3.84 ± 0.18	1.19 ± 0.03
实验 2 组 Test group 2	77.68 ± 1.13	17.94 ± 0.22	3.81 ± 0.26	1.18 ± 0.02
实验 3 组 Test group 3	77.91 ± 1.01	17.39 ± 0.49	4.08 ± 0.14	1.17 ± 0.02
实验 4 组 Test group 4	77.57 ± 0.72	17.73 ± 0.17	3.85 ± 0.19	1.18 ± 0.03

注: 同表 3。

Table 5. Biochemical index of plasma in fish in each tested group

表 5. 实验各组彩虹鲷血浆的生化指标

组别 Group	实验 1 组 Test group 1	实验 2 组 Test group 2	实验 3 组 Test group 3	实验 4 组 Test group 4
谷草转氨酶 $u \cdot L^{-1}$ AST $u \cdot L^{-1}$	121 ± 69	137 ± 53	102 ± 42	125 ± 65
碱性磷酸酶 $u \cdot L^{-1}$ APT $u \cdot L^{-1}$	31 ± 9	29 ± 17	36 ± 15	31 ± 16
甘油三酯 $nmol \cdot L^{-1}$ TG $nmol \cdot L^{-1}$	1.78 ± 0.54	1.63 ± 0.44	1.01 ± 0.32	1.48 ± 0.47
胆固醇 $nmol \cdot L^{-1}$ CHOL $nmol \cdot L^{-1}$	8.26 ± 1.65	6.56 ± 1.08	6.40 ± 0.95	6.22 ± 1.04
高密度脂蛋白 $g \cdot L^{-1}$ HDL-C $g \cdot L^{-1}$	2.02 ± 0.25	2.22 ± 0.23	2.19 ± 0.29	2.38 ± 0.34
低密度脂蛋白 $g \cdot L^{-1}$ LDL-C $g \cdot L^{-1}$	0.86 ± 0.18 ^b	0.97 ± 0.24	0.74 ± 0.19	0.86 ± 0.20
白蛋白 $g \cdot L^{-1}$ ALB $g \cdot L^{-1}$	10.30 ± 1.36	10.89 ± 2.09	9.50 ± 1.63	10.00 ± 1.28
葡萄糖 $g \cdot L^{-1}$ GLU $g \cdot L^{-1}$	7.50 ± 0.60	7.40 ± 0.93	7.33 ± 1.14	6.82 ± 0.94

注: 同表 3。

Table 6. Pathological changes of liver in fish in each tested group**表 6.** 实验各组彩虹鲷肝脏病理组织变化

组织病理变化	实验 1 组	实验 2 组	实验 3 组	实验 4 组
肝细胞脂肪变性	6-	6-	3-, 2+, 1 ++	3-, 2+, 1++

注：-为未见病变，+为轻度病变，++为中度病变。

多细微至明显的脂滴，为轻度或中度的脂肪变性。肾、背肌、肠、心、脑、脾、鳃组织，未观察到有异常病理变化。

4. 讨论

1) 鱼塘养殖实验是鱼类营养研究的重要环节，不同于水泥池与水族箱的小水域循环封闭养殖系统，鱼塘养殖实验是建立在现有养殖模式基础上，其实验鱼放养密度、水质条件和水温、投饵量与投饵方式、饲料制作、生产管理均与生产实际基本一致[1] [2] [3]。在水泥池与水族箱的小水域循环封闭养殖系统中，实验鱼生长较鱼塘养殖明显缓慢，因为一般鱼塘中 20%~60% 鱼体生长所需的营养物质是由浮游生物和水中植物等提供，而在水泥池与水族箱的环境下缺乏这一重要食物链[1] [3] [4] [5]。所以，鱼塘养殖实验结果更符合鱼类营养的实际情况，对准确确定鱼类营养需要与标准起重要的补充及修正作用。在鱼类商业饲料的研制过程中，鱼塘养殖实验是必不可少的重要步骤，只有达到满意的鱼塘养殖效果才能市场中推广与应用[4] [5] [6] [7]。由于鱼塘养殖营养实验须耗费大量人力物力，目前我国鲜见精确的规模鱼塘营养实验研究报道。

2) 通过本实验结果看来，4 种常见的植物蛋白原料中，大豆粕和菜籽粕养殖彩虹鲷成活率、相对生长率和饲料效益最高，效果最好，花生粕其次，棉籽粕最差。通过对上述 4 种单一植物蛋白原料组成的相同蛋白与能量的日粮配方分析，其原因为 4 种不同植物蛋白原料所产生的养殖效果差异与饲料中氨基酸组成不同有关，在 4 种植物蛋白原料中，大豆粕氨基酸利用指数最高，菜籽粕其次，棉籽粕与花生粕最低[1]。通过分析肝脏与肌肉中蛋白质与脂肪含量，也可以看出，大豆粕与菜籽粕在彩虹鲷体内更多地合成蛋白质，而棉籽粕与花生粕中蛋白质更多转化为脂肪沉积在肝脏、肠系膜和肌肉中。按成活率、特定生长率及食物转化率综合计算，日粮中使用菜籽粕、花生粕和棉籽粕其综合养殖效益为大豆粕的 97.13%、78.85% 和 92.53%。但在这 4 种植物蛋白原料中，大豆粕市场价格比菜籽粕、棉籽粕与花生粕贵 100%~10%，且波动性大，在商业饲料中难以大量使用。如果完全使用菜籽粕替代大豆粕，在相同的养殖效果下，每吨饲料将节约 30% 以上成本，而使用棉籽粕与花生粕与大豆粕成本效益基本相似。

3) 另一方面，本实验表明，在循环水族箱系统中，通过利用饲料原料消化率选择与评价商业饲料原料的营养价值有值得商榷的地方。在循环水族箱系统中，罗非鱼对大豆粕与花生粕的消化率一般在 95% 以上，而菜籽粕与棉籽粕在 80% 以下[1] [8]，但在本实验中，实际养殖效果并不与上述原料消化率差异有明显的相关性。这是因为消化率并不能代表实际生长率，并不能反映出上述原料在实际鱼塘养殖效果，在鱼塘天然食物链与自然环境中评估饲料原料的营养价值，应该是最直接和精确的方法，对选择合适的商业饲料原料与配方有着重要意义。所以国外研究人员十分重视鱼塘营养研究，其相关数据对鱼类营养标准的制订与修改起到不可缺少的重要作用[1] [8]。

4) 在罗非鱼饲料中大量使用菜籽粕和棉籽粕时，人们往往担心这 2 种植物蛋白原料中的毒素可能对罗非鱼产生的毒性损害。但在本实验中，大量使用这 2 种植物蛋白原料后，并未发现引起罗非鱼发病死亡与生长障碍，其多项血浆临床生化指标，肝脏、肾脏功能和多种组织结构也未见异常，这可能因为罗非鱼对棉籽粕中棉酚毒性耐受力强和罗非鱼肠道中缺乏分解菜籽粕中硫醇的微生物，而不能吸收毒物有

关[1]。所以在罗非鱼日粮中大量使用这两种植物蛋白原料是安全的。综上所述,在4种植物蛋白原料中,大豆粕与菜籽粕养殖罗非鱼效果最好,花生粕其次,棉籽粕最差。但从养殖综合效益来看,在罗非鱼饲料中使用菜籽粕替代大豆粕可明显降低成本,提高经济效益。同时,在罗非鱼饲料中大量使用菜籽粕与棉籽粕养殖罗非鱼是安全的。

参考文献 (References)

- [1] Halver, J.E. (2003) Fish Nutrition. 2nd Edition, Academic Press, INC., Cambridge, 645-658.
- [2] Little, D.C. and Edwards, P. (2004) Impact of Nutrition and Season on Pond Culture Performance of Mono-Sex and Mixed-Sex Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, **232**, 279-292.
[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00482-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00482-4)
- [3] Moriarty, D.J.W. (1997) The Role of Microorganisms in Aquaculture Ponds. *Aquaculture*, **151**, 333-349.
[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(96\)01487-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01487-1)
- [4] Allen, G.L., Rowland, S.J., Mifsud, C., *et al.* (2000) Replacement of Fish Meal in Diets for Australian Silver Perch, *Bidyanus bidyanus*: V. Least-Cost Formulation of Practical Diets. *Aquaculture*, **186**, 327-340.
[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00382-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00382-8)
- [5] Rangacharyulu, P.V., *et al.* (2003) Utilization of Fermented Silkworm Pupae Silage in Feed for Carps. *Bioresource Technology*, **86**, 29-32. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00113-X](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00113-X)
- [6] Oswald, W.J. (1995) Ponds in the Twenty-First Century. *Water Science and Technology*, **31**, 1-8.
[https://doi.org/10.1016/0273-1223\(95\)00487-8](https://doi.org/10.1016/0273-1223(95)00487-8)
- [7] Mazid, M.A., Zaher, M., Begum, N.N., Ali, M.Z. and Nahar, F. (1997) Formulation of Cost-Effective Feeds from Locally Available Ingredients for Carp Polyculture System for Increased Production. *Aquaculture*, **151**, 71-78.
[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(96\)01504-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01504-9)
- [8] (2013) Committee on Animal Nutrition Board on Agriculture National Research Council Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press, Washington D.C., 71.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ojfr@hanspub.org

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：ojfr@hanspub.org