

DOI: 10.3724/SP.J.1035.2011.00467

草鱼幼鱼实用日粮中添加紫花苜蓿草粉效果评价

赵华林 钟 鸣 冯 健 罗 波 赵海祥

(广西大学水产研究所, 南宁 530004)

摘要: 实验旨在评估苜蓿草粉作为草鱼饲料的潜在蛋白原料的可能性。360尾草鱼幼鱼[(8.72±0.34) g]分成6个实验组, 每个实验组3个平行组, 每组20尾鱼, 养殖于250 L循环水族箱中。试验日粮1、2、3、4、5添加2.5%、5%、10%、15%和20%苜蓿草粉, 分别占日粮总蛋白的1.75%、3.50%、7.0%、10.5%和14%。对照组日粮以豆粕、花生粕、棉籽粕和菜籽粕作为对照蛋白源。所有日粮为等蛋白质(粗蛋白28.5%)和等能量(15.92 MJ/kg)。实验期为56d, 实验各组鱼在整个试验期间, 没有出现死亡。2.5%和5%苜蓿草粉日粮组(试验日粮1、2)鱼较对照组鱼生长性能与饲料效益有所提高, 10%组(试验日粮3)与对照组无显著性差异, 但15%和20%日粮组(试验日粮4、5)鱼较对照组鱼显著性下降($P<0.05$)。结果表明, 苜蓿草粉在草鱼日粮中适宜添加量为7.8%, 最多可以添加到10%。

关键词: 草鱼; 苜蓿; 替代; 生长

中图分类号: S963.7 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2011)03-0467-06

在世界人类动物食品领域, 水产养殖是发展最快的, 它以每年10%的速度增长^[1]。为维持这种高增长率, 鱼类饲料必须相应增长^[2]。不断上涨的水产饲料价格被认为是影响水产养殖效益的最重要因素, 由于水产饲料中主要成本为蛋白质原料, 因此在水产饲料中需要不断寻找廉价适宜的蛋白质原料^[3]。这方面大量研究集中在利用传统植物蛋白质原料上, 特别是油料籽粕和豆类, 例如大豆与豆粕, 花生与花生粕, 棉籽粕和油菜籽粕^[4]。然而它们的不足之处在于, 这些传统的植物蛋白质原料同样大量用于人类食品和畜禽饲料消费, 它们的大量消耗也造成了水产饲料蛋白质原料的紧缺和价格上涨^[5]。在水产饲料蛋白质原料中, 为了开发更具有持续经济价值、环保、可再生的资源, 一些与之相关研究朝着评估和利用非传统植物蛋白质原料方向发展。草叶性蛋白质原料资源在全球和中国均很丰富, 我国有悠久的使用草叶饲喂草鱼等淡水鱼类的传统养殖习惯。然而, 目前国内仅见个别关于苜蓿作为鲤鱼(*Cyprinus carpio*)蛋白质饲料原料评价报道^[6]。苜蓿

(*Medicago sativa* L.)属豆科苜蓿属, 多年生草本植物, 被誉为“牧草之王”, 不仅产草量高, 而且品质优良, 具有很高的营养价值, 粗蛋白、维生素和无机盐含量丰富, 动物必需氨基酸含量高^[7]。本试验通过生长与饲料效益, 消化率和鱼体组成, 评估了苜蓿在草鱼实用日粮中作为蛋白质原料中替代部分传统籽粕的效果。

1 材料与方法

1.1 试验鱼和养殖管理

500尾草鱼鱼苗由广西南宁市水产良种场提供, 暂养一周后开始正式分组实验, 这段时间投喂对照组的日粮。取其中360尾为实验鱼, 平均体重为(8.72±0.34) g, 共分18组(6个实验组, 每组3个平行), 每组20尾鱼。试验开始与结束时饥饿1d。每组放养于250 L水族箱中, 水族箱与过滤池、曝气池联系成为一个室内循环系统, 循环流水保持其氧气充足, 每天换水1/3。其系统为12h白天、12h黑夜光周期。整个实验期间水质监测(每天测3次水温;

收稿日期: 2010-01-18; 修订日期: 2010-10-29

基金项目: 广西科技厅基金计划项目 09321022 资助

作者简介: 赵华林(1980—), 男, 山东胶州人; 硕士研究生; 主要从事鱼类营养生理学研究。E-mail: 150002528@qq.com

通讯作者: 冯健, 德国慕尼黑大学博士, 教授; E-mail: fengjian08@163.com

每周测一次水质指标)情况为:水温(28.1±1.6)℃,溶氧量(8.59±0.28) mg/L, pH 7.12±0.08, 氨氮(0.66±0.01) mg/L, 总硬度(2.00±0.04) mg/L, 亚硝酸盐(0.03±0.003) mg/L, 硝酸盐(2.71±0.18) mg/L。试验期为56d。试验开始和结束时分别称量每组鱼体重,每2周称量以校正饲喂水平。每天投喂三次,投喂时间为8:00、13:00、18:00,投喂量以鱼体重的3%—5%称料,平均分成3次投喂,每次把少量饲料多次投入水族箱中,观察实验鱼的进食情况,投喂后2min后若水族箱中仍然有剩余的饲料,则结束投喂并捞出残饵,记录每次残饵数量与每天余料。试验结束前一天停止饲喂。

1.2 实验日粮组成与成分分析

试验各组日粮组成和主要营养成分(表1),其营

养标准参照 NRC(1993)和中国草鱼营养标准^[8, 9]。试验日粮按等氮、等能量的原则设计配制。共设对照组和试验1、2、3、4、5组共6组试验日粮,日粮中分别添加0%、2.5%、5%、10%、15%、20%的苜蓿草粉,分别占日粮总蛋白的1.75%、3.50%、7.0%、10.5%和14%。棉籽粕、菜籽粕、花生粕和大豆粕随各试验组苜蓿含量的增加而等比例下降。苜蓿粉为初花期刈割的新疆紫花苜蓿,经测定其中水分、粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、无氮浸出物以及粗灰分含量分别为:9.2%、20.2%、3.0%、23.7%、35.6%、9.0%。鱼粉为秘鲁鱼粉,大豆粕为美国进口大豆粕,棉籽粕为新疆棉籽粕、菜籽粕为湖北菜籽粕、花生粕为广西花生粕。饲料原料全部经过粉碎,过40目筛,按配比称量后,微量成分采取逐级扩大法添加,

表1 实验日粮的组成和主要营养成分分析
Tab. 1 Composition of the test diets and main nutrients (%)

原料名称 Ingredient	对照组 Control	试验1组 Diet 1	试验2组 Diet 2	实验3组 Diet 3	实验4组 Diet 4	实验5组 Diet 5
统糠 Crude rice bran	11.7	10.6	9.3	6.9	4.6	2.2
次粉 Wheat middling	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
鱼粉 Fish meal	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
棉籽粕 Cottonseed meal	15.9	15.4	15.0	14.1	13.2	12.2
菜籽粕 Rapeseed meal	16.5	16.0	15.6	14.6	13.6	12.7
花生粕 Peanut meal	9.0	8.8	8.6	8.3	7.9	7.6
大豆粕 Soybean meal	9.4	9.2	9.0	8.6	8.2	7.8
苜蓿 Alfalfa	0.0	2.5	5.0	10.0	15.0	20.0
大豆油 Soybean oil	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
磷酸二氢钙 CaH ₂ PO ₄	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
膨润土 Bentonite	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
盐 Salt	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
氯化胆碱 Choline Choline	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
复合矿物 ^a Min.premix. ^a	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
复合多维 ^b Vit. Premix. ^b	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
维C脂 Vc phosphor	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cr ₂ O ₃	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
主要营养成分%(实际测量值) Nutrition Components % (Practice Measure)						
水分 Moisture	9.38	9.27	9.00	9.17	9.70	9.00
粗蛋白 Crude protein	28.42	28.64	28.16	28.80	28.57	28.46
粗脂肪 Crude lipid	7.61	7.83	7.79	7.83	7.30	7.79
无氮浸出物 ^c NFE ^c	35.91	35.43	34.94	35.43	34.56	34.10
粗灰分 Ash	12.64	12.45	12.88	12.45	13.08	12.88
粗纤维 Crude fibre	8.04	8.56	8.93	8.68	9.04	9.77
总能 ^d GE ^d (MJ/kg)	16.03	16.04	15.94	16.04	15.64	15.80

注: ^a草鱼复合矿物盐 Min.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 0.02; ^b草鱼复合维生素 Vit. Premix (%): Inositol 2.22, Vit C 1.11, Calpanate 0.83, Vit. B₁ 0.22, Vit. B₂ 0.56, Vit. B₆ 0.06, Vit. K 0.06, Folic acid 0.02, Vit. B₁₂ 0.012, Vit. H₂ 0.006, Vit. E 0.44, Cellulose 94.42; ^c无氮浸出物 NFE=100-(% protein + % lipids + % ash + % fibre); ^d总能 GE (MJ/kg)=protein×23.6 + lipid×39.5 + NFE×17.6

并与大宗原料混合均匀, 加油和水后再次均匀混合, 用小型颗粒饲料机制成直径为 1.5 mm 的颗粒饲料, 于 65℃ 烘干, 储存在密封塑料袋中, 置于 -20℃ 冰箱内保存直至投喂。

1.3 样品采集和分析

实验开始前取饲料主要原料和各组饲料样品分析其主要营养成分。实验开始与结束时, 对实验各组鱼记数、称重, 计算其存活率和特定生长率。计算每天的余料和残饵数量, 计算其投喂量、饲料效益和蛋白效益。实验结束后每实验组 3 个平行随机各取 3 尾鱼, 共 9 尾, 分别称重, 105℃ 烘干, 用于测定全鱼主要营养成分; 另每实验组 3 个平行随机各取 2 尾鱼, 共 6 尾, 分别称重, 解剖取内脏称重计算内脏/躯体比, 取肝脏称重计算肝/躯体比, 剥离肠脂称重计算肠脂/躯体比。实验日粮和鱼体的水分、粗蛋白、脂肪、粗纤维和灰分含量按 A.O.A.C (1990) 有关标准方法测定^[10]。粗纤维按照 Van Soest, *et al.* 描述的方法进行测定^[11]。每试验组 3 个水族箱共取 9 尾鱼肝脏组织块固定于福尔马林缓冲溶液中, 石蜡固定, 切片 5 μm, HE、钼酸和 PAS 染色观察组织变化。

试验结束前两周采用虹吸法将粪便粒吸出移到培养皿, 然后用镊子将包膜完整的粪便转移到另一干净的培养皿中, 75℃ 烘干粉碎后置于 -20℃ 冰箱保存待测。以 Cr₂O₃ 作内源性指标物质测定消化率, 采用浓硝酸—高氯酸—直接比色法(波长 350 nm)^[8]。使用 HP 分光光度计测定草鱼对各组日粮的表观消化率、蛋白质消化率、脂肪消化率。

1.4 数据处理和分析

有关参数计算公式如下: 成活率(*SR*, %)=实验结束鱼尾数/实验开始时尾数×100, 摄食量(*FI*, g) =

投喂量-饵料量, 特定生长率(*SGR*, %/t)=(Ln *W_f* - Ln *W_i*) × 100/*t*, 饲料转化效益(*FER*)%= (*W_f* - *W_i*)/*F*×100, 蛋白转化效益(*PER*)=(*W_f* - *W_i*) /*P*, 肝体指数(*HSI*)%= *W_h*/*W_t*×100, 内脏指数(*BI*)= *W_b*/*W_t*×100, 肠脂指数(*ISI*)= *W_i*/*W_t*×100^[8]

其中 *W_i* 试验开始时鱼体重(g); *W_f* 试验结束时鱼体重(g); *t* 养殖实验天数 (d); *F* 摄食量; *P* 粗蛋白含量(%); *W_t* 鱼体重量; *W_h* 肝脏质量; *W_b* 内脏质量; *W_i* 肠系膜脂肪重。

采用 SPSS16.0 数据统计软件包对实验各组间数据进行统计分析, 试验结果经过一元方差分析(One-way ANOVA)后, 用平均数±标准差表示。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 *T*₂ 法进行单因素方差分析, 显著水平采用 0.05。然后进行 Duncan's 多重比较各实验组间差异的显著性, *P*<0.05 表示差异显著。

2 结果

2.1 实验各组鱼的饲料摄食量、生长性能和日粮利用率

在整个试验期间, 实验鱼没有出现死亡, 存活率均为 100%。实验各组鱼的摄食量、特定生长率、饲料效率、蛋白效益比(表 2)。从生长性能、饲料效率和蛋白质效率比来看, 日粮中添加 2.5%、5% 苜蓿(试验 1、2 组)时较对照组高, 日粮中添加 10% 苜蓿(试验 3 组)时与对照组无显著性差异。但随着日粮中苜蓿添加量的增加, 草鱼的生长速度减慢, 饲料效率和蛋白质效率下降。当日粮中添加 15% 和 20% 苜蓿(试验 4、5 组)时, 其特定生长率、饲料效率和蛋白质效率比均显著低于对照组(*P*<0.05)。其特定生长

表 2 实验各组鱼的摄食量、特定生长率、饲料效益率和蛋白效益

Tab. 2 The feed intake (*FI*), specific growth rate (*SGR*), feed effectiveness rate (*FER*) and protein effectiveness rate (*PER*) in fish of treatments

组别 Group	始重 <i>IBW</i> (g)	末重 <i>FBW</i> (g)	摄食量 <i>FI</i> (g)	特定生长率 <i>SGR</i> (%/d)	饲料效益率 <i>FER</i> (%)	蛋白效益 <i>PER</i> (%)
对照组 Control	8.67±0.33	18.62±1.08	18.54±1.55	1.36±0.11 ^a	53.67±4.57 ^a	1.90±0.17 ^a
试验 1 组 Diet 1	8.74±0.29	19.03±0.91	18.80±1.18	1.39±0.09 ^a	54.73±3.39 ^a	1.99±0.15 ^a
试验 2 组 Diet 2	8.68±0.38	19.45±1.12	19.86±1.60	1.44±0.12 ^a	54.23±4.57 ^a	2.06±0.41 ^{ab}
试验 3 组 Diet 3	8.68±0.19	17.67±1.12	18.31±1.83	1.27±0.12 ^{ab}	49.10±5.54 ^{ab}	1.74±0.21 ^{ab}
试验 4 组 Diet 4	8.74±0.31	16.16±1.34	16.03±0.64	1.10±0.08 ^b	46.29±1.87 ^b	1.63±0.32 ^b
试验 5 组 Diet 5	8.74±0.27	16.03±0.29	15.61±0.42	1.08±0.04 ^b	46.70±1.19 ^b	1.64±0.05 ^b

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); 下同

Note: Values in the same column having different superscript letters are significantly different (*P*<0.05); the same bellow

率回归方程式为： $Y=0.0002X^3-0.0059X^2+0.0349X+1.8514$ ($R=0.9920$, $R^2=0.9841$, $P=0.024$)。按照回归方程式计算，当日粮中添加 3.5%苜蓿时，草鱼幼鱼获得最大的特定生长率 1.43%/d，当日粮中苜蓿添加量为 7.8%时，其特定生长率与对照组鱼相同。

2.2 实验各组鱼的肝脏变化、内脏指数和肠脂指数
实验各组鱼的肝体指数、内脏指数和肠脂指数数据(表 3)。随着日粮中苜蓿添加量的增加，肝体指数和内脏指数逐步上升，但组间无显著差异 ($P>0.05$)；肠脂指数逐步下降，对照组与试验 5 组有显著差异($P<0.05$)。饲料中添加苜蓿草粉后促进草鱼内脏器官的生长发育，降低了脂肪在肠系膜中的储积。肝脏大体与组织切片观察结果表明，各组肝脏组织结构正常，并未出现脂肪肝和肝糖原沉积等物理性损伤特征的改变。

表 3 实验各组鱼的肝体指数、内脏指数和肠脂指数
Tab. 3 The Hepatosomatic indices (HIS), viscerasomatic indices (VIS) and intestinalsomatic indices (ISI) in fish of treatments (%)

组 Group	脏体比 VIS	肝体比 HIS	肠脂指数 ISI
对照组 Control	8.57±0.12	1.62±0.29	1.55±0.26 ^a
试验 1 组 Diet 1	8.87±0.71	1.68±0.10	1.43±0.32 ^a
试验 2 组 Diet 2	8.97±0.58	1.61±0.26	1.59±0.30 ^a
试验 3 组 Diet 3	8.97±0.58	2.09±0.26	1.54±0.28 ^a
试验 4 组 Diet 4	9.11±0.29	2.05±0.37	1.32±0.20 ^a
试验 5 组 Diet 5	9.24±0.63	2.03±0.13	1.06±0.09 ^b

表 4 实验各组鱼的鱼体水分、脂肪、蛋白质与灰分含量
Tab. 4 The contents of water, lipid, protein and ash (%) in fish of treatments (%)

组别 Group	水分 Water	灰分 Ash	蛋白质 Protein	脂肪 Lipid
对照组 Control	77.56±1.04	2.89±0.22	13.66±0.60	5.52±0.65
试验 1 组 Diet 1	77.35±1.01	2.85±0.29	13.79±0.65	5.55±0.65
试验 2 组 Diet 2	77.74±0.69	2.95±0.35	13.67±0.50	5.51±0.66
试验 3 组 Diet 3	77.68±1.15	3.02±0.23	13.82±0.83	5.23±0.67
试验 4 组 Diet 4	78.16±0.29	2.97±0.29	13.48±0.49	4.98±0.65
试验 5 组 Diet 5	77.51±0.83	2.94±0.33	14.09±0.78	5.02±0.66

表 5 试验各组日粮表观消化率、蛋白质消化率和脂肪消化率
Tab. 5 The apparent digestibility coefficients (ADC) of dry matter, crude protein and crude fat in fish (%)

组别 Group	干物质消化率 ADC of dry matter	蛋白质消化率 ADC of protein	脂肪消化率 ADC of fat
对照组 Control	65.88±0.91 ^a	69.54±2.93 ^a	94.19±1.44 ^a
试验 2 组 Diet 1	66.33±0.86 ^a	69.57±2.81 ^a	94.86±0.96 ^a
试验 1 组 Diet 2	66.90±1.46 ^a	69.75±4.18 ^a	94.79±1.09 ^a
试验 3 组 Diet 3	65.11±0.66 ^a	68.84±3.39 ^{ab}	93.61±0.94 ^{ab}
试验 4 组 Diet 4	63.27±1.27 ^b	64.16±1.89 ^b	90.45±1.66 ^b
试验 5 组 Diet 5	61.83±1.50 ^b	62.23±2.48 ^b	92.36±0.45 ^b

2.3 实验各组鱼的鱼体水分、脂肪、蛋白质、灰分含量

实验各组鱼的鱼体水分、脂肪、蛋白质、灰分含量(表 4)，其组间无显著性差异($P>0.05$)。鱼体中的蛋白质含量随着日粮中苜蓿添加量的增加而呈上升趋势，而脂肪含量随苜蓿添加量的增加呈下降趋势。这表明日粮中添加苜蓿草粉降低了脂肪在鱼体中的沉积。

2.4 实验各组鱼的日粮表观消化率、蛋白质消化率和脂肪消化率

实验各组鱼的日粮的表观消化率、蛋白质消化率和脂肪消化率(表 5)。表观消化率、蛋白质消化率和脂肪消化率以试验 1、2 组和对对照组较高，与试验 3 组(苜蓿草粉添加量为 10%)没有显著性差异 ($P>0.05$)；但试验 4、5 组显著下降($P<0.05$)。当日粮中苜蓿草粉的添加量达到或超过 15%时，草鱼对其日粮消化能力明显降低。

3 讨论

本实验结果表明，实验组间鱼成活率、肝体指数无差异显著，肝脏大体与组织切片观察未出现脂肪肝、肝糖原沉积等物理性损伤特征的改变，未见肝脏营养代谢性病变，表明在草鱼日粮中添加苜蓿草粉是安全的。紫花苜蓿草粉蛋白质中必须氨基酸含量高于棉籽粕、菜籽粕、花生粕，与大豆粕相似，

故不同比例替代后其日粮蛋白质质量不会下降^[12]。草鱼幼鱼日粮中添加少量的苜蓿草粉(2.5%、5%)时,其生长性能和饲料效益较对照组鱼稍高,添加 10% 的苜蓿草粉与对照组无显著性差异。但添加较高的苜蓿草粉(15%、20%)日粮组鱼较对照日粮和添加较低的苜蓿草粉(2.5%、5%)日粮组鱼的养殖效果明显下降,其生长性能和饲料效益明显降低可能是由以下几个因素造成的,其中苜蓿中抗营养因子的存在可能是主要原因。皂甙在很多潜在的替代植物饲料原料中都存在,有报道当紫花苜蓿中皂甙较低水平时,罗非鱼(*Oreochromis mossambicus*)的生长表现为增加。但当其含量上升时,降低了罗非鱼的生长性能。皂甙的消极作用可能是作为生物薄膜表面活性物质,增加肠黏膜上皮细胞渗透性,使营养物质转运产生障碍^[13,14]。这与本实验中少量添加苜蓿草粉时草鱼稚鱼的生产性能有所提高,但随着添加量上升又呈现快速下降的结果相吻合。

较高的苜蓿草粉使日粮中粗纤维含量上升是另一个重要因素。本实验日粮 4、5 中粗纤维含量明显较我国草鱼饲料标准(8%)高 13%—22%^[9]。Anderson, *et al.*认为当日粮中超过 10%的粗纤维时,尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)的生长、蛋白质效率、饲料转化率和整个鱼体脂肪会急剧的降低^[15]。Hilton, *et al.*也报道过当给红鲮(*Oncorhynchus mykiss*)饲喂高水平的纤维日粮有相似的生长性能的降低^[16]。Shiau, *et al.*观察到尼罗罗非鱼饲喂含 6%、10%、14%的羧基纤维素日粮比饲喂含 2%的羧基纤维素日粮脂类显著的降低^[17]。日粮中粗纤维似乎加速营养物质在胃肠道中的移动并且显著降低营养物质的吸收。粗纤维能够黏结营养物质,如脂肪、蛋白质和矿物质,并且能降低它们的生物有效性^[18]。这与本实验中观察到的较高的苜蓿草粉(15%、20%)日粮组鱼的鱼体脂肪含量下降与日粮表观消化率、蛋白质消化率和脂肪消化率明显降低结果得到证实 Olvera-Novoa, *et al.*对莫桑比克罗非鱼实验表明,用紫花苜蓿浓缩蛋白替代日粮中 35%鱼粉没有负面影响^[19],这一结果也证实了苜蓿草粉中较高的粗纤维含量是影响在鱼类饲料中应用的负面障碍。

苜蓿中的脂类与糖类成分亦可能是另一个影响因素,其主要是鱼类难以消化利用苜蓿中的蜡类、蜡质类与非淀粉多糖形式存在^[20]。日粮中添加较高水平的苜蓿将因此可能降低日粮脂类与糖类有效的

能量利用并导致较低生长性能和营养利用率。这可能也与本试验中添加较高的苜蓿草粉(15%、20%)日粮组鱼的鱼体脂肪含量与肠脂指数下降有关。

综上所述,苜蓿草粉在草鱼日粮中最适添加量为 3.5%,适宜添加量为 7.8%,最多可以添加到日粮的 10%。考虑到苜蓿具有较高的蛋白质营养价值,必须氨基酸含量高并且是世界和我国广泛分布的重要牧草资源,苜蓿可以被看作潜在的水产饲料蛋白质原料。然而,作为实用的水产蛋白质原料,需要进行更多的研究寻找适宜的、简单的方法来降低苜蓿中的抗营养因子和粗纤维对鱼类不良的影响。

参考文献:

- [1] Food and Agriculture Organization (FAO). Review of the state of world aquaculture [M]. FAO Fisheries Circular. No. 886, Rev. 1. FAO, Rome. 1997, 163
- [2] Francis G, Makkar H P S, Becker K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish [J]. *Aquaculture*, 2001, **199**(2): 197—227
- [3] Ogino C, Cowey C B, Chiou J Y. Leaf protein concentrates as a protein source in diets for carp and rainbow trout [J]. *The Japanese Society of Fisheries Science*, 1978, **44**(1): 49—52
- [4] Jackson A J, Capper B S, Matty A J. Evaluation of some plant proteins in complete diets for tilapia, *Sarotherodon mossambicus* [J]. *Aquaculture*, 1982, **27**(1): 97—109
- [5] Fasakin E A, Balogun A M, Fasuru B E. Use of duckweed, *Spirodela polyrrhiza* L. Schleiden, as a protein feedstuff in practical diets for tilapia, *Oreochromis niloticus* L [J]. *Aquaculture Research*, 1999, **30**(3): 313—318
- [6] Zhang C M, Wang C Z, Li Z T, *et al.* Effects of *Medicago sativa* on growing performance, fish meat quality and digestive enzymes of *Cyprinus carpio* [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2007, **16**(5): 70—78 [张春梅, 王成章, 李振田, 等. 含紫花苜蓿饲料对鲤鱼生长性能、肉质及消化酶活性的影响. 草业学报, 2007, **16**(5): 70—78]
- [7] Pan J L. Application of dry *Medicago sativa* meal in animal feed [J]. *Feed Research*, 2006, **5**(7): 63—65 [潘俊良. 苜蓿草粉在动物饲料中的应用. 饲料研究, 2006, **5**(7): 63—65]
- [8] NRC (National Research Council). Nutrient Requirements of Fish [M]. National Academy Press, Washington, D C, USA. 1993, 114
- [9] Guo S D. Production of aquatic feed [M]. Beijing: China Agriculture Press. 2004, 62 [过世东. 水产饲料生产学. 北京: 中国农业出版社. 2004, 62]
- [10] AOAC. Official Methods of Analysis (15th edn.), Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA. 1990
- [11] Van Soest P J, Robertson J B, Lewis B A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccha-

- rides in relation to animal nutrition [J]. *Journal of Dairy Science*, 1991, **74**(5): 3583—3597
- [12] Zhang Z Y. Chinese Feedstuff [M]. Beijing: China Agriculture Press. 2000, 985 [张子仪. 中国饲料学. 北京: 中国农业出版社. 2000, 985]
- [13] Olvera-Novoa M A, Martinez-Palacios C A, Galvan C R, *et al.* The use seed of the leguminous plant *Sesbania grandiflora* as a partial replacement for fish meal in diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus*) [J]. *Aquaculture*, 1988, **71**(1): 51—60
- [14] Wang C, Lei W, Xie S Q, *et al.* Effect of dietary replacement of fishmeal protein by soybean meal protein on growth performance, metabolism and immunity of gible carp (*Carassius auratus gibelio*) [J]. *Acta Hydrobiologia Sinica*, 2009, **33**(4): 741—746 [王崇, 雷武, 解绶启, 等. 饲料中豆粕替代鱼粉蛋白对异育银鲫生长、代谢及免疫功能的影响. 水生生物学报, 2009, **33**(4): 741—746]
- [15] Anderson J, Jackson A J, Matty A J, *et al.* Effects of dietary carbohydrate and fiber on the tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) [J]. *Aquaculture*, 1984, **37**(3): 303—314
- [16] Hilton J W, Atkinson J L, Slinger S J. Effect of increased dietary fiber on the growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) [J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1983, **40**(1): 81—85
- [17] Shah N, Atallah M T, Mahoney P R, *et al.* Effect of dietary fiber components on fecal nitrogen excretion and protein utilisation in growing rats [J]. *The Journal of Nutrition*, 1982, **112**(5): 658—666
- [18] Ward A T, Reichert R D. Comparison of effect of cell wall and hull fibre from canola and soybean on the bioavailability for rats of minerals, protein and lipid [J]. *The Journal of Nutrition*, 1986, **116**(2): 233—241
- [19] Olvera-Novoa M A, Campos G S, Sabido G M, *et al.* The use of alfalfa leaf protein concentrates as a protein source in diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus*) [J]. *Aquaculture*, 1990, **90**(3): 291—302
- [20] Shiau S Y, Yu H L, Hwa S, *et al.* The influence of carboxymethyl cellulose on growth, digestion, gastric emptying time and body composition of tilapia [J]. *Aquaculture*, 1988, **70**(3): 345—354

EVALUATION OF DRY CLOVER MEAL AS A FEED PROTEIN RESOURCE IN PRACTICAL DIETS OF JUVENILE GRASS CARP, *CTENOPHARYNGODON IDELLA*

ZHAO Hua-Lin, ZHONG Ming, FENG Jian, LUO Bo and ZHAO Hai-Xiang

(Institute of Aquaculture, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract: In order to attain a more economically sustainable, environmentally friendly and viable production, the research interest has been directed towards the evaluation and use of unconventional protein sources. This study was conducted to evaluate the suitability of dried clover (*Medicago sativa* L.) meal as an alternative protein source for grass carp, *Ctenopharyngodon idella*. A 56d feeding trial was carried out on 6 triplicate groups of 20 fish (8.72 ± 0.34) g in 250 L aquaria connected to a re-circulating system. Five test diets were formulated to contain clover meal at levels of 2.5%, 5%, 10%, 15% and 20% of the diets or 1.75%, 3.5%, 7.0%, 10.5% and 14.0% of the total plant dietary protein (Diet 1, 2, 3, 4 and 5) respectively and one diet acting as a control which included soybean meal, peanut meal, cottonseed meal and rapeseed meal as protein sources. All diets were isonitrogenous (28.5% crude protein) and isoenergetic (15.92 MJ/kg). No mortality was observed during the whole test period. Fish in diets with 2.5% and 5% dry clover meal (Diet 1 and 2) raised somewhat growth performance and feed effectiveness compared to fish in control. There was no significant difference of growth performance and feed effectiveness between fish in diet of 10% dry clover meal (Diet 3) and fish in control, but fish in diets with 15% and 20% dry clover meal (Diet 4 and 5) significantly depressed growth performance and feed effectiveness compared to control ($P < 0.05$). The depression of growth performance and growth parameters could likely be attributed to several factors. Saponins which are found in many of the potential alternative plant-derived feed sources as antinutrients were considered to have a detrimental effect on the fish. A further possible reason for low growth at high dry clover meal inclusion levels might be the increasing of cellulose in diet. Dietary fibre apparently influenced the movement of nutrients along with the gastrointestinal tract and significantly affects nutrient absorption. Fibre could bind nutrients like fat, protein and minerals, and reduced their bioavailability. These results suggested that dry clover meal could be used to 7.8% to adaptable diets and it substituted up to 10% of dietary protein in grass carp without significant reduction in growth.

Key words: *Ctenopharyngodon idella*; Clover; Replacement; Growth