

国家大宗淡水鱼类产业技术体系  
中国水产学会《科学养鱼》杂志社

联办

## 草鱼营养需求与配合饲料技术 研究进展(下)

叶金云<sup>1</sup> 邵仙萍<sup>1</sup> 马恒甲<sup>2</sup> 吴成龙<sup>1</sup> 明建华<sup>1</sup> 杨霞<sup>1</sup> 张易祥<sup>1</sup>

(1. 湖州师范学院, 浙江 湖州 313000; 2. 杭州市农科院, 浙江 杭州 310024)

### 二、草鱼对不同原料的表观消化率研究进展

表5列出草鱼对不同原料干物质、蛋白质、脂肪的表观消化率, 同一种原料在不同试验中得出的表观消化率出现不一致, 这可能与原料来源、温度以及鱼的规格等因素有关。邝雪梅等(2004)采用离体消化方法, 利用草鱼肠道消化酶作为酶源, 在水解7小时后, 用茚三酮方法测定鱼粉、豆粕、菜粕、棉粕等的水解液中生成的氨基酸总量, 以生成的氨基酸量占消化前饲料蛋白质质量的百分比表示氨基酸离体消化率。4种饲料的氨基酸消化率分别为鱼粉64.56%、豆粕88.73%、菜粕75.03%、棉粕81.00%, 显示出草鱼对3种植物饲料蛋白质的氨基酸消化率高于鱼粉的结果。但是, 蒋明等(2006)认为草鱼对各种饲料原料的蛋白质表观消化率与氨基酸表观消化率的趋势基本一致。并且, 草鱼对不同原料的同一种氨基酸的消化率比较接近。在饲料原料必需氨基酸中, 赖氨酸的表观消化率最高, 组氨酸和精氨酸的表观消化率也较高, 蛋氨酸的表观消化率偏低。为了深入了解不同生长阶段草鱼对常用饲料原料的表观消化率, 笔者研究团队按照“70%基础饲料+30%被测原料”的饲料配制方法, 用三氧化二铬为指标物, 已完成了草鱼幼鱼、鱼种对褐鱼粉、豆粕、花生粕、棉籽粕、菜籽粕、麦芽根、青糠和次粉等8种原料干物质、粗蛋白和磷的表观消化率的测定。

### 三、草鱼配合饲料技术研究进展

#### 1. 草鱼饲料中蛋白原料的合理配制

合理地搭配草鱼饲料中蛋白原料, 可以提高草鱼对原料或饲料的消化率, 并降低饲料成本。一般低蛋

白高淀粉的饲料或严重缺乏蛋氨酸的饲料容易引发脂肪肝病变。因为饲料中过量的糖通过体内三羧酸循环变成脂肪, 脂肪大量浸润肝脏, 且由于缺乏蛋氨酸, 合成胆碱量不足, 则形成了脂肪肝。因此, 在颗粒饲料配制中应注意适当增加动物性蛋白质, 因为动物性蛋白的蛋氨酸含量比植物蛋白高, 有的植物蛋白甚至完全欠缺蛋氨酸(廖翔华等, 1980)。动物性饲料与饼粕类合理搭配, 可以作为其经济实用的蛋白饲料, 刘炳钦(1986)报道, 草鱼饲料中动植物蛋白比例为1:5效果最佳, 此时可获得最佳生长性能和获得较好的饲料利用率(刘珂珂与王华朗, 2008)。

叶元士等(2005)以35%的鱼粉、57%的豆粕、68%的菜粕、60%的棉粕、52%的花生粕分别组成蛋白质含量为30%的配合饲料, 结果表明, 鱼粉组和豆粕组获得很好的生长效果和饲料利用效果。鱼粉营养全面, 利用率高, 但价格昂贵且质量不稳定, 限制了大量添加; 豆粕是草鱼饲料中理想的蛋白源, 价格较高; 棉粕和菜粕价格相对低廉, 且草鱼对二者的粗蛋白质消化率也较理想, 可以代替部分豆粕(刘珂珂与王华朗, 2008)。马利等(2005)研究了不同菜粕水平(0~50%)对不同规格草鱼(初始体重分别为5.0克和18.7克)生长、饲料利用等方面的影响, 结果表明, 随着菜粕水平的提高, 不同体重的草鱼增重率、饲料转化率均有所下降, 但当菜粕水平在0~30%时, 没有显著差异, 可能受到菜粕中毒素和抗营养因子的影响。通过两个试验的研究认为草鱼幼鱼饲料中菜粕用量以少于30%为宜。皮革蛋白粉中的蛋白质大多以胶原蛋白的形式存在, 而胶原蛋白对动物的消化酶有一定的

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金(nycytx-49-20), 浙江省重大科技专项(立项编号: 2010C02001), 浙江省教育厅重大项目(项目编号: ZD2009009)。

表5 草鱼对不同原料的表现消化吸收率研究 %

原料	干物质	蛋白质	脂肪	文献	
进口鱼粉	83.06	87.54	83.83	林仕梅等 (2001)	
国产鱼粉	81.51	84.04	81.46		
蟹粉	56.68	80.22	59.23		
肉粉	59.13	79.21	81.36		
肠衣粉	56.62	69.89	78.93		
酵母	64.24	85.04	82.53		
菜饼	68.62	77.81	81.33		
黄菜饼	74.8	86.03	81.79		
黑菜饼	68.31	79.45	82.69		
双低菜籽粕1	66.4	86.15	70.89		
豆粕1	75.44	87.53	82.19		
膨化大豆	79.1	89.14	74.89		
芝麻饼	70.19	80.2	59.59		
棉粕1	59.49	75.22	51.16		
玉米胚芽饼	58.69	77.1	50.23		
玉米蛋白粉	63.36	68.91	57.09		
酒糟粉	71.71	68.47	69.09		
玉米	77.57	64.53	73.09		罗莉等 (2001)
麦麸	62.61	73.2	52.42		
次粉	61.64	71.53	53.22		
米糠1	47.41	76.36	56.99		
标粉	79.37	67.03	75.89		
小麦	88.17	87.06	82.49		
大麦	59.97	59.36	50.09		
玉米糟	62.61	70.99	78.32		
稻谷	51.21	64.33	58.92		
棉粕2	61.08	76.86	88.43	蒋明等 (2006)	
肉骨粉	60.69	74.71	69.18		
花生粕	49.93	76.34	97.96		
双低菜籽粕2	47.71	79.23	-		
秘鲁鱼粉	59.07	76.86	88.76		
次粉	54.78	75.67	-		
米糠2	52.98	74.74	72.73		
豆粕2	57.99	75.71	93.25		
菜粕	46.36	78.21	95.08		

抗性，过多地添加可能会导致饲料的消化率降低，从而抑制鱼的生长和对饲料的利用。赵玉蓉等(2003)研究表明草鱼饲料中添加2%的皮革蛋白粉或皮革蛋白粉替代33.3%的鱼粉比较合适。

2. 草鱼饲料中添加剂的研究进展

(1) 外源酶：用廉价的植物蛋白源来替代鱼粉作为蛋白源逐渐成为一种趋势，但植物中含有大量的植酸及其植酸盐，能够与营养物质、无机盐等形成络合物从而阻碍鱼类对营养物质的吸收和利用，还可以与

蛋白质和氨基酸形成络合物，从而抑制消化酶的活性(Denstadli, 2006; 訾乃涛与常巧玲, 2005; 聂国兴等, 2000)。植酸酶属磷酸单酯水解酶，可将植酸分解为可利用的无机磷酸盐和肌醇。但鱼类消化系统内缺乏内源性植酸酶，所以人们对植酸酶在鱼类饲料中的应用研究一直十分关注。本研究团队马恒甲等(2011)采用全植物蛋白基础饲料，来研究不同水平植酸酶对草鱼[初始体重为(39.68±3.05)克]生长、消化酶活力等方面的影响，结果表明，当植酸酶添加水平为1000~1250单位/千克时，全植物蛋白饲料中添加植酸酶有助于草鱼的生长，并能有效增强草鱼肝脏和肠道中的消化酶活性。

饲料中添加外源酶可提高草鱼的特定增长率和增重率，提高草鱼对饲料的消化率。高春生等(2006)研究表明，草鱼饲料中添加纤维素酶，可提高草鱼增重率和对干物质、粗蛋白、粗脂肪和粗纤维消化率，并降低饵料系数。高春生等(2006)在草鱼饲料中添加β-葡聚糖酶，可显著提高草鱼平均增重率、干物质消化率、粗蛋白消化率、粗纤维消化率，饵料系数略有降低。黄峰等(2008)研究4种单体酶对草鱼鱼种生长影响的主次顺序为木聚糖酶>淀粉酶>N-蛋白酶>纤维素酶；对饲料干物质和粗蛋白表现消化率影响程度依次为木聚糖酶>纤维素酶>淀粉酶>N-蛋白酶；建议其适宜的复合配方为：木聚糖酶300毫克/千克、淀粉酶200~400毫克/千克、N-蛋白酶0~50毫克/千克和纤维素酶0~200毫克/千克。

(2) 寡糖及谷胱甘肽：褚武英等(2008)研究表明添加0.4%低聚木糖组增加质量和血清总蛋白水平比对照组和其他组显著提高，但其尿素氮水平和胆固醇含量比对照组显著降低。王红权等(2008)研究壳聚糖能显著促进草鱼生长，增加草鱼背肌粗蛋白含量，减少粗脂肪含量，显著影响草鱼的投饵系数(即饵料系数)和内脏指数。与基础饲料组相比，添加0.25%、0.50%、1.00%壳聚糖组草鱼的增重率分别增加56.6%、72.8%、65.5%；添加0.25%和0.50%壳聚糖组投饵系数均下降8.4%，但添加1.00%壳聚糖组其投饵系数显著高于其他各组。综合考虑各项指标，在草鱼饲料中以添加0.50%壳聚糖较为适宜。

日粮中添加一定量的谷胱甘肽能够显著提高草鱼初期的生长性能，促进鱼体营养代谢，提高全鱼蛋白质含量，对内脏器官相对重量没有显著影响，但添加高剂量谷胱甘肽可能对肝脏造成一定损伤(赵红霞等, 2008)。赵红霞等(2006)研究表明，饲料中添加谷胱甘肽可以提高草鱼对嗜水气单胞菌的抵抗能力，

其中200毫克/千克组草鱼攻毒后相对成活率达到最高,以特定生长率为判定依据,谷胱甘肽在草鱼饲料中的适宜添加量为350毫克/千克。

(3)中草药:来亨等(2008)研究表明,草鱼饲料中0.75毫克/千克萹草醇提取物可显著提高草鱼血液白细胞的吞噬能力、血清杀菌能力和溶菌酶活性。罗庆华等(2008)研究表明,杜仲提取物、大蒜素及两者复方制剂能促进草鱼生长,改善肌肉品质;添加复方0.04%~0.08%可以协同改善草鱼的生长性能和肉质。中草药添加剂也可作为诱食剂使用,菹草提取液添加到饲料中饲喂草鱼符合草鱼的部分生理生态习性,特别是符合其食性,菹草提取液对草鱼的消化代谢、生长、抗病防病及抗应激反应的能力有良好的效果,可大大降低饵料系数(吕光俊等,2000)。

### 3. 草鱼饲料投喂技术

膨化饲料具有消化利用率高、水中稳定性好、便于直观观察和控制鱼的摄食等优点,现已应用于草鱼池塘养殖中。传统通过青饲料投喂的池塘草鱼养殖模式,尽管投入少、成本低,但通常产量不高、效益不明显;而单一投喂膨化饲料,投入成本高,鱼体体型较为肥胖。近年来已有不少水产学者对配合饲料结合青饲料饲喂草鱼进行了研究,本团队通过研究配合饲料结合青饲料投喂模式下草鱼形体和肌肉营养成分变化情况,建议池塘养殖草鱼投喂膨化饲料与浮萍的搭配比例(干物质)以75:25较为适宜。并指出,使用一部分青饲料作为饲料源是可行的,但是盲目地向饲料中添加过多的粗饲料,致使饲料中粗纤维含量有较大的增加,造成饲料中蛋白质及热量的水平过低,影响草鱼的生长。本团队结合大宗淡水鱼产业技术体系岗位科学家工作的开展,已建立了草鱼池塘养殖配合饲料投喂技术操作规范。

### 四、研究展望

在草鱼的人工养殖过程中,由于饲料成本在养殖成本中占据了60%以上,所以饲料成为了人工养殖成败的关键因素之一。蛋白质是饲料中重要的营养素,影响着养殖鱼类的生长和饲料的转化效率。由于鱼粉和豆粕等优质蛋白源价格逐步上升,迫于成本压力,饲料厂家通常选择廉价的棉粕、菜粕等植物蛋白源生产草鱼配合饲料,而棉粕和菜粕等植物蛋白源中氨基酸普遍缺乏,导致草鱼配合饲料中氨基酸不平衡、氮保留率低,从而污染养殖水体;同时,养殖过程中也会由于营养不平衡导致草鱼出现肝脏肿大等脂肪肝症状,严重影响草鱼养殖的经济效益。随着人类对高蛋白食物需求的日益增长,对草鱼的需求还将日益增

长,因此针对草鱼养殖与营养的研究也将日益系统、深入。今后一个时期特别需要加强以下研究。

#### 1. 加强草鱼对主要营养物需要量的研究

近年来,国内已有不少学者开展草鱼营养需求的研究工作,虽然现已基本查明了草鱼对主要营养素的需要量,但所获得的营养需要数据仍比较有限,并且部分结果还存在分歧。此外草鱼对于各种饲料原料中主要营养物、氨基酸、能量等的消化率有待进一步系统分析测定。可见,要建立草鱼的营养需求数据库,仍需开展大量的基础研究,尤其是草鱼不同生长阶段的营养需求及其对不同原料消化率的基础研究。

随着现代科学技术的不断进步,鱼类营养的研究方法也在不断进步和提高。尽快建立完善的草鱼营养需求数据库、研制质优价廉的配合饲料并合理开发利用新型饲料原料,对草鱼养殖业的健康发展具有重要的促进作用。

#### 2. 加强养殖草鱼品质改善技术的研究

草鱼养殖业在我国发展迅速,但在产量增加的同时,养殖产品的品质不够稳定。从市场需求来看,养殖草鱼的色泽、口感、肌肉品质、营养价值、风味等,均是消费者关注的焦点。保证草鱼养成产品安全卫生并且美味是今后草鱼养殖的重要研究方向之一。而饲料配方和投喂模式不但影响草鱼的生长速度,影响水质,而且也影响养成品品质,因此营养与草鱼养成品的品质密切相关,必须加大营养对养殖产品品质调控技术的研究,包括分子调控及基因调控机理的研究。

#### 3. 加强草鱼精确投喂技术的研究

掌握准确的饲料投喂量是草鱼养殖技术中最重要的一环,是降低饵料系数的关键因素,也是降低水环境污染最有效的方法之一。在现有的草鱼投喂技术体系中,不论是饲料的投喂量、还是投喂方式基本上都是养殖户根据多年的经验得到的。因此加强对草鱼投喂技术的研究,精准地预测养殖过程中不同水温下、不同生长阶段草鱼的生长和日摄食量,对提高饲料效率和养殖效益、降低饲料成本和养殖次生污染、加强草鱼养殖环境的保护具有重要意义。

(全文完)

