



草鱼营养需求与配合饲料技术 研究进展(上)

叶金云¹ 邵仙萍¹ 马恒甲² 吴成龙¹ 明建华¹ 杨霞¹ 张易祥¹

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

草鱼 (*Ctenopharyngodon idella*) 是一种典型的草食性鱼类, 属鲤形目、鲤科、雅罗鱼亚科、草鱼属, 俗称鲢、油鲢、草鲢、白鲢、草鱼、草根(东北)、混子等, 栖息于平原地区的江河湖泊, 一般喜居于水的中下层和近岸多水草区域。草鱼一直是我国产量和消费量最大的淡水鱼, 2010年我国草鱼养殖产量达到422.2万吨, 占全国淡水水产养殖总产量的18%(中国渔业年鉴, 2011), 在我国农业经济中占有重要的地位(刘忠义, 2007)。草鱼已被引种到世界各地, 如日本、东南亚、东欧、美国等国, 以其营养丰富、肉味鲜美、生长快、饵料来源广、低成本的饲料消耗、销路好等优点受到广泛欢迎。

随着草鱼综合健康养殖技术的完善, 单位产量有很大的提高, 其中最主要原因之一就是配合饲料的广泛使用。在生产实际中, 投喂配合饲料不仅要考虑为使鱼类健康生长而提供营养物质, 而且要使鱼类产生的代谢废物对环境的污染降至最低。为了达到这一目标, 就需要养殖生产者使用高质量的配合饲料, 并确定科学的投饲方法。本文通过对草鱼营养需求、配合饲料技术研究探讨, 来提高人们对草鱼营养的了解, 开发优良配合饲料, 使其能够更好地为人们提供优质的水产品。

一、草鱼营养需求

1. 蛋白质

(1) 蛋白质: 草鱼虽然以草为主要食物, 但是在其消化道中并没有利用纤维素的酶活性存在, 在草鱼的生长发育中, 主要还是利用蛋白质(王武, 2000)。蛋白质是维持草鱼新陈代谢、正常生长发育和繁殖的

结构物质和主要的能源物质之一, 同时作为酶、激素、抗体等的组分参与机体的生理调节功能, 也是饲料成本中花费最大的部分, 是配合饲料中首要考虑的因素。

草鱼蛋白质需求量研究主要集中在国内(见表1)。由表1可知, 不同生长条件下不同生长阶段草鱼蛋白质需求量有所变化。草鱼在生长中存在着食性转变过程, 在幼体期主要以水中浮游生物(主要是浮游动物)为食(浮游动物干物质含粗蛋白为50%以上)。随着个体增长, 食性转变成以水陆生草类为食, 所以其对饲料蛋白质要求在不同生长阶段应有所区别(廖朝兴与黄忠志, 1987; 廖朝兴, 1996)。另外, 饲料蛋白源及其氨基酸组成不同、非蛋白能量物质含量不同等因素会影响草鱼对蛋白质的吸收与利用, 造成结果存在差异。

表1 不同规格草鱼对蛋白质需求研究

规格(克/尾)	蛋白源	蛋白质需求量(%)	参考文献
0.15~0.2	酪蛋白	52.6±1.9	Dabrowski(1977)
1.9	酪蛋白	48.26	廖朝兴与黄忠志(1987)
2.4	鱼肉粉	37.70	林鼎等(1980)
3.7	酪蛋白	29.64	廖朝兴与黄忠志(1987)
5.5	酪蛋白	27.81	林鼎等(1980)
2.4~8.0	酪蛋和鱼肉粉	22.77~27.66	廖翔华等(1980); 林鼎等(1980)
8.0	鱼肉粉	26.50	林鼎等(1980)
10	酪蛋白	28.20	廖朝兴与黄忠志(1987)
夏花~50	-	35~36	赵库与杨春富(2000)
50~100	-	31~32	赵库与杨春富(2000)
100~125	-	28~30	赵库与杨春富(2000)

曹俊明等(1997)研究发现, 草鱼相对生长率随饲

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)。

料蛋白质含量的升高而显著上升，高蛋白质饲料在一定程度上增加全鱼和肌肉的粗蛋白含量，但是高蛋白质饲料显著升高草鱼肝脏的脂质含量，特别是中性脂质的积累大幅度增加。说明草鱼能够转化饲料蛋白质生成脂肪并贮存于肝脏中，当饲料蛋白质水平过高时则导致中性脂质不能被有效地转运到肝外器官而使肝脏脂质积累大量增加，严重时发生脂肪肝病变。所以饲料中过高的蛋白含量对草鱼的生长却是不利的(艾春香, 1987)。同时蛋白质含量也会对水质造成影响，张宗惠等(2000)进行研究得出蛋白质含量与草鱼氮、磷排泄的关系，对不同蛋白水平组，当粗蛋白水平为30%时，氮、磷排泄率最低，粗蛋白高于或低于此值时，氮、磷排泄率呈增加趋势。

廖朝兴(1996)认为草鱼生产性饲料中蛋白质含量在鱼种阶段为30%~35%、成鱼阶段为25%~28%较为适宜。赵库与杨春富(2000)采用蛋白含量为25%的饲料配方饲养100~130克草鱼时，鱼种的生长速度明显下降，从阶段投喂量、千克鱼成本角度分析，该配方中蛋白含量中偏低，并建议在鱼种培育过程中，蛋白含量应在28%~36%较为合适。故笔者认为，草鱼饲料蛋白含量，在鱼苗阶段为35%~40%、鱼种阶段为28%~35%、成鱼阶段为25%~28%较为适宜。

(2)氨基酸：草鱼对蛋白质的需求受到蛋白质品质的影响，蛋白质品质较好，则需求量可以适当降低，而蛋白质品质较差，则需求量会提高。氨基酸是蛋白质的基本组成单位，尤其是必需氨基酸是衡量蛋白质品质的主要因素。饲料中必须提供足够、平衡的各种必需氨基酸，以保证鱼类的快速生长和避免必需氨基酸不必要的浪费。

李爱杰(2005)提到了草鱼对10种必需氨基酸的需求量(见表2)。近些年，国内外学者针对草鱼氨基酸需求量又做了一些新的研究。尚晓迪(2009)研究表明，草鱼幼鱼(8.25±0.37)克日粮异亮氨酸需求量的适宜范围占日粮的1.41%~1.49%，占日粮蛋白含量的4.0%~4.23%。文华等(2009)以特定生长率、饲料系数、蛋白质沉积率、肌肉RNA DNA和谷氨酸脱氢酶活力分别对饲料苏氨酸水平进行折线回归分析，并以这些指标达95%最佳值时为判断依据，得出草鱼幼鱼(8.35±0.06)克饲料中苏氨酸适宜需求量以占饲料计为1.42%~1.61%(饲料粗蛋白含量为35%)或以占饲料蛋白质计为4.07%~4.60%。Luo等(2010)研究表明，草鱼幼鱼(9.5±0.3)克对缬氨酸需求量的适宜范围占日粮的1.51%~1.60%，占日粮蛋白含量的4.72%~5.00%。最近笔者研究团队已就草鱼鱼种对赖氨酸的

需求量以及草鱼幼鱼对蛋氨酸的需求量研究取得进展。

表2 草鱼对必需氨基酸的需求量

氨基酸	占蛋白质百分比	占饲料百分比 (以28%粗蛋白含量计)
精氨酸	5.00	1.40
组氨酸	1.78	0.50
异亮氨酸	2.80	0.80
亮氨酸	5.40	1.50
赖氨酸	5.64	1.58
蛋氨酸	2.60	0.75
苯丙氨酸	5.64	1.58
苏氨酸	2.80	0.80
色氨酸	0.32	0.09
缬氨酸	3.50	0.98

在饲料配制过程中，可以通过不同蛋白源之间的氨基酸互补来实现氨基酸平衡，满足鱼类需求，提高蛋白质和氨基酸的利用率。罗莉等(2003)通过调整原料种类和配比，以及补充氨基酸，设计了6种必需氨基酸模式的日粮，结果表明：日粮必需氨基酸模式的平衡，可以促进草鱼生长和饲料的转化，提高肌肉、肝脏的蛋白质生长速率和蛋白质合成速率。

(3)小肽：冯健与刘栋辉(2005)研究表明，在草鱼日粮中添加一定比例的不同种类小肽(虾蛋白肽、鱼粉水解物、酶解酪蛋白)后，提高了草鱼的生长性能，其机制尚不十分清楚，可能与消化道中的小肽底物能够增加肠道小肽载体对小肽和游离氨基酸的转运能力，从而提高草鱼对日粮中蛋白质的利用率和机体自身蛋白质合成能力。

2. 脂肪

饲料中的脂肪能为草鱼提供能量，提供必需脂肪酸，有助于脂溶性维生素的吸收和在体内的运输，可以作为某些激素和维生素的合成材料，节省蛋白质，提高饵料蛋白利用率等(李爱杰, 2005)。此外，由于其代谢时低氮排泄可相应减少养殖环境污染而日益受到众多研究者重视。鉴于满足鱼类必需脂肪酸需求，在饲料配制中应同时对所添加脂肪的质和量予以慎重考虑。不同生长发育阶段的草鱼对脂类、脂肪酸的营养需求各异，脂肪源和饲料组成也会影响草鱼脂肪的营养需求量。

对草食性鱼和杂食性鱼来说，饲料中粗蛋白越高，则对脂肪的需求量越低(李爱杰, 2005)。鱼类对脂肪一般有较高的消化率，约为90%(廖朝兴, 1996)。但是雍文岳等(1985)认为草鱼对脂肪利用能力较低，最适需求量为3.6%，若饲料脂肪超过7%，草鱼的生长便会受到影响。张家国等(1997)采用4种粗脂肪水平在5.67%~7.59%的饲料喂养草鱼夏花(约

为1.23克)40天后,其肝胰脏和肠道脂肪酶差异不显著,可能是由于各组饲料中脂肪含量均已超过了夏花草鱼的需求,从而导致了过多的脂肪未经消化就排出体外,因此,脂肪酶活性没有表现出显著变化。我国目前建议草鱼饲料中粗脂肪以3%~8%为宜(田丽霞等,2000),而脂肪的含量以不超过7%为好。

鱼类的必需脂肪酸有亚油酸、亚麻酸、二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸。草鱼需要n-3(亚麻酸)和n-6(亚油酸)系列的不饱和脂肪酸(UFA)(田丽霞等,2000)。不同脂肪酸对草鱼生长和组织营养成分组成的影响不同,曹俊明等(1996)研究饲料中添加油酸、亚油酸、亚麻酸和n-3高度不饱和脂肪酸(n-3 HUFA)对草鱼生长和组织营养成分组成的影响。经过60天的饲养试验,摄食不含脂肪或只含油酸饲料的草鱼表现出最低的相对生长率、饲料转化效率和蛋白质效率,向饲料中添加1%亚油酸可较显著地改善这三项指标,但单一添加1%亚麻酸或0.5% n-3 HUFA的促生长效果不甚明显。1%亚油酸+1%亚麻酸或1%亚油酸+0.5% n-3 HUFA饲料组草鱼表现出最高的生长性能。

3. 碳水化合物

碳水化合物是鱼饲料的主要能量来源,也是廉价的能源,如能合理充分利用碳水化合物,则能大大降低饲料成本。草鱼是一种典型的草食性鱼,虽然长期摄食水生水草类,但是对糖的利用率仍然有限,这是因为鱼虾的红肌与白肌之比远小于畜禽类,而红肌的己糖激酶活性高于白肌,所以糖代谢能力较低,鱼虾体内的胰岛素分泌很少这就影响了其对糖的代谢(李爱杰,2005)。毛永庆(1985)研究认为,为使草鱼获得充分生长,100克鱼日需糖(糊精)1.12克,如果投饲率为2%,饲料中糖含量相当于56%。不同糖的存在形式会影响草鱼对糖的利用率,田丽霞等(2000)研究表明葡萄糖比玉米淀粉对草鱼的生长具有更好的作用,而玉米淀粉比葡萄糖更容易引起草鱼肠系膜脂肪沉积的增加。但刘永坚等(1999)应用U-14C-葡萄糖研究了草鱼对葡萄糖的利用率,结果表明草鱼对葡萄糖的利用率相对较差。王道尊等认为蛋白质和糖之间存在明显的交互作用,黄志忠认为草鱼饲料中添加50%的马铃薯淀粉,草鱼生长良好(李爱杰,2005)。

饲料中含有适量的粗纤维可能有助于蛋白质、脂肪的消化吸收,并可以降低饲料成本,但是,如果饲料中粗纤维含量太多,不仅影响消化率,而且还会降低生长率(廖翔华等,1980)。廖翔华等(1980)研究发现幼草鱼(体重约为9.67克)对饲料总消化率随饲料

粗纤维含量增加而降低,当饲料粗纤维含量在23.59%~37.70%时,草鱼总消化率降低为17.86%~30.91%。黄忠志等(1983)研究表明草鱼饲料中纤维素含量的适宜范围为11.5%~12.0%,但是因为考虑到纤维素对饲料中其他营养素消化吸收的影响,可以将纤维素的适宜范围确定在10%~20%。

4. 维生素

维生素包括脂溶性V_A、V_D、V_E、V_K和水溶性的V_B族、叶酸、V_C等(李爱杰,2005)。维生素是动物生存必需的微量有机物,对营养物的代谢起着控制作用,鱼类在天然水域中,很少出现维生素缺乏症。人工饲料在加工、干燥等过程中维生素遭到不同程度的损失。草鱼对饲料中各种维生素的含量要求不同,见表3。近年来,相关研究表明,草鱼幼鱼获得最佳生长时的饲料泛酸钙最低需求量为25毫克/千克(刘安龙等,2007)。草鱼幼鱼获得最佳生长时对饲料中烟酸的最低需求量为25.5毫克/千克(吴凡等,2008)。草鱼鱼种对叶酸的需求量为3.6~4.3毫克/千克饲料(赵智勇等,2008)。草鱼种对维生素E的需求量约为200毫克/千克。草鱼幼鱼饲料中维生素B₁₂适宜添加量为0.094毫克/千克(吴凡等,2007)。草鱼幼鱼饲料中维生素K₃适宜的浓度为1.9毫克/千克(蒋明,2007)。鱼类对维生素需求虽然为微量,但是十分重要且复杂,一旦长期缺乏时,易产生维生素缺乏症,影响生长,代谢失调,严重的导致死亡。黄世与蕉沈掀(1992)研究表明,在配合饲料中添加一定剂量的维生素B₆能够改善草鱼脂肪代谢,避免鱼类脂肪倾向和脂肪肝的发生。廖翔华等(1988)认为,草鱼对维生素的需要可能比较复杂,在饲喂草鱼时,隔日补加占体重6%~15%的青料对草鱼生长有良好作用。

表3 草鱼配合饲料维生素参数值

维生素	推荐值1(毫克/千克) (李爱杰,2005)	推荐值2(毫克/千克) (廖朝兴等,1997)
V _{B1}	20	5
V _{B2}	20	10
V _{B6}	11	10
泛酸钙	50	40
烟酸	100	100
叶酸	5	5
肌醇	100	200
生物素	-	1
氯化胆碱	550	600
V _C	600	300
V _K	10	10
V _E	62	100
V _{B12}	0.01	0.02
V _A	5500单位	2000单位
V _D	1000单位	2000单位

5. 矿物元素

矿物质亦称无机盐，是构成机体组织的重要成分，同时也是维持机体渗透压、酸碱平衡等正常代谢不可缺少的营养素。鱼类能通过鳃、体表、鳍和肠道从水环境中吸收部分无机盐，但并不能完全满足其生长需要，还必须从食物中摄取部分所需要的无机盐(李爱杰，2005)。

王道尊与赵亮(1994)研究表明，草鱼对饲料中锰的最适需求量为15毫克/千克。袁丹宁等(2009)研究表明，草鱼幼鱼获得最佳生长和组织钴累积水平时，对饲料中钴的需求量约0.20毫克/千克，与廖朝兴等(1997)

给出的数值相差较大，与黄耀桐与刘永坚(1989)得出的结果相近(见表4)。赵宇江等(2008)研究得出草鱼饲料铜含量对草鱼的成活率、特定生长率、饲料系数、鱼体水分、鱼体粗脂肪和鱼体粗灰分无显著影响($p>0.05$)；而饲料铜含量 ≥ 873.37 毫克/千克时，鱼体粗蛋白含量显著低于对照组($p<0.05$)。随着饲料铜含量的升高，草鱼肌肉铜含量无显著变化(其含量为1.52~1.65毫克/千克)，铁含量显著升高，锌含量则仅在14天时显著降低。

表4 草鱼配合饲料微量元素参数值

矿物元素	锌	锰	钴	铜	碘	铁	参考文献
需求量1 (毫克/千克)	34.1	13.0	12.4	3.2	5.7	200	廖朝兴等 (1997)
需求量2 [毫克(100克草鱼鱼种·天)]	0.44 ~0.50	0.045 ~0.051	0.045 ~0.051	0.023 ~0.025	0.005 ~0.006	4.10 ~4.60	黄耀桐与刘永 坚(1989)

(待 续)

陕西省眉县大宗淡水鱼类养殖现状与发展构想

卢 玲

(陕西省水产研究所，国家大宗淡水鱼类产业技术体系西安综合试验站，陕西 西安 710086)

陕西眉县是国家大宗淡水鱼类产业技术体系西安综合试验站的示范县之一，该示范县渔业资源“禀赋”较好，大宗淡水鱼类开发空间大，具有良好的发展前景。眉县渔业发展历史可追溯到先秦时期，2003年常兴镇杨家村出土的青铜器，证实了先秦时期眉县已有负责农牧渔业的官员；清乾隆《眉县志》“明万历年间，教坊河有七星鱼，煮，人可食”，记述了西北地区较早的原始渔业。1958年眉县开始了人工养鱼，1986年被确定为陕西省商品鱼基地县，渔业成为了眉县农村经济的重要组成部分。尤其是“十一五”以来，眉县渔业呈现出了较快发展势头，产业结构进一步优化，经济贡献率不断提高，在繁荣农村经济、保障市场供给、增加农民收入和改善生态环境等方面发挥了积极作用。

一、大宗淡水鱼类养殖现状

眉县地处陕西关中西部，行政区域横跨渭河两岸，独特的地形地貌、丰富的水资源和深厚的渔文化底蕴，为眉县大宗淡水鱼类养殖创造了得天独厚的地

缘优势。“十一五”期间，眉县渔业经济稳步增长；渔业综合管理能力逐步增强，水产良种引进力度不断加大；渔业支撑体系已初步建成，新兴的休闲渔业已经起步，水产技术推广成果显著。目前，眉县大宗淡水鱼类养殖面积3910亩，成为了名副其实的关中西府第一渔业大县，眉县涉渔农户68户，渔业人口336人，机械总动力920千瓦，其中增氧机185台共555千瓦、投饵机200台共24千瓦、水泵79台共341千瓦。大宗淡水鱼类养殖池塘215口共1685余亩，水库、陂塘10余座共2225亩。主要分布在渭河两岸，其中渭河沿岸的尧寺村现有首善镇第五村渔场400亩(为水泥衬砌池塘)，首善镇西关村、北兴村现有村组鱼池200亩(土池)，常兴镇汶家滩、杨家村、魏家堡、河池村、白家村、梁马村、孙家村、下塬村、侯家等村组现有鱼池255亩(土池)，县鱼种场在常兴镇河池村现有池塘110亩(土池)，金渠镇蔡家崖村、河底村现有村组所属鱼池320亩(土池)；槐芽镇权四滩村的西部兰花生态园现有池塘400亩(全部为水泥衬

基金项目：现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-46)资助。