



黄颡鱼营养需求与体色调控

■ 上海海洋大学水产与生命学院 / 许丹
广东恒兴饲料实业股份有限公司 / 刘兴旺

摘要 文章简述了近年来国内外学者对黄颡鱼营养生理研究的最新进展，并对黄颡鱼养殖过程中体色变化问题进行了分析和探讨，以期对黄颡鱼营养研究及饲料配制提供科学参考。

关键词 黄颡鱼 ; 饲料 ; 营养 ; 体色

中图分类号 : S963.71

文献标识码 : A

文章编号 : 1006-6314(2013)09-0008-05

黄颡鱼属鲶形目、鲶科、黄颡鱼属。近年来，随着人工繁育的成功，黄颡鱼已成为广东、浙江、江苏、湖北等省重要的淡水养殖经济鱼类，养殖规模逐年扩大。目前，我国人工养殖的主要有普通黄颡鱼 (*Pelteobagrus fulvidraco* Richardson) 和瓦氏黄颡鱼 (*Pelteobagrus vachellii*) 两个品种。本文就近年来国内外学者关于黄颡鱼营养生理的研究结果进行综述，并对黄颡鱼养殖过程中体色变化问题进行了分析和探讨，以期对黄颡鱼饲料的科学配制提供参考。

1 蛋白质与能量水平

蛋白质是鱼体重要的组成成分，也是饲料中成本最高的组分之一。能满足鱼类氨基酸需求并获得最佳生长的最少蛋白质含量即为蛋白质需要量。不同研究者得到的黄颡鱼饲料适宜的蛋白水平有一定差别 (表 1)，可能受不同生长阶段、饲料能量水平、养殖模式等因素的影响。

表 1 黄颡鱼饲料适宜蛋白质需要量

初始体重(g)	适宜蛋白水平(%)	能量水平(MJ/kg)	资料来源
2.0	37.5	20.0	余连渭(2003)
4.7	40.4	16.2	李敬伟(2007)
11.7	37.6~39.0	15.0	蒋蓉等(2004)
8.2	36.0	12.8	Ye等(2009)
18.0	35.6~40.6	-	王吉桥等(2005)
10.3	40.0	-	张丽燕和王吉桥(2012)

不同研究者得出，黄颡鱼适宜蛋白需求量大约在 36% ~ 40% 之间。对瓦氏黄颡鱼来说，蛋白需求可能稍高于黄颡鱼。孙翰昌和徐敬明 (2009) 报道，瓦氏黄颡鱼蛋白需求在 42.9% ~ 43.5% 之间。黄钧等 (2009) 也发现，当饲料中蛋白水平为 39% ~ 42%、脂肪水平为 6% ~ 9%、蛋白能量比为 23.0 ~ 27.5mg / kJ 时，最适合瓦氏黄颡鱼的生长。以上研究均是从黄颡鱼最优化生长角度讨论饲料中适宜蛋白水平。从生产实践角度来看，黄颡鱼早期 (20g 之前) 投喂过高的蛋白水平的饲料 (40% 以上)，虽然生长速度较快，却往往导致其免疫力下降，病害增加

通讯作者 : 许丹。

收稿日期 : 2013-8-5。

从而死亡率上升。因此，建议黄颡鱼幼鱼饲料蛋白水平不需要太高，38%的蛋白水平即可满足其生长需要，又能够降低幼鱼死亡率；而黄颡鱼养殖中后期饲料蛋白水平在36%~38%也能够较好地满足其生长需要。

饲料能量水平是影响鱼类蛋白需求最重要的影响因素。以上研究(表1)发现，黄颡鱼在饲料最适蛋白水平下获得最佳生长时，饲料能量水平为12.8~20MJ/kg，与其他肉食性鱼类相比偏低。余连渭(2003)的研究发现，饲料总能水平为20MJ/kg时即可满足黄颡鱼需要，而过高的能量水平(超过22MJ/kg)反而会抑制黄颡鱼的生长。蒋蓉等(2004)也发现，饲料蛋白能量比为25.5~26.1mg/kJ时，最适宜黄颡鱼的生长，该研究与Ye等(2009)的研究结果(24~28.2mg/kJ)非常接近。

2 氨基酸

蛋白质营养实际上是氨基酸的营养，蛋白质氨基酸组成决定其实际营养价值。有关黄颡鱼氨基酸营养生理方面的研究还很少。封福鲜(2011)以特定生长率为评价指标，通过折线模型得到，瓦氏黄颡鱼对精氨酸的最适

需求量为5.17%蛋白(饲料蛋白水平42%时)，对苏氨酸的最适需求量为3.25%蛋白。当精氨酸/赖氨酸比值为6.81/5.84(%饲料蛋白)时，瓦氏黄颡鱼生长最佳。此外，王兴礼(2004)综合归纳了武汉、鄱阳湖及广西桂江等地黄颡鱼肌肉干样中各种氨基酸含量，并计算出其氨基酸比和饲料中氨基酸适宜含量的范围(表2)，可作为参考。

3 蛋白源

黄颡鱼是典型的杂食偏肉食性鱼类。饲料中鱼粉等动物蛋白含量较高时，黄颡鱼生长速度较快。然而，由于鱼粉等动物性蛋白原料的缺乏，必须选择更为价廉的蛋白原料以满足黄颡鱼的蛋白需求。杨严鸥等(2006)报道，豆粕可以替代黄颡鱼饲料中30%的鱼粉而不影响其生长(此时饲料鱼粉含量43.5%、豆粕含量29%)。陈涛等(2010)的研究则发现，当使用大量豆粕替代饲料中鱼粉时，补充0.2%~0.4%的晶体蛋氨酸能够提高瓦氏黄颡鱼的生长率，降低饵料系数。杨英豪(2011)则以大豆浓缩蛋白(SPC)替代鱼粉，发现SPC可替代60%的鱼粉而对瓦氏黄颡鱼生长影响不显著(鱼粉含量

表2 黄颡鱼肌肉(干样)中各种氨基酸含量、比值及饲料中氨基酸适宜含量

氨基酸	武汉黄颡鱼(%)	鄱阳湖黄颡鱼(%)	广西黄颡鱼(%)	平均值(%)	氨基酸比	饲料中各氨基酸适宜含量
必需氨基酸						
精氨酸	5.13	4.532	4.68	4.78	2.276	1.81~2.32
组氨酸	1.68	2.845	1.28	1.93	0.919	0.73~0.94
异亮氨酸	4.21	3.86	3.19	3.75	1.785	1.42~1.82
亮氨酸	7.13	7.375	5.57	6.69	3.186	2.53~3.25
苏氨酸	3.93	3.54	3.36	3.61	1.719	1.36~1.75
缬氨酸	4.34	4.452	2.98	3.59	1.71	1.36~1.74
蛋氨酸	1.48	2.494	2.34	2.1	1	0.79~1.02
苯丙氨酸	3.65	3.325	3.06	3.35	1.595	1.27~1.63
赖氨酸	7.78	8.394	6.89	7.69	3.662	2.91~3.74
色氨酸	-	5.36	-	1.79	2.552	1.42~1.83
非必需氨基酸						
天门冬氨酸	9.11	8.85	7.11	8.36	3.981	-
脯氨酸	2.16	2.923	2.26	2.45	1.667	-
谷氨酸	13.31	12.711	12.64	12.8	6.095	-
甘氨酸	4.27	3.942	4.68	4.3	2.048	-
丙氨酸	5.13	4.612	4.17	4.64	2.21	-
丝氨酸	2.9	3.03	3.02	2.98	1.419	-
酪氨酸	1.84	3.057	2.47	2.7	1.286	-
胱氨酸	0.59	0.295	0.51	0.465	0.221	-
氨基酸总量(合计)	78.64	81.04	70.21	76.63	-	-

资料来源：王兴礼(2004)。



18.5%、SPC 含量 29.4%)，而更高水平的 SPC 会对瓦氏黄颡鱼摄食、生长、消化以及蛋白质代谢产生抑制作用。朱磊 (2012) 研究了玉米蛋白粉作为蛋白源在黄颡鱼中的应用情况，结果发现，饲料中添加 6% 玉米蛋白粉对黄颡鱼生长最为适宜。

动物蛋白源方面，苏时萍等 (2010) 发现，黄粉虫可以替代 50% 的鱼粉 (对照组鱼粉含量 56.54%) 而不影响黄颡鱼生长。与之相比，蚕蛹替代鱼粉的效果则较差。此外，文远红等 (2013) 使用蝇蛆粉替代鱼粉，结果发现，蝇蛆粉可替代不超过 20% 的鱼粉而不影响黄颡鱼幼鱼的生长性能。

4 脂肪与脂肪酸

脂肪是鱼体重要的营养物质之一，为鱼类的生长发育提供能量和必需脂肪酸，同时对维护脂溶性维生素的正常吸收也起着重要的作用。不同研究者对黄颡鱼脂肪需求量的研究有一定差异。袁立强等 (2008) 研究发现，随着饲料脂肪水平的提高，黄颡鱼生长性能显著升高，然而当饲料脂肪水平超过 9.99% 时，黄颡鱼生长则会逐渐下降。谭肖英 (2012) 研究发现，饲料脂肪水平达 8.6% 时，黄颡鱼生长最好。张丽燕和王吉桥 (2012) 的研究也认为，黄颡鱼饲料中适宜脂肪水平为 10%。而韩庆等 (2005) 则报道，黄颡鱼脂肪最适需求量为 11.31%。瓦氏黄颡鱼方面，于丹等 (2010) 认为，其饲料脂肪水平应维持在 7.59% ~ 7.65% 即可满足生长需要；郑珂珂等 (2010) 的研究得到，瓦氏黄颡鱼幼鱼最适脂肪需求量为 11.2%。张世亮等 (2012) 研究了瓦氏黄颡鱼饲料中适宜的糖脂比例。根据他的研究，在等氮条件下，饲料玉米淀粉 30.75%、粗脂肪 9.2% 时瓦氏黄颡鱼生长效果最佳。而过高的脂肪水平 (18.2% 和 15.7%) 反而导致瓦氏黄颡鱼特定生长率降低。值得注意的是，很多研究均发现，饲料中添加过高的脂肪对黄颡鱼的生长不利 (毕远新，2009)。而且由于饲料脂肪可以提高黄颡鱼对叶黄素的利用率，因此过高的脂肪反而可能会影响黄颡鱼的体色 (袁立强等，2008)。根据目前的生产实践，



饲料脂肪水平设计在 8% ~ 10% 之间可能比较适宜。

刘飞 (2004) 比较了鱼油、豆油、豆油 + 猪油和猪油 4 种脂肪源对黄颡鱼的影响，发现不同脂肪源对黄颡鱼生长无显著影响。谭肖英 (2012) 则发现，当分别以鱼油、玉米油、豆油、亚麻籽油、棕榈油和菜籽油作为黄颡鱼脂肪源时，鱼油组和亚麻籽油组黄颡鱼增重率和特定生长率最大，并显著高于菜籽油组，但与玉米油组、豆油组和棕榈油组差异不显著。此外，研究还发现玉米油可以替代 60% 的鱼油而不影响黄颡鱼的生长 (饲料脂肪水平 9%)。

脂肪是由甘油三酯和脂肪酸组成的。饲料中不同的脂肪酸组成会对鱼类生长和生理产生重要的影响。唐黎等 (2010) 研究发现，黄颡鱼饲料中 EPA+DHA 的含量和 n-3/n-6 比例分别为 19.4% 和 1.2 时，黄颡鱼增重和蛋白质效率最高，而当亚油酸和亚麻酸比值为 7 ~ 8 时，黄颡鱼生长

最快。Tan 等 (2009) 的研究发现，饲料亚麻酸 / 亚油酸比例为 1.17 和 2.12 时，黄颡鱼幼鱼获得最高的摄食率、增重率和特定生长率。随着饲料亚麻酸 / 亚油酸比例的增加，黄颡鱼肝脏中的 EPA 和 DHA 含量呈增加趋势，说明黄颡鱼体内具有将 C18PUFA 去饱和延长并合成 HUFAs 的能力。此外，研究还发现，饲料中添加共轭亚油酸 (CLA) 会增加鱼体中 CLA 和多不饱和脂肪酸的含量，但会降低黄颡鱼的生长性能及饲料利用效率，因此在黄颡鱼饲料配方中要慎重使用 (谭肖英，2012)。

5 碳水化合物

Ye 等 (2009) 研究发现，黄颡鱼对饲料碳水化合物水平有较高的耐受性，在 36% 蛋白条件下，饲料碳水化合物水平在 24% ~ 36% 对黄颡鱼的生长无显著影响。该研究结果与张世亮等 (2012) 在瓦氏黄颡鱼上的研究结果类似，瓦氏黄颡鱼饲料中碳水化合物最适添加水平为 30.2%，且当饲料中碳水化合物与脂肪的比例为 4.06 时

(此时脂肪水平约为 8.4%)，对黄颡鱼生长最为适宜。此外，张世亮 (2011) 还比较了瓦氏黄颡鱼 (*Pelteobagrus vachelli*) 对葡萄糖、蔗糖、糊精、玉米淀粉、糊化玉米淀粉和微晶纤维素 6 种不同糖源的利用率，发现糊化玉米淀粉组黄颡鱼生长及饲料效率最好，微晶纤维素组最差，结果表明，大分子糖比单糖更有利于瓦氏黄颡鱼的生长和营养吸收。

6 维生素

维生素不同于氨基酸、脂类和糖类，需要量甚微，而且动物自身基本不能合成，主要从饲料中摄入。目前关于黄颡鱼维生素营养生理的研究还很少。王吉桥等 (2005) 研究发现，黄颡鱼饲料中维生素 C 最适需求量为 600 ~ 800mg / kg。王文辉等 (2006) 则比较了黄颡鱼对包膜维生素 C 和维生素 C 磷酸酯的利用率，发现包膜维生素 C 效果要优于维生素 C 磷酸酯，黄颡鱼饲料中维生素 C 磷酸酯和包膜维生素 C 添加量分别为 1,110 ~ 1,200mg / kg 和 659 ~ 900mg / kg 时，黄颡鱼生长最快。傅美兰 (2010) 研究了黄颡鱼饲料中维生素 E 的最适需求量为 268mg / kg，且发现饲料中维生素 E 的添加对黄颡鱼体色有明显的改善作用。陈骋等 (2010) 则发现，在实用饲料配方中，添加维生素 E 对黄颡鱼生长和饲料效率无显著影响，建议黄颡鱼幼鱼饲料中添加 125mg / kg 维生素 E 即可满足其需求。

7 矿物元素

鱼类能从水中直接摄取的无机盐是有限的，大多数需要通过食物或饲料中添加而获得。李敬伟 (2007) 研究发现，黄颡鱼饲料中适宜的磷水平为 1.67% ~ 1.78%，而饲料钙含量和钙磷比对黄颡鱼生长和饲料利用的影响不明显。Luo 等 (2010) 则发现，饲料中 0.89% 的总磷水平即可满足黄颡鱼的生长需要。

蒋蓉 (2006) 以正交试验评估不同微量元素含量对黄颡鱼的影响，结果发现，当铜、铁、锰、锌添加量分别为 6.5mg / kg、80mg / kg、30mg / kg 和 90mg / kg 时 (此时饲料中铜、铁、锰、锌含量分别为 29.53mg / kg、840.53mg / kg、153.08mg / kg 和 136.21mg / kg)，黄颡鱼增重率最大、饲料系数最低，且免疫指标也处于较高水平。韩庆等 (2008) 则建议，以氨基酸螯合态添加微量元素时，铜、铁、锰、锌的适宜添加量分别为 4mg / kg、

140mg / kg、12mg / kg 和 20mg / kg。最近的研究则发现，饲料中添加 3.13 ~ 4.24mg / kg 的铜即可满足黄颡鱼的生长 (Tan 等, 2011)。而黄颡鱼对锌的适宜需求量为 17.12 ~ 20.86mg / kg (Luo 等, 2011)。



8 体色调控

8.1 黄颡鱼正常体色的形成与维护

黄颡鱼体色正常是评价其商品价值的重要指标，其体色的典型特征为背部黑褐色，至腹部渐成黄色，体侧有 2 纵及 2 横黄色细带纹，间隔成暗色纵斑块。与其它硬骨鱼类一样，黄颡鱼体色是由色素细胞及色素细胞中的色素体、皮下脂肪细胞中沉积的色素物质形成。目前在硬骨鱼类中已知有 5 种色素细胞，分别为黑色素细胞 (melanophore)、白色素细胞 (leucophore)、黄色素细胞 (xanthophore)、红色素细胞 (erythrophore) 和虹彩色素细胞 (iridophore)。不同种类的色素细胞在鱼体皮肤、鳞片分布构成不同的鱼体体色，而色素细胞在体表的数量或密度、色素体在色素细胞中的分布状态等的差异将引起鱼体体色的变化；同时，沉积于皮下脂肪层中的色素 (主要是叶黄素、类胡萝卜素等) 含量也会引起鱼体体色的变化。对黄颡鱼来说，黑色素细胞和黄色素细胞及相关色素体在体色形成中的作用最为重要。在黄颡鱼体内可以合成黑色素，黑色素是由酪氨酸经酪氨酸酶的作用生成多巴，再经过一系列反应生成的。因此，其黑色色泽深浅与酪氨酸酶活力大小有关。此外，黑色素的生成还受遗传因素 (如白化动物缺乏酪氨酸酶，不能合成黑色素)、激素 (黑色素细胞刺激素、褪黑激素、性激素等)、光照、温度以及部分化学物质 (卵磷脂、苯硫脲、5-羟吲哚等) 的影响。除黑色素外，与黄色密切相关的类胡萝卜素和叶黄素等在黄颡鱼体内不能合成，必须从食物



中补充。已经有较多研究发现，饲料中添加金黄素、金菊黄等天然叶黄素能够显著改善黄颡鱼的体色(丁小峰，2006)。王鲁波(2012)则确定了万寿菊来源的天然叶黄素作为黄颡鱼皮肤着色剂的最适剂量为76.25mg/kg饲料。此外，朱磊(2012)发现，饲料中添加玉米蛋白粉也能够显著改善黄颡鱼体色。而在饲料中添加加丽红对黄颡鱼体色改善则不明显(丁小峰，2006)。

8.2 黄颡鱼异常体色原因分析

目前，黄颡鱼养殖中存在的最大问题是养殖过程中体表颜色发生异常变化，导致市场消费者不接受，影响养殖户的经济效益。经调查发现，黄颡鱼体色异常主要有3种情况：腹部黄色消失，背部及体侧两边以黑色为主；鱼体背部及体侧黑色逐渐消失，鱼体呈现香蕉黄色；黑黄色交织无规律，并呈现白色等杂色，失去黄颡鱼应有的体色特征。根据分析，导致黄颡鱼体色异常的因素包括水体环境、消毒剂及药物使用、饲料品质变化等原因。在出现黄颡鱼体色异常状况时，应特别关注以下几个因素。

8.2.1 重视养殖环境和合理的养殖密度 夏季高温期，水体溶氧偏低，氨氮亚硝酸盐较高时容易导致黄颡鱼应激，从而发生黑色变淡或消失。特别是在高密度养殖条件下，这种情况经常会发生。因此，应设计合理的养殖密度，同时保持良好的水质环境条件，降低重金属、亚硝酸盐、氨氮、硫化氢等有毒有害物质的积累，降低黄颡鱼的环境应激。

8.2.2 特别重视疾病发生时消毒剂及药物的使用 不合理的消毒剂和药物使用也会导致黄颡鱼应激，从而影响体表黏液分泌而导致体色异常。因此，水体常规消毒后应重视解毒，并使用芽孢杆菌等生物制剂来改善水质环境。

8.2.3 关注原料发霉变质对黄颡鱼体色的影响 朱磊

(2012)研究认为，玉米蛋白粉虽然作为内源性饲料色素原料，对黄颡鱼体色增加有一定效果，但是有可能受霉菌毒素污染。因此，适当添加脱霉剂能够改善其生长及体色情况。

8.2.4 关注饲料原料掺假导致的黄颡鱼体色异常 薛继鹏(2011)研究了饲料中有毒有害物质对瓦氏黄颡鱼体色的影响，结果显示，三聚氰胺可导致瓦氏黄颡鱼背部黑色素含量显著降低(但不影响酪氨酸酶活力)。因此，部分黄颡鱼体表黑色素消失可能与饲料原料中的非蛋白氮掺假有关。因此，饲料企业应特别重视主要蛋白源的品控工作，降低原料掺假风险。

8.2.5 关注饲料脂肪水平及油脂氧化对黄颡鱼体色的不利影响 袁立强等(2008)研究发现，饲料中适宜的脂肪水平(7.02%)可以提高黄颡鱼对叶黄素的吸收利用，从而改善黄颡鱼体色，但是过高水平的脂肪反而会导致黄颡鱼的体色异常。薛继鹏(2011)在瓦氏黄颡鱼上的研究也发现，饲料中过高脂肪水平会降低瓦氏黄颡鱼皮肤中黄体素含量及皮肤的亮度值。此外，饲料油脂氧化也会导致黄颡鱼背部皮肤亮度值下降(薛继鹏，2011)。也有研究认为，油脂氧化后产生的自由基导致色素分子不饱和和键氧化断裂，从而与黄颡鱼体色花斑及白化现象密切相关。因此，在饲料配方设计时应合理设计饲料脂肪水平，并保证使用的油脂新鲜、无氧化。养殖户在饲喂过程中，也应尽量控制饲料使用时间，降低因贮存导致的饲料油脂氧化。

8.2.6 重视饲料维生素的合理添加 鱼类具有将类胡萝卜素转变为维生素A的能力，因此饲料维生素A不足可能影响黄颡鱼体内色素的沉积；但也有研究认为，高剂量维生素A同样不利于动物对色素的吸收。同样的，饲料中添加维生素E可降低类胡萝卜素的氧化和降解，从而改善黄颡鱼体色，但是过量的维生素E则会导致黄颡鱼背部皮肤亮度值下降(薛继鹏，2011)。此外，作为辅酶的维生素B对黑色素的形成极为重要，有可能促进黑色素的增加(曾凡归等，2013)。这些重要维生素的合理添加对维护黄颡鱼正常体色也起着非常重要的作用。

综上所述，有关黄颡鱼营养生理的研究还很薄弱，今后还应重点对黄颡鱼的必需氨基酸营养、体色的营养调控机制等方面进行进一步的研究。



(参考文献略)

