

# 石斑鱼营养需求的研究进展

艾春香 (厦门大学海洋与环境学院)

石斑鱼是鲈形目 (Perciformes)、鲈亚目 (Percoidae)、鱼旨科 (Serranidae)、石斑鱼属 (Epinephelus) 鱼类的统称, 常见的有赤点石斑鱼 (Epinephelus akaara)、青石斑鱼 (E. awoara)、点带石斑鱼 (E. malabaricus)、巨石斑鱼 (E. tauvina)、鲑点石斑鱼 (E. fario)、云纹石斑鱼 (E. moara)、七带石斑鱼 (E. septemfasciatus)、鲑形石斑鱼 (E. salmonoides)、褐点石斑鱼 (E. fuscoguttatus)、小齿石斑鱼 (E. microdon)、条带石斑鱼 (E. fasciatus)、纳苏石斑鱼 (E. striatus)、棕点石斑鱼 (E. suillus)、鲈滑石斑鱼 (E. laurina) 等, 它们在全世界亚热带和热带海区均有分布, 是重要的海水养殖鱼类, 也是我国最重要的海水网箱养殖高档鱼类。

石斑鱼为暖水性、广盐性鱼类, 它能忍受的盐度范围较宽, 为 15~45。在淡水中可以存活 15min, 适宜的水温为 22~28℃, 低于 15℃时摄食量急剧下降。其食性广, 但偏肉食性, 自然状态下喜食甲壳动物和其他生物饵料。此外, 石斑鱼是一种行动迟缓的鱼类, 这有助于节约能量用于生长发育, 提高饲料效率和减少投饲频率。经过驯养, 它能很好地摄食人工饲料, 但这种鱼类具有多疑的天性, 因此当它们发现食物时不是及时向食物移动, 而当有某一条鱼试图接近食物时, 它们就会立即激烈地攻击食物, 甚至在摄食过程中也会伤害到自身。由于这种特性, 所以一般采用石斑鱼与真鲷等海水鱼类混养的模式 (mix-cultured), 这样既可净化池塘, 又可刺激石斑鱼摄食。

石斑鱼具有生长快、适应环境能力强、成活率高、耐高密度养殖、能接受配合饲料、高饲料效率、池养条件下能产卵、营养丰富、肉味鲜美等优点, 深受人们的喜爱。随着石斑鱼人工繁殖与育苗技术的突破 (石斑鱼大规模人工育苗技术已经列入 2002 年度国家海洋 863 项目), 将极大地推动其养殖产业的兴起。近几年来, 在我国沿海的

福建、广东、海南等省的石斑鱼养殖已经得到了蓬勃发展。石斑鱼养殖产业的发展, 迫切需要提供能满足其生长发育需要的优质配合饲料, 然而由于人们对其营养需求研究尚不全面, 难以满足研制生产其优质配合饲料的要求。因此, 目前主要还是采用小杂鱼饲喂石斑鱼, 但小杂鱼等生物饵料饲喂石斑鱼也存在许多不利因素: 一是增加了饲养成本; 二是会破坏资源, 最终导致供应不足, 生态平衡失调; 三是营养不平衡, 饲料效率低下, 易造成水质污染, 且易带来病原菌, 导致疾病流行; 四是许多小杂鱼可以作为收入水平较低的人们良好的蛋白食品, 采用小杂鱼饲喂石斑鱼, 在一定程度上会发生和人类争食现象。为此, 大力开展石斑鱼营养学研究, 开发优质系列配合饲料, 对进一步推动石斑鱼的养殖生产具有十分重要的意义。本文简要概述国内外有关石斑鱼营养需求的研究进展, 以期今后开展石斑鱼营养需求研究和研制开发石斑鱼系列配合饲料提供参考。

## 1. 石斑鱼的营养需求

石斑鱼是偏肉食性的广食性鱼类。天然状态下的石斑鱼主要捕食多毛纲、xandiid 蟹、小长臂虾和小鱼, 也有沙蚕。目前, 国内养殖石斑鱼主要靠饲喂新鲜小杂鱼、甲壳类、软体动物、虾、沙蚕、贝肉等, 有时搭配少量配合饲料。

### 1.1 蛋白质的营养需求

蛋白质不仅是构成石斑鱼组织器官不可缺少的物质, 而且还是其机体内许多生物活性物质如酶、激素和抗体等的组成成分, 同时也是饲料成本中比例最大的成分; 此外, 饲料中蛋白质作为能量利用时将伴随着氮的分泌而影响水质。因此, 国内外学者均将石斑鱼的蛋白质营养需求作为首选的重要课题进行研究。至今, 国内外有关

石斑鱼的营养需求仅见零星报道。作为偏肉食性的海水养殖鱼类,石斑鱼对蛋白质的要求较高,但不同的种类、同一种类不同生长发育阶段、不同养殖模式下,石斑鱼对蛋白质的营养需求各异。Teng等(1977)研究报道,维持巨石斑鱼最大生长的蛋白质水平(CP)大约是50%,然而,实用配合饲料中推荐的经济有效的CP为40%(Boonyaratpalin,1997)。Sukhawongs(1978)对体重分别为20~30g和60~70g的巨石斑鱼采用CP分别为30%、40%、45%、50%的饲料进行饲养试验,结果表明,两种体重的巨石斑鱼在饲料CP为50%时生长最好。也有研究报道,巨石斑鱼饲料中适宜CP为47%~60%(EI-Dakour and George,1982)。Teng等(1979)研究表明,饲料中CP为40%就能满足鲑形石斑鱼的生理需求。Wongsomnuk等(1978)观察发现,石斑鱼也和其他鱼类一样,个体小的鱼对蛋白质要求高些。Teng等(1978)对体重为65~170g鲑形石斑鱼的适宜蛋白质需求进行了研究,以晒干的金枪鱼肌肉作为蛋白源,制成湿饲料投喂鲑形石斑鱼,结果表明,饲料干物质中CP为40%,能量水平为13.88KJ/kg,蛋能比为28.81mg/KJ,就能满足鲑形石斑鱼的生理需求,最佳效果饲料的脂肪含量为13.5%。体重为60~135g巨石斑鱼、小齿石斑鱼和纳苏石斑鱼饲料中的适宜蛋能比分别为22.38mg/KJ(Ge)、33.81mg/KJ(Ge)、38.57mg/KJ(Ge)(Tucher,1991)。印度尼西亚学者研究得出,驼背石斑鱼(*Cromileptes altivelis*)饲料中的CP以56%,粗脂肪水平以9%,能量水平20.03KJ/g,蛋能比28.1mg/KJ为宜。

台湾学者Chen和Tsai(1994)采用酪蛋白为蛋白源研究点带石斑鱼幼鱼(3.79g±0.1g)对蛋白质的营养需求量,结果表明,维持幼鱼最大增重所需的CP为47.8%。大陆学者陈学豪等(1995)对均重为126.36g的赤点石斑鱼蛋白质营养需求的研究表明,其饲料中最适CP为48.37%~49.24%。台湾学者Shiau和Lan(1996)采用8种等能半纯化饲料进行为期8周的饲养试验,以投食率、增重率、饲料效率和鱼体生化组成为评判指标,探讨点带石斑鱼幼鱼(均重9.22g±0.1g)的适宜蛋白质营养需求量,最后采用拐点法得出维持点带石斑鱼幼鱼最大生长的适宜CP为50.2%。与此同

时,他们还以两种蛋白质水平(50%,44%)和四种能量水平(1428KJ/100g和1722KJ/100g饲料)配制出八种试验饲料,进行为期8w的饲养试验,以探讨点带石斑鱼幼鱼蛋白能量适宜比值。结果表明,CP为50%的各能量水平组(四组),幼鱼的增重没有表现出显著差异,而CP为44%的各能量水平组(四组),幼鱼的增重却表现出显著差异,能量含量为1428KJ/100g和1722KJ/100g饲料的两个处理组幼鱼的增重率得到了改善,但这两组鱼体的脂肪含量较高。本实验结果得出,点带石斑鱼幼鱼饲料的能量水平保持在1428~1575KJ/100g饲料,CP为44%~50%较为适宜。

蛋白质的质量会影响石斑鱼的生长发育。Millamena(2002)以石斑鱼(*Epinephelus coioides*)幼鱼的增重率、特殊增长率、存活率、饲料转换率和体成份为指标,采用鱼粉分别被动物下脚料粉——肉粉和血粉(4:1)混合物替代0%、10%、20%、30%、40%、60%、80%和100%配制成八种CP为45%,脂肪水平为12%的等氮实用饲料(以含鱼粉100%的饲料或小杂鱼作为对照饲料),饲养幼鱼60d,以探讨肉粉和血粉混合物替代鱼粉对幼鱼生长、发育和存活的影响。结果表明,鱼粉被混合物替代10%~80%的饲料组幼鱼与小杂鱼组幼鱼的生长性能没有显著的差异( $p>0.05$ ),但喂养替代20%鱼粉饲料组的幼鱼生长显著快于替代鱼粉100%饲料组的鱼( $p<0.05$ ),而各替代鱼粉饲料组幼鱼的存活率(96%~100%)没有显著不同,却显著高于饲喂小杂鱼的幼鱼存活率(90%)。由此可以得出,肉粉和血粉(4:1)混合物可以替代小于80%的鱼粉,其中以替代20%为最好,若要更多的替代,可以适当添加某些单体氨基酸,以提高饲养效果。

色氨酸(tryptophan,TRP)作为5-羟色胺(serotonin,5-HT)的前体物质能影响脊椎动物(包括鱼类)的摄食和进攻行为。Hseu等(2003)采用分别添加色氨酸0.25%、0.5%和1%的饲料饲养38日龄的石斑鱼幼鱼10d,以探讨外源色氨酸对其幼鱼互相残杀、存活和生长的影响。结果表明,饲喂添加了色氨酸饲料的幼鱼脑中的5-羟色胺水平升高,且幼鱼互相残杀现象发生略有减少,但添加了色氨酸饲料组幼鱼的体重和全长显著小于未

添加色氨酸组,这一结果说明口服色氨酸能减轻幼鱼的互相残杀,并推荐色氨酸的添加量为干饲料的0.5%。

### 1.2 脂肪的营养需求

脂肪是维持石斑鱼的生长、发育、存活、健康和繁殖的能源物质和营养素,在其生命活动过程中发挥着重要的作用,且具有节约蛋白质的效应。但不同种类和同一种类不同生长发育阶段的石斑鱼对脂类、脂肪酸的营养需求不同。New (1987) 研究报告,石斑鱼饲料中的最适脂肪含量为13.5%~14%;而马平(1996)研究表明,饲料中的粗脂肪含量为3%~4%时,赤点石斑鱼幼鱼的增重较快。Lin 和 Shiau (2003)研究了点带石斑鱼幼鱼对脂肪的营养需求以及脂肪对其免疫反应的影响。试验采用鱼油/玉米油=1:1的混合油为脂肪源,配制脂肪含量分别为0%、4%、8%、12%和16%的五种纯化饲料对初始平均体重为 $4.43 \pm 0.07$ g的幼鱼进行为期8周的饲养试验。结果表明,鱼体增重最快的为脂肪含量在4%~12%之间的饲料组,其次是脂肪含量为16%的饲料组,最低的是不含脂肪的饲料组(对照组);饲料效率和蛋白质效率的变化趋势和鱼体增重趋势一致;而鱼体脂肪含量最高的是脂肪含量分别为12%和16%的饲料组,其次是4%和8%饲料组,最低的为对照组。此外,添加了脂肪的各饲料组鱼的存活率均高于对照组,且添加了脂肪的各饲料组鱼血液中白细胞数量和白细胞的爆发式呼吸活动比对照组多(强),脂肪含量为12%和16%饲料组鱼的血浆中溶菌酶活性比4%饲料组的要高,替代式补体活性则是饲喂脂肪含量为8%饲料组的鱼比对照组高。采用回归法可以得出,维持幼鱼良好增重效果的饲料中脂肪含量为9%,4%的脂肪即能满足幼鱼最低的脂肪需要,同时表明,饲料中适量添加脂肪能增强点带石斑鱼幼鱼的免疫反应能力。印度尼西亚学者研究得出,驼背石斑鱼饲料中脂肪适宜含量也为9%。

Wu 等(2002)开展了一系列实验来探讨点带石斑鱼幼鱼对饲料中必需脂肪酸的营养需求以及必需脂肪酸对幼鱼免疫力的影响。结果表明,饲料中的二十二碳六烯酸(DHA)/二十碳五烯酸(EPA),即DHA/EPA的比值显著地影响点带石

斑鱼幼鱼的生长发育与其头肾中白血球的吞噬作用及T细胞的增殖活性,而对鱼的存活率和相对肝脏重则没有影响。DHA/EPA 比值大于1时对点带石斑鱼幼鱼具有促生长效果,同时还显示,作为必需脂肪酸,DHA对促进幼鱼生长发育的效果优于EPA。此外,Wu 等(2002)还研究了点带石斑鱼幼鱼对饲料中亚麻酸(LNA)和亚油酸(LOA)的营养需求及饲料中的LNA与LOA的含量和比值对幼鱼非特异性细胞免疫反应的影响。结果表明,饲料中添加LNA和高LNA/LOA比值均会显著促进幼鱼的生长发育及其头肾中白血球的吞噬作用和爆发性呼吸活性等非特异性细胞免疫反应,但与摄食含有高不饱和脂肪酸(HUFA)的对照组没有显著差异;每100g饲料中(干重,DW)添加LNA/LOA(3:1)2g即可以满足幼鱼的营养需求。同时,Wu 等(2002)采用两因素正交实验设计,探讨了n-3HUFA和花生四烯酸(ARA)营养需求量、交互作用及其对点带石斑鱼免疫力的影响。结果表明,饲料中添加适量的ARA和n-3HUFA能有效地促进幼鱼的生长发育,但ARA和n-3HUFA两者之间交互作用不显著,试验鱼的存活率也不受饲料中ARA或n-3HUFA含量的影响;肝脏中n-6HUFA含量与幼鱼头肾中白血球的吞噬活性、爆发性呼吸活性和白血球增生等免疫反应呈显著正相关。综合本研究结果可以得出,DHA/EPA比值为3:1(wt/wt)时,饲喂含n-3HUFA 1g/100g饲料(干重,DW)和ARA 1g/100g饲料(干重,DW)的饲料时,点带石斑鱼幼鱼可以获得最佳生长性能,且其免疫反应可以最大程度地被激活。此外,印度尼西亚学者研究得出,驼背石斑鱼饲料中n-3HUFA的营养需要量也为1.0%。

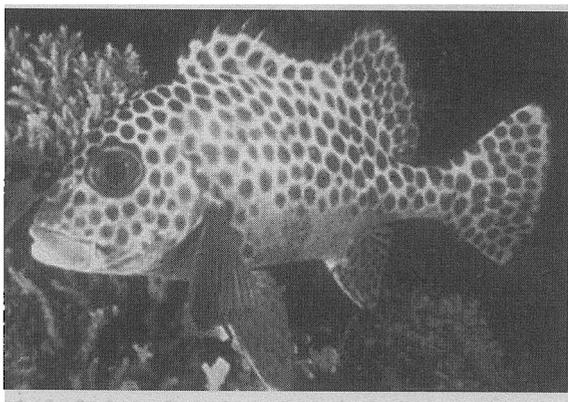
菲律宾学者 Millamena 和 Nelson 研究了石斑鱼幼鱼必需脂肪酸营养需求。在CP为42.5%,脂类含量为10%的基础饲料(不含n-3HUFA,后添加n-3HUFA0.25%)中分别添加纯的n-3HUFA0%,0.5%,1.0%,1.5%和2.0%配制成试验饲料,饲养初始体重为1~2g幼鱼60d,每天的投饲率为鱼体重的25%~30%。结果表明,投喂添加了n-3HUFA的饲料组的幼鱼增重率显著地高于对照组( $p < 0.05$ ),适量添加能有效地促进幼鱼生长。

n-3 HUFA 添加量为 1.0% 时, 幼鱼的增重率最大, 超过这个添加量, 幼鱼的增重率反而下降; 而幼鱼的存活率在各组之间不存在显著性差异 ( $p > 0.05$ )。这表明饲料中适量添加 n-3 HUFA 有助于促进有用的生长发育, 过量添加反而对幼鱼的生长发育不利。

### 1.3 碳水化合物的营养需求

碳水化合物不仅是一种廉价的能源, 而且是鱼类某些生理活动必需的能源, 同时具有节约蛋白质的作用; 此外, 一些碳水化合物还可以作为粘合剂, 增加饲料在水中的稳定性, 减少其他成分的溶失。因此, 人们对水产动物碳水化合物的营养生理和营养需求也越来越关注。

Shiau 和 Lin(2001)研究了点带石斑鱼对碳水化合物的利用以及碳水化合物节约蛋白质效应。试验采用 CP 分别为 50%、46%、42% 和两种碳水化合物源 (淀粉和葡萄糖) 分别替代 CP14.3%、19.5% 和 24.6% 配制成六种试验饲料饲养点带石斑鱼 8 周。结果表明, 葡萄糖组鱼的增重率随着葡萄糖含量的增加和 CP 的降低而下降, 而淀粉组鱼的增重率, CP 为 50% 的饲料组显著高于 CP 为 46% 和 42% 饲料组 ( $p < 0.05$ ); 同一 CP 的葡萄糖组和淀粉组, 鱼的增重率没有显著差异 ( $p > 0.05$ ); CP 为 50% 的淀粉组鱼体脂肪含量高于葡萄糖组; CP 为 50% 和 46% 的淀粉组鱼的肝脏中己糖激酶活性高于葡萄糖组, 在这两种 CP 下, 幼鱼利用淀粉和葡萄糖的能力相似; 将饲料 CP 从 46% 降至 42%, 淀粉含量从 19.5% 上升至 24.6% 时, 鱼的增重和饲料效率没有显著差异 ( $p > 0.05$ ), 这表明淀粉在低 CP 下具有节约蛋白质的效应。



Shiau 和 Lin(2002)采用葡萄糖和淀粉作为碳水化合物源配制的半纯化的两种等能饲料在 23℃ 循环水条件下饲养点带石斑鱼 8 周, 以探讨点带石斑鱼对其利用率。结果表明, 淀粉饲料组鱼的增重率、饲料效率和蛋白质效率显著高于葡萄糖饲料组 ( $p < 0.05$ ); 体脂含量也高于葡萄糖饲料组; 肝脏中的己糖激酶和葡萄糖 6-磷酸脱氢酶的活性也高于葡萄糖饲料组, 而肝脏中葡萄糖 6-磷酸酶的活性却低于葡萄糖饲料组。由此可以得出, 点带石斑鱼在 23℃ 循环水条件下对淀粉的利用比葡萄糖更好。

印度尼西亚学者研究得出, 驼背石斑鱼饲料中的碳水化合物含量至少大于 7%, 最好小于 28%。

### 1.4 维生素的营养需求

维生素对维持石斑鱼的正常生长发育、繁殖和健康具有非常重要的作用。Boonyaratpalin 等 (1993) 以生长率、饲料效率、蛋白质中羟脯氨酸的比例、存活率和缺乏症为判据, 在实用饲料中分别添加 VC(L-抗坏血酸-2-磷酸镁盐为 VC 源) 0、30、60、100mg/kg 饲料制成试验饲料, 进行为期 16 周的饲养实验, 探讨了巨石斑鱼幼鱼对 VC 的营养需求。结果表明, 未添加 VC 的处理组幼鱼的生长率、饲料效率、蛋白质中羟脯氨酸的比例和存活率均比添加维生素 C 的处理组低, 且表现出明显的缺乏症, 如食欲减退、鱼嘴微突、鳍条腐烂、眼睛和鳍条出血、眼球突出、腹部肿大、头骨畸形、咽鳃下陷、脊柱侧凸、脊柱前弯症等。本实验得出, 维持巨石斑鱼幼鱼正常生长发育需要的 L-抗坏血酸-2-磷酸镁盐为 30mg/kg 饲料。

Mohamed 等 (2003) 采用分别含 210, 476, 914, 1774, 3764, 7063, 14,342 和 29,193 IU/kg VA 饲料的八种半纯化饲料饲养初始平均体重为  $5.84 \pm 1.5$  g 的巨石斑鱼幼鱼 10 周, 以蛋白质效率、饲料转化率、增重率、存活率和鱼体生化成分为指标, 探讨其对 VA 的营养需求。结果表明, VA 是维持巨石斑鱼幼鱼正常生长发育必需的营养素, 投喂含 VA 为 210 IU/kg 的基础饲料处理组, 会导致幼鱼鳍基皮下肌肉出血, 尾柄腐烂, 而添加了 VA 的饲料组, 没有出现这些缺乏症。饲喂含 3764 IU VA/kg 饲料的处理组表现为较高的增重率、蛋白

质效率和存活率以及较低的饲料转化率。随着鱼饲料中VA添加量增加,鱼体粗脂肪含量显著地降低。在基础饲料中添加VA对鱼体蛋白质和灰分含量没有显著的影响,也对鱼体水分没有显著的影响。饲料中VA的含量影响巨石斑鱼幼鱼血清中VA的浓度,随着饲料中VA含量的增加,血清中VA的浓度升高。采用折线回归法得出维持巨石斑鱼幼鱼最大生长的VA的需求量为3101IU/kg饲料,而血清中VA的浓度为179 $\mu$ g/mL。

此外,有关石斑鱼矿物质营养需求的研究很少,仅见台湾学者Hu报道了点带石斑鱼幼鱼对锌的营养需求及锌对幼鱼免疫力的影响,Hu认为,在饲料中适量添加锌有助于促进幼鱼的生长和提高幼鱼的免疫力。

#### 2.今后开展石斑鱼营养研究的若干建议

迄今,人们对石斑鱼的营养需求虽然开展了一些有益的工作,但研究工作远不能满足石斑鱼养殖产业发展的需要,石斑鱼营养学研究缺乏系统性、系列化,许多方面还是空白,如必需氨基酸营养需求,这不利于其系列配合饲料的研究开发。为此,今后应大力加强各种养殖石斑鱼的营养生理和营养需求研究,以促进其优质系列配合饲料的开发,推动其养殖产业的发展。

2.1 继续开展石斑属各主要养殖品种的蛋白质、脂肪、碳水化合物、维生素和矿物质营养生理和营养需求研究,特别是微量必需营养素生理和营养需求的研究,建立氨基酸平衡模式。营养需求要系列化、系统化和准确化,以便为制定石斑鱼的营养标准提供准确的数据,开发出系列配合饲料。

2.2 大力开展养殖模式(如网箱养殖、陆上工厂化养殖等)与营养需求之间的关系研究,以获得各种养殖模式下的营养需求参数,同时开展营养生态研究,为生产出低污染饲料提供理论支持。

2.3 大力开展营养与免疫关系之间的研究,以期通过营养调控手段提高鱼体的免疫抗病力,减少化学合成药物的使用,生产出无公害石斑鱼产品。同时,大力开发绿色免疫添加剂,以提高石斑鱼的养殖成活率。

2.4 大力开展石斑鱼早期营养需求研究,强化生物饵料营养,开发出开口饵料和早期饲料,并深入、系统地研究其摄食习性,做好石斑鱼训食工作,探索出一些体型和石斑鱼相似、摄食活力强,对石斑鱼又无不良影响的鱼类作为训食鱼,以提高石斑鱼的摄食率。此外,开展针对主要养殖石斑鱼品种饲料原料消化率的研究,为石斑鱼的营养需求研究以及配合饲料配方的研制提供参考。

2.5 开展饥饿和再投喂对石斑鱼生理生态学的研究,不仅可以揭示石斑鱼适应饥饿胁迫的生理生态学对策,而且可为石斑鱼渔业资源管理及其养殖中新的高效投饵技术的形成提供理论依据。因此,今后要加强石斑鱼在该领域的研究,一方面要查明其饥饿后的恢复生长阶段是否有补偿生长效应、补偿生长的程度及各种因素对补偿生长的影响;另一方面是要揭示饥饿至恢复生长阶段的物质代谢和能量学变化特征。

(参考文献略) ■



## 河南省项城市恒祥有限公司

添德利      许可证号: 饲添(2000)0600

河南省科技优秀民营企业  
河南省饲料协会团体会员

▲ 甜菜碱

▲ 大蒜素

▲ 双乙酸钠

▲ 大蒜粉

▲ 有机铜

▲ 蛋氨酸铜

▲ 蛋氨酸铁

▲ 蛋氨酸锌

▲ 牛至油

### 科技实力为先导

### 绿色环保添得利

厂址: 项城市贾岭工业区    邮编: 466233

电话: 0394-4382292 4382118 4382181(传真)

手机: 13903874851 13939429161 13939429151

http://www.hxtld.com