

文章编号: 0529-6579 (2000) S-0059-05

中国对虾营养研究新进展^{*}

周歧存¹, 刘东超¹, 叶富良¹, 李爱杰²

(1. 湛江海洋大学水产学院, 广东 湛江 524025; 2. 青岛海洋大学水产学院)

摘 要: 综述中国十多年来中国对虾 (*Penaeus chinensis*) 营养需要的研究概况, 详细阐述中国对虾对蛋白质、氨基酸、脂肪、脂肪酸、类固醇、碳水化合物、维生素和矿物质的定性和定量需要。

关键词: 中国对虾 (*Penaeus chinensis*); 营养需要

中图分类号: S963.16 **文献标识码:** A

1 中国对虾对蛋白质的营养需要

在各营养素中, 蛋白质具有重要的生理功能, 同时由于蛋白质在对虾饲料中的特殊地位以及是构成饲料成本的主要部分, 因而对虾蛋白质营养需要为研究者和饲料生产商所关注. 国内多位学者进行了有关中国对虾 (*Penaeus chinensis*) 蛋白质需求量的研究, 他们认为对虾饲料最适蛋白质需要量在 45% 左右. 随着对虾的生长发育, 中国对虾蛋白质的需求量上升^[1]. 在研究不同蛋白源和不同动植物蛋白比的喂虾效果中, 建议小虾饲料应以动物蛋白为主, 大虾则以植物蛋白为主^[2]. 对中国对虾饲料中蛋白质、多糖、纤维素、脂肪等主要营养成分进行的研究, 以体质量、体蛋白质增重率及饵料系数等指标综合分析, 结果表明体质量为 2.87~3.44 g 的幼体, 其蛋白质需要量为 44%^[3].

利用¹⁴C 葡萄糖放射性同位素技术确定了中国对虾必需氨基酸为苏氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、组氨酸、精氨酸和色氨酸等 10 种氨基酸, 其中酪氨酸可能从苯丙氨酸中合成; 与多数动物不同的是中国对虾不能从葡萄糖有效地合成甘氨酸, 甘氨酸是否为中国对虾的必需氨基酸尚待进一步研究^[4].

养殖生产中蛋白质是构成饲料成本中最昂贵的成分, 在营养学研究中以非蛋白能源物质如碳水化合物和脂肪代替蛋白质, 以起到节约蛋白质的作用. 对中国对虾幼虾饲料中最佳蛋白能量比进行的研究, 不同生长期中国对虾对蛋白质的利用率不同, 较大规格对虾 (1.025~1.525 g) 对蛋白质利用率比较小规格 (0.368~1.699 g) 要高, 这 2 种规格中国对虾的饲料最适蛋白能量比分别为 34.7 mg/kJ 和 32.4 mg/kJ, 对虾可获得最大增重率、最佳蛋白质效率和最低饲料系数; 然而成活率随着饲料中蛋白质含量的增加而增加^[5].

* 收稿日期: 1999-09-15

中国对虾对饲料蛋白质及氨基酸的消化率, 随蛋白源种类、状态的不同而变化, 花生饼、大豆饼、秘鲁鱼粉和小杂鱼虾被认为是中国对虾配合饲料的优质蛋白源; 而氨基酸的消化率则随着它的含量增加而上升, 并和蛋白质氨基酸本身的结构性质有关^[6]. 不同的加工方法对蛋白质及氨基酸消化率都有所影响. 过 18 目筛的花生饼其蛋白质消化率最低, 而过 40~100 目筛的各组花生饼蛋白质消化率没有明显差异; 60 烘干、晒干及远红外烘干的花生饼, 蛋白质消化率也没有明显差异; 105 烘干的花生饼蛋白质消化率较低, 远外烘干的花生饼中, 其苏氨酸和缬氨酸的消化率有一定程度的下降, 其它氨基酸差别不大. 不同体长和水温以及蛋白质含量, 对中国对虾蛋白质的消化率的影响的研究. 结果表明, 当体长大于 10.5 cm 时, 中国对虾对蛋白质的消化率开始显著升高; 30 以上时, 蛋白质消化率显著下降; 当饲料蛋白质含量在 43%~60% 区间增加时, 消化率随之上升, 它们之间的正相关关系十分显著^[7]. 中国对虾 (体长为 8.0~9.0 cm) 对 16 种饲料蛋白质和氨基酸的消化率依次为卤虫、蓝蛤、熟豆饼、秘鲁鱼粉、生豆饼、ES 酵母、花生饼、ESB 酵母、棉子饼、肉粉、菜籽饼、羽毛粉、TFL-32 酵母、血粉、麦麸和玉米粉^[8].

2 中国对虾对脂肪的需要

中国对虾对脂肪的利用能力不高, 粗脂肪含量对蛋白质的利用有着明显的制约作用, 在饲料中添加 4% 的脂肪, 对虾生长最佳; 脂肪是影响对虾体质量, 体长生长比速的第一限制因素^[3]. 不同脂肪源对中国对虾增重效果依次是鲨鱼甘油 > 豆油 > 毛虾油 > 花生油 > 虾头油 > 无油组; 以豆油按浓度梯度法喂虾, 其增重率为 8% 最佳.

亚油酸 (18:2 n-6)、亚麻酸 (18:3 n-3)、二十碳五烯酸 (EPA) 和二十二碳六烯酸 (DHA) 等高度不饱和脂肪酸在对虾体内不能合成, 此类不饱和脂肪酸被认为是对虾的必需脂肪酸. 以富含亚油酸的植物蛋白为主要原料的对虾饲料中, 往往缺乏 EPA 和 DHA, 应在对虾饲料中添加鱼油以满足对虾的营养需要, EPA 和 DHA 的生理作用大于亚油酸和亚麻酸, 饲料中亚油酸与亚麻酸及亚油酸与 DHA 的最佳比例为 1.79 和 5.30, 各不饱和脂肪酸之间的最佳比率为 1.056 0.10 0.19, 中国对虾对亚油酸、亚麻酸、EPA 和 DHA 的最适需要百分质量为 1.95%, 1.09%, 0.20% 和 0.37%. 中国对虾的增重率和成活率受饲料中亚油酸和亚麻酸含量和比值的双重影响; 同作为必需脂肪酸, 亚麻酸的活性高于亚油酸. 中国对虾对亚油酸、亚麻酸的最适需要量为 2.16% 和 0.87%, 二者的最适比为 2.48^[9].

中国对虾亲虾的产卵、卵质和饲料中的脂肪酸种类密切相关, 若在饲料中只添加亚麻酸和亚油酸, 饲喂的亲虾不能维持正常的卵巢发育和产卵量, 也不能保证卵、胚胎的正常发育和正常的孵化率; 中国对虾的亚麻酸转化为 EPA 和 DHA 的能力有限, 在亲虾配合饲料中对 EPA 和 DHA 的最低需要量为干饲料的 1.5%, 以维持亲虾正常的产卵和卵质^[10].

3 中国对虾对类固醇的需要

胆固醇和磷脂是虾类必需的营养物质. 胆固醇是合成维生素 D 以及类固醇激素如生长激素、性激素等的前体, 而磷脂具有促进营养物质的消化, 加速脂类物质的吸收, 提供未知生长因子以及引诱虾类摄食等功能. 对于 7.0 g 以上的中国对虾, 饲料中胆固醇的最适含量为 0.5%; 饲料内添加 1%~3% 的磷脂有助于提高对虾的成活率, 而磷脂在饲料中

含量为 1% ~ 5% 范围以内时，磷脂的促生长效果与添加量无关，中国对虾饲料中磷脂的适宜含量为 3%^[11]。

4 碳水化合物和矿物质的需要

糖类主要作为能源和优质粘合剂而被广泛使用。因此在对虾饲料中添加适量的糖类是重要的，在基础饲料中加入各种糖，喂养约 0.5 g 的中国对虾，结果对虾增重以糊精的效果最好，蔗糖次之，以下依次为淀粉、乳糖，而葡萄糖最差；而以 20% 的糊精对虾具有最好的增重率。而中国对虾饲料中糖的最适添加量为 26%，高于或低于此值，对虾皆生长不好^[3]。中国对虾对纤维素的利用能力有限，饲料中添加 4.5% 的纤维素为最适添加量^[3]。

对中国对虾仔虾 (5.88 ~ 7.88 mm)，饲料中钙磷总含量约为 1%，而钙磷比为 1:7.3 时，其体质量增长率与成活率最高；而对于幼虾 (5.0 ~ 6.5 cm)，当钙磷总含量约为 2%，钙磷比为 1:1.7 时，其增重率及饲料转化率最高^[12]。钙磷比中磷含量高，会影响仔虾的成活率和增重，表明中国对虾磷的需求主要是通过饲料补充获得，海水中的钙可基本满足中国对虾的生长。

铜对对虾具有重要的营养作用，铜亦是对虾血液中血蓝蛋白的重要成分。饲料中添加适量的铜可以促进对虾的生长。随着饲料中铜浓度的增加，对虾的增重率呈上升的趋势，但铜浓度过量则会影响对虾生长，这种生长的趋势与对虾肝脏中细胞色素氧化酶的活性变化趋势一致，酶活性越大的对虾增长率越高；中国对虾对铜的需要量约为 53×10^{-6} ^[12]。

锌和锰是生物生长发育所必需的 2 种微量元素，是很多金属酶的辅基。饲料中添加锌对中国对虾未产生明显的促进作用，饲料中锌浓度的变化对羧肽酶 A 的活性并没有影响^[13]；饲料中锰的浓度变化会影响羧肽酶 A 的活性，当在饲料中添加 80×10^{-6} 的锰时，该酶活性最高。尽管添加锌和锰对中国对虾没有明显的促生长作用，但为了使锌、锰金属酶具有一定的活性，发挥正常的生理功能，饲料中添加锌、锰仍是必要的，其添加量锌为 $100 \times 10^{-6} \sim 200 \times 10^{-6}$ ，锰为 $60 \times 10^{-6} \sim 80 \times 10^{-6}$ 。

硒是谷胱甘肽过氧化物酶的重要组成元素，在营养学研究中有着特殊的作用。曾使用半纯化饲料，添加不同浓度的亚硒酸钠，对虾的存活率、增重率、蜕皮频率和对虾组织中谷胱甘肽过氧化物酶活性为指标，结果表明饲料中添加硒可以促进中国对虾生长以及肝脏和肌肉中谷胱甘肽过氧化物酶活性的提高，并且该酶活性与组织中的硒浓度以及与对虾的增重率存在着线性相关关系，中国对虾对硒的需要量约为 20×10^{-6} 。而以体长和体重增长率及特定生长率为指标，饲料中硒的含量应为 0.44×10^{-6} ^[14]；对虾头胸部和腹部肌肉中硒的含量与饲料中硒含量呈线性关系，腹部硒的含量比头胸部含量要低^[14]；饲料中钴的含量对中国对虾生长以及肝脏中羧肽酶 A 活性有影响，饲料中钴含量增加，可促进对虾的生长，但含量大于 75×10^{-6} 时，增长率和增重率都开始下降，对虾肝脏中羧肽酶 A 活性变化趋势与生长趋势完全一致，中国对虾对钴的需要量为 $50 \times 10^{-6} \sim 75 \times 10^{-6}$ ^[15]。饲料中添加碘对中国对虾有明显的促生长效果，添加 30×10^{-6} 的碘，对虾的成活率和增重率最高。

饲料中钾的含量为 1.1% ~ 1.5%，镁的含量为 0.17% ~ 0.40% 时，对中国对虾的生长有一定的促进作用。在饲料中添加不同量的钠，其对对虾未见有任何的促长作用，因为海

水中的钠足以满足其生长需要。

有关中国对虾对维生素的营养需要, 青岛海洋大学水产动物营养与饲料研究室进行了系统的研究, 结果列于表 1。

表 1 中国对虾对维生素的适宜需要量

维生素	对虾体长 /cm	需要量 $\times 10^{-6}$	研究者	维生素	对虾体长 /cm	需要量 $\times 10^{-6}$	研究者
A	3~7	12 000 IU	陈四清, 李爱杰	B ₆	4.8~6.2	14	徐志昌, 刘铁斌
	7~10	12 000 IU			7.7~9.3		
D	7.7~8.7	6 000 IU	陈四清, 李爱杰	LAPP(维生素 C	4.8~6.2	400	徐志昌, 刘铁斌,
				多聚磷酸酯)	7.5~8.6		
E	3~7	44	陈四清, 李爱杰	包膜维生素 C	蚤状幼体	200	张道波, 王克行
	7~10	36		维生素 C 磷酸酯镁	糠虾幼体		
K	3~7	3.6	陈四清, 李爱杰	泛酸钙	5.0~8.0	10	刘铁斌, 张嘉萌
	7~10	3.2		生物素	5.0~8.0		
B ₁	4.7~6.1	6	徐志昌, 刘铁斌	叶酸	4.7~6.5	0.5	刘铁斌, 张嘉萌
	7.4~8.9				6.6~7.1		
B ₂	4.7~6.1	10	徐志昌, 刘铁斌	B ₁₂	5.4~6.5	0.001	刘铁斌, 张嘉萌
	7.4~8.9	20			6.6~7.1		
B ₅	5.0~6.4	40	徐志昌, 刘铁斌	肌醇	5.0~8.0	400	刘铁斌, 张嘉萌
	7.7~8.9			氯化胆碱	5.0~8.0		

中国对虾营养需要虽然有近 20 年的研究历史, 也取得了一定的成果, 然而有一些关键问题尚未解决。如:

(1) 对虾的幼体饵料 (包括开口饵料) 尚依赖活饵, 对幼稚虾的营养生理和定量需要研究非常薄弱; 对虾后期养殖尚需大量补充活饵以替代部分饲料, 这表明强化营养的饲料研究还是空白。

(2) 近年来对虾病毒病的泛滥给我国对虾养殖业带来巨大损失, 有关营养与疾病之间内在关系, 以及营养与免疫的研究应成为今后营养学领域的重中之重。

(3) 随着分子生物学和生物化学技术的发展, 有关营养素与基因表达与调控机理的研究应引起营养学工作者的广泛关注。

参考文献:

- [1] 梁亚全, 李文娟. 对虾不同发育阶段对饲料蛋白质的需要量[J]. 海洋水产研究, 1986(7): 79~88.
- [2] 梁亚全, 李文娟. 对虾配合饲料中动、植物蛋白质的适当比例[A]. 见: 全国鱼虾饲料学术讨论会论文集[C]. 中国水产学会编出版社, 学术期刊出版社, 1988. 177~180.
- [3] 徐新章, 李爱杰. 中国对虾配饵中蛋白质、糖、纤维素、脂肪的适宜含量及日需要量研究[J]. 海洋科学, 1986(6): 1~6.
- [4] 何海琪. 中国对虾必需氨基酸的研究[J]. 海洋与湖沼, 1988, 19(4): 307~313.
- [5] 薛敏, 李爱杰, 董双林. 中国对虾幼体饲料中最佳蛋白能量比研究[J]. 青岛海洋大学学报, 1998, 28(2): 245~251.
- [6] 麦康森. 对虾对饵料蛋白质及氨基酸的消化吸收率[J]. 山东海洋学学报, 1986, 16(4): 45~51.

- [7] 沈晓民,刘永发. 中国对虾对蛋白质、脂肪和淀粉消化率的初步研究[J]. 水产学报,1991,15(3):236~240.
- [8] 荣长宽,梁素秀,岳炳宜. 中国对虾对16种饲料的蛋白质和氨基酸的消化率[J]. 水产学报,1994,18(2):131~137.
- [9] 王树森,朱会杰,王剑英. 中国对虾对亚油酸、亚麻酸的营养需要量[J]. 水产学报,1993,17(1):1~6.
- [10] 李文娟. 高度不饱和脂肪酸对中国对虾亲虾的产卵和卵质量的影响[J]. 水产学报,1998,22(3):240~246.
- [11] 周洪琪,王义强. 中国对虾对胆固醇、磷脂的营养需要量[J]. 水产学报,1991,15(2):148~154.
- [12] 李爱杰,黄宝潮,姜伟风. 饵料中钙磷含量及比值对东方对虾 (*Penaeus orientalis*) 生长的影响[J]. 山东海洋学院学报,1986,16(4):10~17.
- [13] 李荷芳,郝斌,刘发义,等. 饵料中添加锰对中国对虾的影响[J]. 海洋科学,1993(4):48~51.
- [14] 王安利,王维娜,刘存岐,等. 饵料中硒含量对中国对虾生长及其体内含量的影响[J]. 水产学报,1994,18(3):245~248.
- [15] 梁德海,刘发义,孙风. 中国对虾对钴的需要量的研究[J]. 海洋科学,1991(3):12~13.

Advances in the Nutrition Research of Shrimp

ZHOU Qi-cun^{*}, LIU Dong-chao, YE Fu-liang, LI Ai-jie

Abstract: The authors review the advances of nutrition research and formulation of diets for shrimp (*Penaeus chinensis*) in China for about ten years. It mainly includes nutritional requirements of protein, amino acids, fat, fatty acids, carbohydrate, sterol, minerals and vitamins.

Key words: shrimp (*Penaeus chinensis*); nutritional requirement

* Fisheries College, Ocean University of Zhanjiang, Guangdong, Zhanjiang 524025, China