

鱼类营养研究概述*

赵卫红

(盐城工学院 海洋工程系,江苏 盐城 224003)

摘 要:概述了近 10 年来国内外重要养殖鱼类营养的研究进展。包括维持鱼类生长需要的蛋白质、必需氨基酸、碳水化合物、脂肪、必需脂肪酸、维生素和矿物质的需要情况。不同鱼种所需的适宜蛋白质含量不同,一般来说海水鱼比淡水鱼需要量多,幼体比成体需要量大; $\omega 3$ 脂肪酸对海水鱼类较重要,而 $\omega 6$ 对淡水鱼类相对较重要。鱼类由于缺乏胰岛素对糖类分解能力低,因此对碳水化合物的需要量较低。维生素和矿物质不同种类对鱼体产生的影响不同,一定量的维生素和矿物质是维持鱼体生长和存活必不可少的。

关键词:养殖鱼类;营养;概述
中图分类号:S963 文献标识码:A 文章编号:1671-532X(2002)02-0043-07

鱼类营养是鱼类饲料的理论根据,是鱼类养殖的基础。目前我国这方面的研究已取得不小的进展,特别是有关鱼类蛋白质、必需氨基酸和不饱和脂肪酸的研究。这也是目前较热门的几个研究方向,同时也存在不足,例如,鱼类维生素和矿物质的需要量目前还很不确定,尚处于起步阶段。现从蛋白质、必需氨基酸、脂肪、必需脂肪酸、碳水化合物、维生素和矿物质等几个方面对鱼类营养综述如下。

1 蛋白质

鱼类的蛋白质需要目前国内外研究较多。主要着眼于以下几个方面:(1)鱼类饲料的蛋白质最适含量^[1~13];(2)鱼类不同生长阶段的适宜蛋白质含量(见表 2);(3)外界环境对鱼体利用蛋白质的影响;(4)饲料中的蛋白质含量和饲料的利用效率与鱼体抗病能力的关系^[13]。

表 1 一些重要的经济鱼类饲料中蛋白质的最适需要量

Table 1 The best protein requirements in some economical fishes' diets

种类	饲料中蛋白质的含量/%	研究者	种类	饲料中蛋白质的含量/%	研究者
青石斑鱼	50.91-54.78	胡家财等 ^[1]	鳗鱼	>45	赵文 ^[8]
褐鳟	53	Arzell J ^[2]	黄鳍鲷	40	陈婉如等 ^[6]
黑鲷	50.19	刘镜恪 ^[3]	鲤鱼	43.1-44.2	Eckhardt
牙鲆	50	Sang-Minal et al. ^[4]	杂种条纹鲈	40	Gatkin ^[9]
赤点石斑鱼	48.31-49.24	陈学豪等 ^[5]	鲈鱼	43.3	林利民等 ^[10]
真鲷	45	陈婉如等 ^[6]	草鱼	35-30	廖朝兴 ^[11]
鳊鱼	44.7-45.8	吴遵霖等 ^[7]	鲢鱼	28-32	蒋中柱 ^[12]

总的来说,因为鱼肉干物质中 90% 以上是蛋白质,其对蛋白质的需要量比哺乳类和鸟类高,鱼用配合饲料中蛋白质含量一般在 30% 以上,有的

甚至高达 50% 以上。鱼类饲料中蛋白质的最适量因鱼种(表 1)和生长阶段不同(表 2)而不同。一般说来,肉食性鱼类对饲料中蛋白质的需要量

* 收稿日期:2001-12-27
作者简介:赵卫红(1973-),女,江苏东台市人,盐城工学院助教,厦门大学在职硕士研究生。

较高,而草食性鱼类则相对低一些;幼鱼代谢旺盛,生长速度快,对蛋白质的需要量高,成鱼用于增重部分的蛋白质将明显减少,因此需要量较低。

由于饲料蛋白质中氨基酸的种类和数量不

同,鱼类利用饲料蛋白效果也不尽相同。一般植物性饲料中容易缺乏赖氨酸和蛋氨酸等限制性氨基酸,这就要求配制饲料时,必须加入适量的动物蛋白,以提高蛋白质的生物学价值。

表 2 几种养殖鱼类在不同生长阶段饲料蛋白质的推荐量(%)引自王健鹏 1993)

Table 2 The recommending protein requirements in diets of some aquacultural fishes in their different life times(by wang jian-peng ,1993)

	鲤鱼	草鱼	鳊鱼	香鱼	鲢鱼	真鲷	鲑鳟鱼类	青鱼
鱼苗到鱼种	43~47	41~43	50~56	44~45	35~40	45~54	>40	>40
鱼种于接近成鱼	37~42		45~50	45~48	25~38	43~48	>40	>33
成鱼和亲鱼	28~32	15~20			28~32		>40	>28

同种鱼类在不同水温条件下对饲料蛋白质需要量也有差异。在适温范围内,水温愈高,代谢愈旺盛,对蛋白质的需要量愈高,反之则低。刘镜恪(1995)^[3]研究发现体重为 1.9 g 的草鱼在 18~23℃水温下饲料中适宜蛋白质含量为 31.98%,3.9 g 25~26℃时为 48.26%,团头鲂水温 20℃时饲料中的最适蛋白质含量为 27.04%~30.39%,25~30℃为 25.58%~41.40%。

鱼类对蛋白质的需求除与种类、个体大小和水温有关外,还与饲料中的能量多少有关^[10]。现已研究证明,碳水化合物^[14]和脂肪^[15]均有节约蛋白质的作用,这是目前比较热门的一个研究方

向。因为用其它相对廉价的物质代替蛋白质可以降低饲料的成本,提高鱼类养殖的效益。合理的动植物蛋白比也是提高饲料中蛋白质的利用率的一个重要因素^[3,16,17]。

2 必需氨基酸

2.1 必需氨基酸的需要量

各种鱼类所需的必需氨基酸的种类有所不同,对不同的必需氨基酸的需要量也不尽相同^[3,11]。现将鱼类对必需氨基酸需要量的部分研究资料总结于表 3。

表 3 一些主要养殖鱼类必需氨基酸的需要量^[24]

Table 3 Amino acid requirements in diets of some major aquaculture fishes^[24]

氨基酸	大鳞大麻哈鱼	鳊鱼	斑点叉尾鲷	鲤鱼	罗非鱼
赖氨酸	5.0(2.0/40)	5.3(2.0/37.3)	5.1(1.23/24)	5.7(2.2/38.5)	4.1(1.59/40)
苯丙氨酸	5.1(2.1/41)	5.8(2.2/37.7)	5.0(1.2/24)	6.5(2.5/38.3)	
氨酸	(酪氨酸=0)	(酪氨酸=0)	(酪氨酸=0.3%)	(酪氨酸=0.4%)	
蛋氨酸	4.0(1.6/40)	3.2(1.2/37.7)	2.3(0.53/24)	3.1(1.2/38.5)	3.2(1.27/40)
	(胱氨酸=1.0%)	(胱氨酸=0)	(胱氨酸=0)	(胱氨酸=0)	(胱氨酸=0.7%)
苏氨酸	2.2(0.9/40)	4.0(1.5/37.1)	2.0(0.53/24)	3.9(1.5/38.5)	
		0.3(0.13/42.5)			
色氨酸	0.5(0.2/40)	1.1(0.4/37.7)	0.5(0.21/24)	0.8(0.3/38.5)	
精氨酸	6.0(2.4/40)	4.5(1.7/37.7)	4.3(1.03/24)	4.3(1.6/38.5)	4.0(1.59/40)
异亮氨酸	2.2(0.9/41)	4.0(1.5/37.7)	2.0(0.6/24)	2.5(0.9/38.5)	
亮氨酸	3.9(1.6/41)	5.3(2.0/37.7)	3.5(0.84/24)	3.3(1.3/38.5)	
组氨酸	1.8(0.7/40)	2.1(0.8/37.7)	1.5(0.37/24)	2.1(0.8/38.5)	
缬氨酸	3.2(1.3/40)	4.0(1.5/37.7)	3.0(0.71/24)	2.0(1.4/38.5)	

注:数值为必需氨基酸占日食中蛋白质质量的百分数

另外不同种类鱼的限制性氨基酸种类也有所不同,如黑鲷的第一限制性氨基酸为赖氨酸,占必需氨基酸的 18.131%;第二限制性氨基酸为蛋氨酸,占必需氨基酸的 6.351%(刘镜恪
万方数据

1996)^[16]。有关这个方面的研究国外学者做的较多^[9,19~23],而国内学者研究的却较少^[16]。这是一个很有意义的研究方向,因为限制性氨基酸对蛋白质的利用率有着决定性的作用,提高饲料中

限制性氨基酸的含量、鱼体生长率、饲料及消化能摄取量、饲料和能量效率、蛋白质和能量滞留率、蛋白质效率比值、表观蛋白净利用率和能量利用率可能得到成倍的提高^[16]。

2.2 氨基酸的营养性疾病

有关鱼类缺乏某种必需氨基酸的营养性疾病,国外学者已进行了一些研究。虹鳟鱼及红大马哈鱼在缺乏色氨酸之后会导致脊椎侧凸,动脉充血,肾有钙质沉着等现象发生,有时还会造成尾鳍腐烂和白内障^[24]。脊椎侧凸的原因是色氨酸缺乏时本胶原蛋白的合成降低,而本胶原蛋白又是胶原蛋白的先导物质^[24]。

氨基酸缺乏还会造成湖鲮及虹鳟幼体的白内障。Poston 等推测造成白内障的原因是由于蛋氨酸缺乏后,眼球水晶体中的谷胱甘肽合成减少,后者可防止眼球水晶体的流氢群的氧化。

3 脂肪、必需脂肪酸

3.1 脂肪

脂肪是鱼类正常生长和存活所需要的能量和必需脂肪酸的重要来源。脂肪对鱼类的主要功能是氧化释放出能量(约为同量碳水化合物和蛋白质的2倍);有利于鱼类安全越冬,减少死亡率;作为脂溶性维生素A、D、E、K等的载体,促进这些维生素在鱼体内的吸收和利用^[33];在饲料中添加油脂可使炼饵时面团状饲料制作容易,柔韧性好,并且增强了饲料的适口性。

鱼类对脂肪有较高的适应能力和较高的消化能力,但是过量亦会引起鱼体不适,使肝脏中脂肪积聚过多,不利生长^[12]。草鱼、青石斑鱼、鲈鱼和台湾铲颌鱼的最适脂肪含量分别为8.8%^[25]、9.87%左右^[26]、5.4%~15.4%^[27]或7.53%~9.59%^[28]和5%~10%^[29]。

3.2 必需脂肪酸

鱼类的必需脂肪酸(必需从饵料中获取的鱼体自身不能合成的脂肪酸,多数为多不饱和脂肪酸,简称为PUFA)是鱼类饵料中不可缺少的成分之一,鱼类的必需脂肪酸分为亚麻酸(18:3 ω 3)、二十碳五烯酸(20:5 ω 3,简称EPA)、二十二碳六烯酸(22:6 ω 3,简称DHA)等 ω 3系列的脂肪酸和亚油酸(18:2 ω 6)、二十碳四烯酸(20:4 ω 6) ω 6系列的脂肪酸两大类, ω 3和 ω 6的重要性视海水和淡水鱼种而定,一般来说, ω 3系列的脂肪酸对海水鱼较重要,其中数倍DHA和EPA比较重要^[30],淡

水鱼 ω 6较为重要。

高淳仁等(1999年)^[31]对不同脂肪源对真鲷幼鱼生长、存活及体内脂肪酸组成的影响作了研究,真鲷的幼鱼摄食缺乏PUFA(国外学者也称为高度不饱和脂肪酸,简称HUPA)饵料时,其生长增重率和存活率明显低于摄食富含PUFA配合饲料或鱼糜的个体。幼鱼摄食含有PUFA的饵料时,其肌肉和肝脏中极性或非极性脂中脂肪酸组成都有变化,肌肉和肝脏极性脂中的PUFA比非极性脂中PUFA含量高,而且当饵料中不能提供足够的PUFA时,非极性脂中的PUFA明显下降,而极性脂中PUFA变化较小被优先储存。对金鳊(Koven M, et al.)、真鳊(Tandler A, et al.)、罗非鱼(Satooh S, et al.)的研究也发现了同样的结果,即饵料中的PUFA含量会影响总PUFA和非极性脂中的PUFA量,而对极性脂中的PUFA降低作用很小。杨顺德等^[32]也发现 ω 3PUFA的种类和含量不同,鱼体本身的脂质和脂肪酸的含量也发生相应的变化。Sparus aurata(1994)^[33]研究发现随着轮虫的 ω 3PUFA水平的升高,仔鱼的存活率增加,而且仔鱼体内的 ω 3PUFA的含量随着轮虫中的PUFA的增加而增加。

另外,鱼体的最适脂肪源也因种而异,例如鳊的最适脂肪源为鱼油^[8],草鱼稚鱼的最适脂肪源为鱼肝油或鱼肝油、豆油和猪油各1/3混合^[34],作为黑鲷的脂肪源大豆油和鱼油比花生油和猪油好^[30]。

缺乏PUFA对鱼体的生长和繁殖有着较大的阻碍作用。鳊饵料中缺乏必需脂肪酸时,生长受阻,体色暗淡,易患皮肤病,死亡率增加^[8]。海产仔稚鱼饵料中 ω 3PUFA不足会造成成活率降低,生长停滞,出现异常游泳等^[35]。用完全不含 ω 3PUFA饵料在产卵前半年饲养的真鲷亲鱼,其卵的浮上率和孵化率大大低于饵料中含 ω 3PUFA的亲鱼的卵,而且投喂不含 ω 3PUFA饵料的一组,几乎所有的孵化仔鱼都畸形。饵料中脂类的提高对亲鱼的怀卵量和卵质都起着重要作用^[35],而且在一定的范围内随着 ω 3PUFA的增高,幼鱼的日生长率和存活率都有所增加^[27],但是大量摄入PUFA对鱼体也会带来不良影响^[35]。

4 碳水化合物

碳水化合物是鱼类重要的能源物质之一,养殖鱼类每天必需投喂一定的碳水化合物,据报道,

碳水化合物作为能源在某些鱼中比脂肪的利用性高^[36]。鱼的碳水化合物的营养价值因种而异,总的来说,鱼类利用糖能力低,因为鱼类缺乏胰岛素,对糖类的分解能力低。通常海水鱼类或冷水性鱼类可消化碳水化合物的适宜水平小于或等于 20%,而淡水鱼或温水性鱼则高些(见表 4),因为淡水和温水性鱼类肠道里木糖酶活性比海水和冷水性鱼类高。另外饵料中不同碳水化合物相对利

用率不同也和碳水化合物的复杂程度相关。总的说来,大多数鱼类对熟淀粉和糊精的利用比单糖好^[8]。高浓度的碳水化合物对鱼体具有副作用,据报道,饲料中高水平的可消化碳水化合物喂养鲑鱼会导致肝体积增大,糖原含量升高,并与所饲喂的饲料中碳水化合物水平成正比,真鲷、鲮鱼等也有类似的报道。

表 4 不同鱼类饵料中适宜或推荐的可消化碳水化合物水平

Table 4 Recommending carbohydrate level in some fishes' food

鱼种类		可消化碳水化合物/%	资料来源
海水或冷水性	亚洲海鲈	≤20	Boonyarupair(1991)
	大麻哈鱼	≤20	Helland 等(1991)
	鲮鱼	≤20	Cowey 等(1975)
	太平洋鲑鱼	≤20	Hardy(1991)
	虹鳟	≤20	NRC(1981)
淡水或温水性	鲤鱼	30~40	Sato(1991)
	鳊鱼	20~40	Ara(1991)
	草鱼	37~56	Lir(1991)
			廖朝兴(1996) ^[6]
	遮目鱼	35~45	Lin(1991)
	红玉首鱼	~25	EllisReigh(1991)
	条纹鲈和杂交条纹鲈	25~30	BergerHalve(1987)
	罗非鱼	~40	Nematipour(1992) Luque(1991)

5 维生素

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,鲜活食物维生素含量极为丰富,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、浸洗过程中维生素遭到不同程度的损失,如:干枯饲料一般完全失去了维生素 C,易导致鱼类出现维生素缺乏症状。

维生素 C 是鱼饲料中的一种重要的维生素。鱼类对缺乏维生素 C 非常敏感,表现为生长缓慢,鱼体畸形和抗病力降低^[37]。为了满足鱼体正常生长的需要,防止出现维生素缺乏症,每千克饲料中必需含有 100~350 mg 的 V_C^[37],也有资料表明鱼体正常生长、不致出现坏血病的 V_C 需要量为每天 3.0~10.0 mg/kg 鱼体重^[38],具体的用量因种而异^[39~44]。鱼类幼体自体合成不足,相对需求量大,所以一定要添加,随着个体增加,逐渐减少,或季节性(高温、低温、环境不良)添加。V_C 的存在形式也是影响其作用效率的一个重要因素,李爱杰^[44]和姜胜等^[45]在中国对虾的研究中发

现,蚤状幼体包膜维生素 C 的效果比维生素 C 磷酸脂镁好,糠虾幼体维生素 C 磷酸脂镁的效果比包膜维生素 C 好。

表 5 Halver 鱼用维生素混合饲料配方饲料

Table 5 Halver fish's vitamin prescription

mg/kg					
维生素	用量	维生素	用量	维生素	用量
B1		泛酸钙	4.5	K	4
B2	0.62	H	44	E	40
B6	0.54	氯化胆碱	300	A	500(IU)
TP	2.8	C	200	D	2000(IU)

维生素 B₂^[8]和 E^[41,46]也是鱼体生长的两种重要维生素,鱼体缺乏 V_{B2} 时会出现生长不良、鳍和腹部出血、惧光、皮肤炎、昏迷^[8],虹鳟鱼的 V_{B2} 需要量为 3.6 mg/kg 饲料,海水虾的需要量为 22.3 mg/kg 饲料^[28],杂种条纹鲈的最低 E 含量为(28±3)mg/kg 干饲料^[46]。

6 矿物质

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,如大部分钙和部分铁、镁、钴、钾、钠和锌,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,因此矿物质是鱼类生长不可缺少的营养素,缺乏时轻则影响鱼类生长出现病态,重则引起鱼类大量死亡。

目前鱼类的必需微量元素及其需要量还不是很清楚,但普遍认为其它动物所需要的全部或大部分微量元素鱼类都需要,已知鱼类需要 Ca、P、Mg、Fe、I、Se、Zn、Cu 和 Mn 这几种矿物元素。其中 Ca 和 P 是鱼类两个重要的微量元素,Dougall D S^[46]研究发现杂种条纹狼鲈饲料中的最适 P 含量为 0.58%,美洲丽鱼^[48]的饲料最佳 Ca、P 含量分别为 1.5 g/kg 和 1.8 g/kg,P、Fe 是遮目鱼饲料必

需添加的无机盐,而 Mg、Zn、Mn 对遮目鱼的生长则无影响^[49],这可能是因为遮目鱼能较好从周围环境中摄食满足自身生长所需要的 Mg、Zn、Mn;适量的 Cu 可促进对虾生长,在 CuSO₄ 添加量为 53 mg/kg 饲料时,肝胰脏中细胞色素氧化酶活性最高,生长最好(刘发义等 1990);魏万权等^[50]认为添加 Zn 对牙鲆鱼苗具有促生长作用,建议在牙鲆的使用饲料中 Zn 添加量应大于 80mg/kg,Zn 的总含量应为 119.2mg/kg 以上,鲑鱼苗^[51]的生长对 Mn 有一定的要求。

鱼类对微量元素需求的研究进展缓慢,目前只有部分微量元素被确认为鱼类的必需微量元素,原因之一可能正如上文所提到的,由于周围水体中的微量元素的影响,很难确定微量元素的最低需要量和饲料中的微量元素的利用率,现将鱼类对矿物质的一般需要量和缺乏症总结于表 6。

表 6 鱼类矿物质的一般需要量和缺乏症^[8](mg/kg 饲料)

Table 6 Fish's general dietary mineral elements requirements and symptom caused by thier lackness (mg/kg)					
矿物质元素	鱼类一般需要量 (mg/kg food)	缺乏症	矿物质元素	鱼类一般需要量 (mg/kg food)	缺乏症
Ca	5000	生长下降,食欲不振,饲料转化率差	Mn	13~50	短躯症
P	7000	—	Al	—	短躯症
Mg	500	—	Co	微量	—
Na	1000~3000	—	Zn	30~100	短躯症
K	1000~3000	—	I	0.1~0.3	短躯症
S	3000~5000	—	F	极微量	—
Cl	1000~5000	—	Se	极微量	—
Fe	50~170	生长不良	Cr	极微量	—
Cu	1~4	短躯症	Mo	极微量	—

总之,鱼类日食中必需含有一定的矿物质。人工配合饲料中添加量因种而异,同时重要矿物质之间配比也是影响矿物质作用效率的一个重要

因素,虹鳟^[52]和美洲丽鱼^[48]最适的 Ca:P 比分别为 1:1 和 1.3:1。

参考文献：

[1] 胡家财,周立红,洪惠馨.青石斑鱼人工配合饲料中蛋白质含量的研究[J].厦门水产学院学报,1995,17(2):18-22.

[2] Arzel J, Meailler. The protein requirement of brown trout (Salmo trutta) [J]. Aquac, 1995, 130(1):67-78.

[3] 刘镜恪,王可玲,王新成,等.黑鲷饲料中最适蛋白质含量及动植物蛋白比的研究[J].海洋与湖沼,1995,26(4):445-448.

[4] Sang-Minl, Sung-Hwoall C, Kyoung-Duck K. Effect of dietary protein and energy levels on growth and body composition of juvenile flounder Paralichthys olivaceus [J]. J World Aquac Soc, 2000, 31(3):306-315.

[5] 陈学豪,林利民,洪惠馨.赤点石斑鱼人工配合饲料中蛋白质最适含量的研究[J].厦门水产学院学报,1995,14(4):407-412.

[6] 陈婉如,陈鹏云.真鲷、黄鳍鲷配合饲料的研究[J].中国饲料,1996,18:21-24.

[7] 吴遵霖,李桂云,何顺清,等.鳊幼鱼配合饲料最适蛋白质含量初步研究[J].水利渔业,1995,5:3-6.

- [8] 赵文. 日本鳗鲡的营养研究进展[J]. 饲料博览, 1996 (6): 36-37 和 1997 (1): 44-45.
- [9] Gatlin D M. Nutritional requirements of hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *M. Saxatilis*) [J]. Aquac. Absts, 1995, 12(3): 1762.
- [10] 林利民, 胡家财, 洪惠馨. 鲈鱼 (*Lateolabrax japonicus*) 人工配合饲料中蛋白质最适含量的研究[J]. 厦门水产学院学报, 1994, 16(1): 5-10.
- [11] 廖曹兴. 草鱼饲料营养成分适宜值分析[J]. 淡水渔业, 1996, 26(4): 3-5.
- [12] 蒋中柱. 鱼类的食性、营养和饲料[J]. 粮食科技与经济, 1998, 5: 38-40.
- [13] Gunasekera R M, De Silva S S, Collins R A. Effect of dietary protein level on growth and food utilization in juvenile Murray cod *Morone whitleyi* [J]. Aquac Res, 2000, 21(2): 181-187.
- [14] Erfrannullah, Jafri A K. Protein-sparing effect of dietary carbohydrate in diets for fingerling *Labeo rohita* [J]. Aquac, 1995, 13(3/4): 331-339.
- [15] 陈学豪, 胡家财, 周立红. 青石斑鱼配合饲料中脂肪节约蛋白质的初步研究[J]. 厦门水产学院学报, 1996, 18(1): 21-24.
- [16] 刘镜恪. 黑鲷的营养需要及配合饲料研究[J]. 海洋湖沼通报, 1996, 3: 49-53.
- [17] 郑建平. 饲料中动植物蛋白质含量对日本鳗鲡生长的影响[J]. 粮食与饲料工业, 1995, 7: 23-25.
- [18] 赵兴文, 毕宁阳, 刘焕亮. 真鲷对蛋白质和必需氨基酸需要量的研究[J]. 大连水产学院学报, 1995, 10(4): 13-18.
- [19] Boren R S, Gatlin D M. Dietary threonine requirement of juvenile red drum *Sciaenops ocellatus* [J]. J World Aquac Soc, 1995, 26(3): 279-283.
- [20] Small B C, Soares J H. Quantitative dietary threonine requirement of juvenile striped bass *Morone saxatilis* [J]. J World Aquac Soc, 1999, 30(3): 319-323.
- [21] Ngamshae P, Silva S S, Gunasekera R M. Arginine and phenylalanine requirement of juvenile silver perch *Bidyanus bidyanus* and validation of the use of body amino acid composition for estimating amino acid requirements [J]. Aquac Nutr, 1999, 5(3): 173-180.
- [22] Fagbenro O A, Nwana L G, Adebayo O T. Dietary arginine requirement of the African catfish, *Clarias gariepinus* [J]. J Appl Aquac, 1999, 9(1): 59-64.
- [23] Fagbenro O A, Nwana L G. Dietary tryptophan requirement of the African catfish, *Clarias gariepinus* [J]. J Appl Aquac, 1999, 9(1): 64-72.
- [24] 王健鹏. 鱼类对蛋白质和氨基酸的需要[J]. 饲料博览, 1993, 6: 35-36.
- [25] 刘伟, 任本根. 饲料中不同脂肪含量对草鱼稚鱼生长的影响[J]. 江西科学, 1995, 13(4): 219-223.
- [26] 周立红, 胡家财, 陈学豪. 青石斑鱼人工配合饲料中脂肪适宜含量的研究[J]. 厦门水产学院学报, 1995, 17(2): 13-16.
- [27] 周光正, 王远隆, 王淑君. 海水仔稚鱼对于 n-3 高度不饱和脂肪酸需要量的研究现状[J]. 海洋湖沼通报, 1996, 3: 72-76.
- [28] 洪惠馨, 林利民, 陈学豪, 等. 鲈鱼人工配合饲料中脂肪的适宜含量研究[J]. 集美大学学报, 1999, 4(2): 41-44.
- [29] 黄承辉, 熊文俊. 饲料脂质含量对台湾铲颌鱼成长与肌肉组成之影响[J]. 台湾水产学会刊, 1999, 26(2): 96-102.
- [30] 季文娟. 饲料中对黑鲷幼鱼生长和鱼体脂肪组成的影响[J]. 海洋水产研究, 1999, 20(1): 69-74.
- [31] 高淳任, 雷霖霖. 不同脂肪源对真鲷幼鱼生长、存活及体内脂肪酸组成的影响[J]. 中国水产, 1999, 3(3): 56-60.
- [32] 杨顺德, 何源兴, 刘擎华, 等. 不同 n-3 高度不饱和脂肪酸含量之饲料对本身鱼体脂质与脂肪酸组成的影响[J]. 台湾水产学会刊, 1995, 22(2): 147-161.
- [33] Rodriguez C, Perez J A, Izquierdo M S, et al. Essential fatty acid requirements of larval gilthead sea bream *Sparus aurata* (L.) [J]. Nutri Abst Rev (series B), 1994, 64(6): 2822.
- [34] 刘伟, 徐萍, 任本根, 等. 不同脂肪源饲料对饲料草鱼稚鱼生长的影响[J]. 水产学报, 1995, 19(4): 362-365.
- [35] 左板博文. 高度不饱和脂肪酸对海产鱼卵质量的影响[J]. Aquac, 2000, 37(3): 114-117.
- [36] Querijero BL. 鬼长臂虾稚虾对硬脂酸和碳水化合物源的利用[J]. 日水志, 1998, 64(1): 151.
- [37] 李战胜, 冯敏山. 水产饲料中的维生素 [J]. 中国饲料, 1999, 19: 29-31.
- [38] 刘宗柱, 张培军, 刘德泽. 鱼虾饲料中维生素 C 的需求和保护[J]. 海洋科学, 1997, 3: 43-45.
- [39] 宋建兰, 林海, 刘晓牧. 维生素 C 对高温应激鲤鱼生长指标及蛋白质消化率影响的初步研究[J]. 动物营养学报, 2000, 12(3): 56.

- [40] Toyama G N , Corrente J E , Cyrino J E P. Vitamin C diet supplementation for sex reversal of the Nile tilapia[J]. Sci Agr , 2000 , 57(2) : 221 – 228.
- [41] Emata A C , Borlongan I G , Damaso J P. Dietary vitamin C and E supplementation and reproduction of milkfish *Chanos chanos* Forsska[J]. Aquac Res , 2000 , 31(7) : 557 – 564.
- [42] Sealoy W M , Gatlin D M. Dietary vitamin C requirement of juvenile striped bass *Morone saxatilis*[J]. J World Aquac Soc , 1999 , 30(3) : 319 – 323.
- [43] Aguirre P , Gatlin D M III . Dietary vitamin C requirement of red drum , *Sciaenops ocellatus*[J]. Aquac Nutri , 1999 , 5(4) : 247 – 249.
- [44] 李爱杰. 不同剂型维生素 C 对中国对虾的营养研究[J]. 青岛海洋大学学报 , 1995 , 25(4) : 481 – 487.
- [45] 马牲 张道波 王克行. 饵料添加包膜维生素 C 和维生素 C 磷酸酯镁对中国对虾幼体的影响[J]. 海洋与湖沼 , 1999 , 30(3) : 273 – 277.
- [46] Kocabas A M , Gatlin D M. Dietary vitamin E requirement of hybrid striped bass(*Morone chrysops* female $\times$ *M. saxatilis* male) [J]. Aquac Nutr , 1999 , 5(1) : 3 – 7.
- [47] Dougall D S. Dietary phosphorus requirement of juvenile striped bass *Morone saxatilis*[J]. J. World Aquac Soc , 1996 , 27(1) : 82 – 91.
- [48] Chavez-Sanchez C , Martinez-Palacios C A , Martinez-Perez G , et al. Phosphorous and calcium requirements in diet the American cichlid *Cichlasoma urophthalmus*[J]. Aquac Nutr , 2000 , 31(2) : 181 – 187.
- [49] Minoso M G , Borlonga I G , et al. 在遮目鱼饲料中添加无机盐的必要性[J]. 日水志 , 1999 , 65(6) : 1118.
- [50] 魏万权 李爱杰 李德尚. 饲料中添加 Zn 对牙鲆生长和生长指数的影响[J]. 青岛海洋大学学报 , 1999 , 29(1) : 60 – 66.
- [51] Maage A , Lygren A , Elmowafi A F A. Manganese requirement of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry[J]. Fish Sci , 2000 , 66(1) : 1 – 8.
- [52] Porn-Ngum N , Saroh S , Takeuchi T , et al. Effect of the ration of phosphorous to calcium on zinc availability to rainbow trout in high phosphorous diet[J]. Nutr Abstr Rev. (Series B) , 1995 , 65(4) : 267.

General Review of the Important Aquacultural Fishes ' Nutrition

ZAO Wei-hong

(Department of Ocean Engineering of Yancheng Institute of Technology Jiangsu Yancheng 224003 China)

Abstract :The paper generalized the research on nutrition of some important aquacultural fishes in the recent 10 years including fish 's requirements of protein , essential amino acid , carbohydrate , lipid , essential fatty acid , vitamin as well as material element. In a generalizing word , seawater fish often needs more protein than freshwater one , and young fish than mature one. ω 3 fatty acid is essential to seawater fish while ω 6 one is important to freshwater fish. Fish needs less carbohydrate than other animal because its low decomposing ability and the absence of insulin. Material and vitamin is essential to young fish and in especially season , such as hot season and cold season as well as in disadvantage environments.

Keywords :Aquacultural fish ; Nutrition ; General review