

# 鱼类营养和我国几种主要养殖对象的营养指标

杨国华 郭履骥 李军 顾道良

(上海市水产研究所)

有关鱼类营养的知识是养鱼配合饲料的基础理论。为维持鱼的健康和快速生长,使养殖业获得良好的经济效益,制定合理、有效的饲料配方,是养鱼业中带有关键性的问题,而营养指标又是制定配方的依据。本文对鱼类营养作了综合性的概述,提出了我国主要养殖对象的建议营养指标,以供参考。

## 一、鱼类对营养物质的需要

鱼类对营养物质的需要,与高等动物一样,即在质量上大体是相同的,但在数量上都存在许多区别(Hastings, 1976)。鱼类的生命全过程需要蛋白质、脂肪、碳水化合物、维生素和矿物质五类主要营养物质。不同的及相同的鱼类在不同的发育阶段,环境条件的不同以及养殖方式、强化培育程度等等都要影响其对营养物的需要数量甚至质量。

(一) 蛋白质 这是最重要的营养成分,是构成生命的物质基础。所谓增长,主要是指蛋白质在鱼体的积累。鱼类对蛋白质的数量需要已有许多报道:大鳞大麻哈鱼需要 40% (8.3°C)

和 55% (14.4°C) 的饲料蛋白才能获得最佳的生长(Delong 和 Halver, 1958);鳊苗的最适饲料蛋白含量为 45% (Nose 和 Shigern, 1972);鲤鱼则为 38% (Ogino 和 Saito, 1970);斑点叉尾鲷为 35% (20°C) 和 40% (25°C) (Dupree 和 Sneed, 1966, 转引自 NAS-NRC, 1977);硬头鲮为 40% (Benedict, 1974);青鱼夏花的最适饲料蛋白量为 41% (杨国华和李军等, 1981);草鱼鱼种则约为 23—28% (林鼎等, 1980)。

鱼类对饲料蛋白质的需要较家禽和家畜显著为高,这是鱼类营养学上的一个明显特点。因为蛋白质除供给生长外,还是能量的一个主要来源。

饲料蛋白质的含量过低可减慢生长甚至使鱼减重,过高则可能造成毒性影响,也不经济。

鱼类应用饲料蛋白质的推荐值(表1)。本文提出的营养指标,规定各龄草鱼的饲料蛋白质含量分别为 30%, 25% 和 20%,鲤鱼相同于青鱼,团头鲂则相同于草鱼。这既考虑到了养殖效果,也考虑了饲料的经济性。这样的饲料

表 1 推荐的鱼类应用饲料蛋白质的含量 (%)\*

鱼名	鱼苗到鱼种	鱼种到接近成鱼	成鱼和亲鱼
鲈鱼	35~40	25~36	28~32
鳊鱼	50~56	45~50	
鲤鱼	43~47	37~42	28~32
香鱼	44~51	45~48	
真鲷	45~54	43~48	
青鱼**	41	33	28

\* 依 NAS-NRC, 1977。

\*\* 依杨国华和李军等, 1981; 指 1, 2, 3 龄的青鱼。

蛋白指标, 大部分均经过本所养殖试验的检验, 取得了良好的养殖结果。

(二) 氨基酸 被摄食进鱼体的蛋白质, 必需经过消化水解为氨基酸才能合成体蛋白。因此, 对蛋白质的需要实质上也就是对氨基酸的需要。

1. 氨基酸的质量要求 迄今关于鱼类对氨基酸的质量要求已有许多重要研究, 其结论是: 精氨酸、组氨酸、异白氨酸、白氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、色氨酸和缬氨酸是共同的必需氨基酸 (indispensable amino acids), 鱼体并没有任何生物合成能力, 饲料中缺乏这些氨基酸中的任何一种, 鱼类将停止生长; 而其它氨基酸, 鱼体具有生物合成能力, 一旦缺乏, 仍可正常生长, 因而称为非必需氨基酸 (dispensable amino acids)。这些研究结果表明, 鱼类的必需氨基酸既区别于人类, 也不象幼猪和幼鼠, 而相似于小鸡 (Halver, Delong 和 Mertz, 1957)

2. 氨基酸的数量要求 鱼类对必需氨基酸的数量要求, 也就是这些氨基酸在饲料中的配比, 只是在细致的控制条件下对少数几种鱼做过研究, 而且有些研究还是很不完善的。鱼类和其它一些动物对氨基酸数量要求的总结资料见表 2。

利用鱼类对氨基酸需要的资料和鱼饲料氨基酸的分析资料, 可以组成氨基酸平衡即氨基酸的配比十分合理的鱼饲料, 这在生产实践上颇具重要性。

为了使氨基酸的配比合理, 可在饲料中添加极少量的工业品氨基酸以提高整个饲料的营

养价值。这在鲑科鱼类和虹鳟已被证实是有效的, 但是温水性鱼类利用自由氨基酸的能力却有很大的不同, 往往不能取得良好效果 (Halver, 1980)。

由于研究鱼类对氨基酸的数量要求是一件很困难的事, 因此可用鱼肉蛋白氨基酸的分析资料作为标准, 以组成氨基酸比较平衡的饲料。本文关于氨基酸的营养指标就是这样制定的。

(三) 脂肪 是高能物质, 氧化一克脂肪所产生的生理能量, 对于鱼类来说要相当于蛋白质和碳水化合物的 2.25 倍。鱼类对脂肪有特殊高的利用能力, 由鱼体增重和作为能量部分的消耗, 其总的利用率可高达 90% (Hastings, 1976), 因此, 鱼饲料中存在适量的脂肪可以节约蛋白质, 加快鱼类的生长, 特别是对于处于快速生长的鱼苗和幼鱼。

脂肪不仅是能量的重要来源, 而且还提供鱼类的必要脂肪酸, 因为鱼类能够合成饱和脂肪酸和  $\omega_9$ 、 $\omega_7$  系列的不饱和脂肪酸, 但却不能合成  $\omega_3$  和  $\omega_6$  系列的不饱和脂肪酸。为此, 在优质鱼饲料中, 往往添加适量的精制鱼油, 以增加能量和供给长碳链的多不饱和脂肪酸。但是, 海洋鱼类和淡水鱼类对不饱和脂肪酸的需要是有区别的。前者要求在饲料中含有多量的由 20—22 个碳原子并且五个和六个双键的  $\omega_3$  系列的多不饱和脂肪酸 (Halver, 1976), 而淡水仅要求少量的此类脂肪酸 (NAS-NRC, 1977)。比如象真鲷和大菱鲆, 长碳链的不饱和脂肪酸一旦缺乏, 就可能引起体色暗淡、惊愕过敏和肝巨大等症状 (Hastings, 1976; Lovell, 1976)。而淡水鱼, 一般的陆生植物油即可满足其对脂肪酸的要求 (NAS-NRC, 1977)。

鱼类应用饲料中的脂肪含量随着养殖鱼种的不同而有较大的变化, 大体在 10% 左右。脂肪的添加效果, 不完全取决于数量, 而且还取决于质量。氧化脂肪含有醛、酮、酸等对鱼类有毒的物质, 可引起生长减慢、成活率降低、贫血、肌肉萎缩等症状 (Hastings, 1976; NAS-NRC, 1977)。由于脂肪来源的困难, 在今后的鱼类应用饲料中, 脂肪有可能成为仅次于蛋白质的第

表2 一些鱼类和动物对氨基酸的需要<sup>1)</sup>

氨基酸	鳊鱼种	鲤鱼苗	鲇鱼	大鳞大麻哈鱼	鸡	幼猪	兔
精氨酸	3.9(1.7/42)	4.3(1.65/38.5)		6.0(2.4/40)	6.1(1.1/18)	1.5(0.2/13)	1.0(0.2/19)
组氨酸	1.9(0.8/42)			1.8(0.7/40)	1.7(0.3/18)	1.5(0.2/13)	2.1(0.4/19)
异白氨酸	3.6(1.5/42)	2.6(1.0/38.5)		2.2(0.9/41)	4.4(0.8/18)	4.6(0.6/13)	3.9(0.5/13)
白氨酸	4.1(1.7/42)	3.9(1.5/38.5)		3.9(1.6/41)	6.7(1.2/18)	4.6(0.6/13)	4.5(0.9/19)
赖氨酸	4.8(2.0/42)		5.1(1.23/24)	5.0(2.0/40)	6.1(1.1/18)	4.7(0.65/13)	5.4(1.0/19)
蛋氨酸 <sup>2)</sup>	4.5(2.1/42) <sup>3)</sup>	3.1(1.2/38.5)	2.3(0.56/24)	4.0(1.6/40) <sup>3)</sup>	4.4(0.8/18)	3.0(0.6/20)	3.0(0.6/20)
苯丙氨酸 <sup>4)</sup>				5.1(2.1/41) <sup>3)</sup>	7.2(1.3/18)	3.6(0.45/13)	5.3(0.9/17)
苏氨酸	3.6(1.5/42)			2.2(0.9/40)	3.3(0.6/18)	3.0(0.4/13)	3.1(0.2/19)
色氨酸	1.0(0.4/42)			0.5(0.2/40)	1.1(0.2/18)	0.8(0.2/25)	1.0(0.2/19)
缬氨酸	3.6(1.5/42)			3.2(1.3/40)	4.4(0.8/18)	3.1(0.4/13)	3.1(0.4/13)

依 NAS-NRC, 1977

- 1) 以饲料蛋白的百分比表示,括号外的数字为氨基酸占饲料蛋白的百分数,括号内的数值,分母表示饲料中的蛋白含量百分比,分子为氨基酸占干饲料的百分数;
- 2) 无胱氨酸存在;
- 3) 蛋氨酸+胱氨酸,对于大鳞大麻哈鱼,此数值是 0.6+1.0;
- 4) 无酪氨酸存在;
- 5) 苯丙氨酸+酪氨酸,对于大鳞大麻哈鱼,此数值是 1.7+0.4。

## 二位限制因素 (Halver, 1976)。

养殖的淡水鱼类,对脂肪需要的研究还很少。根据目前的养殖实践,可以认为添加 3% 的植物油或植物油磷脂,使整个饲料的含脂量达到 5% 是适宜的。

(四) 碳水化合物 鱼类具有消化碳水化合物的酶类,参与糖代谢的酶类也已经得到了证实 (Halver, 1976)。因此,在计算饲料的能量时,可认为碳水化合物(指无氮浸出物)具有 4 千卡/克的生理能量,在含量适宜的范围内,对蛋白质有节约作用。

鱼类因种的不同,对碳水化合物的利用能力区别很大,比如肉食性、杂食性和草食性鱼类就是如此。一些适应于吃草类的鱼有淀粉酶和纤维素酶,能有效地消化粗淀粉和粗纤维,例如遮目鱼 (Hastings, 1976)。我国的草鱼,能以多种草类为饲料,实践表明,它也能适应低蛋白、高淀粉、高纤维素的饲料。但是,对于肉食性鱼类,情况就大不一样。如摄食过多碳水化合物,将引起脂肪肝。

由于鱼类利用碳水化合物的能力终究是有限的。因此鱼饲料中的碳水化合物应该有一个恰当的含量。按 Hastings (1976) 的营养指标,温水鱼类应用饲料中的碳水化合物适宜含量为

30%,而冷水鱼类为 21%。根据我国的国情,将主要养殖对象按年龄的不同,规定无氮浸出物的含量为 25—45%,只要注意合理投饵,在饲料中添加适量的甲基源(氯化胆碱)或投喂一定数量的天然饲料,就可以防止脂肪肝的产生,因而这一指标可认为是适宜的。

(五) 维生素 这是一类分子量低的活性物质,参与代谢反应。鱼类如长期缺乏维生素,就可能造成代谢的失调,产生许多缺乏症,甚至死亡。

用去维生素的精制饲料,已经对一些鲑科鱼类 (Halver 等, 1957; 1972) 和虹鳟 (Phillips, 1957)、鲇鱼 (Dupree, 1966; Wilson, 1973; Andrews, 1974, 1975; Lovell, 1973; 均转引自 Lovell, 1976)、鳊鱼、鲤鱼和香鱼等(桥本芳郎, 1972) 的维生素需要和缺乏症进行了许多的研究。

根据这些研究,已经知道作为维生素的物质其中绝大多数都是鱼类所需要的。对氨基苯甲酸在所有试验过的鱼中都未产生缺乏症状。鲇鱼对肌醇、鲤鱼对叶酸以及鲤鱼和大鳞大麻哈鱼对 B<sub>12</sub> 也未产生缺乏症状。Lovell (1976) 认为,鲶鱼肠道里的细菌具有相当可观的合成生物素的能力,因此,只有在提高饲料能量的情

况下,生物素的添加才有必要。

最近十多年来,许多作者对维生素C的生理功能进行了许多的研究,表明其对鱼类的正常生长和修复伤口都很重要。鱼饲料中缺乏维生素C可引起虹鳟、银大麻哈鱼、鲑鱼等的脊椎前突症(lordosis)和脊椎弯曲症(Scoliosis)(Ashley, Halver等1975和Lovell, 1976)。

与水溶性维生素相比,鱼类对脂溶性维生素需要的研究要少得多。研究证明,鱼类的正常生长需要维生素A、K和E;当水中的钙含量丰富时,鲑科鱼类的正常生长并不需要维生素D(Halver, 1976)。但是Poston(1968)指出,维生素D<sub>3</sub>可以促进钙在肠管内的吸收,在一些试验条件下还可促进生长(转引自Halver, 1976)。

鱼类应用饲料中的维生素添加量可以在文献中找到。但是,鱼类对维生素的需要并不是一个一成不变的固定值,而是要随着多种因素的影响而变化。此外,在考虑应用饲料的维生素配方时,还必需考虑到维生素在加工和贮藏过程中的损失,因而一般都有50—100%的保险系数(Halver, 1976)。

在添喂天然新鲜饲料(比如养草鱼添喂草类)的养殖方式下,配合饲料中维生素的质和量都可以从低要求,甚至完全不添加。

(六) 矿物质 这不仅是构成鱼体的成分,还是酶系统的重要催化剂,具有多方面的生理功能。缺乏时,可产生许多缺乏症。

鱼类生活在水中,可以通过渗透、扩散等多种形式吸收一部分水中的离子,但却远不能满足鱼类的需要。因此其主要来源,还必需依赖食物。

和哺乳动物一样,鱼类对钙、磷的需要量较其它元素要多得多。许多经典的研究指出,除非是特别软的水,鱼类可以从水中吸收钙而满足生长的需要,但是吸收磷就困难得多了。

鱼类对饲料中磷的利用率较其它饲养动物要低一些(Lovell, 1976)。根据Aoe的研究,无胃类的鲤鱼对鱼粉中磷的消化率是低的;Cruz(1975)测定鲑鱼对鱼粉中磷的消化率仅为

40%(均转自Lovell, 1976)。因此,鱼饲料中磷的添加应该给予特别的重视。缺乏磷的鲤鱼,可使头盖骨和鳃盖畸形,同时使眼球突出(NAS-NRC, 1977)。

Lovell(1976)对斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*)磷的需要进行了细致的研究。在饲料中增加钙的含量对生长造成的差异是很少的,而增加磷的作用却很显著,大约0.42%的磷添加量对生长最为有利,超过0.5%亦无必要。

鳊鲈、鲤鱼和真鲷对饲料中可利用磷的最低需要量分别为0.3%, 0.6—0.75%和0.65%(NAS-NRC, 1977)。

除钙、磷外,其它一些无机成分钾、镁、钠、氯、铁、锰、锌、铜、碘、钴、硒等也都是鱼类所必需的。其中缺碘可造成甲状腺肥大症(Garlord和Marsh, 1914,转引自Halver, 1976; Woodall等, 1964)鲤鱼对镁的需要量为饲料成分的0.05%,改变饲料中镁、钾、铜和碘的含量,可引起生长速度的差异。饲料中含有过高的钾、铁、锌、铜、碘和钼能延缓生长。饲料中低剂量的铁和铜,可以使鱼类的血球数量减少(均引自NAS-NRC, 1977)。

鱼类应用饲料中的矿物混合剂配方可从许多文献中找到。杨国华、郭履骥等(1979)所制定的以磷酸氢钙为主体成分同时兼顾其它微量成分的矿物混合剂配方可广泛应用于我国的主要养殖对象,其在饲料中的添加量一般可控制在1—1.5%。

## 二、几种主要养殖对象的营养指标

为养殖对象制定比较全面的营养指标并据此拟定饲料配方,对于配合饲料养鱼业来说是十分重要的。但是,至今还缺乏这样的资料。因此,为我国的主要养殖对象制定一个建议的营养指标,以供有关方面参考,对于发展配合饲料养鱼业应该说是很重要的。

根据上面有关的叙述,本文对我国的主要养殖对象提出了建议营养指标(表3),其中青鱼饲料蛋白质含量是根据专题研究确定的(杨国华、李军等, 1981);草鱼则基本上按照林鼎、

表3 推荐的可供快速生长的我国几种主要养殖对象的营养指标(1000克饲料中所含主要营养物质)

营 养 物	青 鱼			草 鱼**			二龄鲤	二龄团 头鲂**
	一 龄	二 龄	三 龄	一 龄	二 龄	三 龄		
粗蛋白(克)	410	330	280	300	250	200	280	250
精氨酸	28.1	22.6	19.2	20.9	17.5	14.0	19.2	17.5
组氨酸	9.2	7.4	6.3	6.4	5.3	4.2	6.3	5.3
白氨酸	30.2	24.3	20.6	25.5	21.3	17.0	20.6	21.3
异白氨酸	17.0	13.7	11.6	14.7	12.3	9.8	11.6	12.3
赖氨酸	32.8	25.6	21.7	21.3	17.8	14.2	21.7	17.8
蛋氨酸(存在胱氨酸)	6.3	5.8	4.9	4.9	4.1	3.3	4.9	4.1
苯丙氨酸	15.7	12.7	10.8	11.2	9.3	7.5	10.8	9.3
苏氨酸	19.8	15.9	13.5	12.7	10.6	8.4	13.5	10.6
色氨酸	3.5	2.8	2.4	2.4	2.0	1.6	2.4	2.0
缬氨酸	21.2	17.1	14.5	13.0	10.8	8.6	14.5	10.8
粗脂肪(克)	55	50	46	48	45	42	46	45
无氮浸出物(克)	250	340	385	365	380	425	385	380
能量(千卡)	3135	3130	3074	3092	2925	2878	3074	2925
矿物混合剂*	10	10	15	15	15	15	15	15
维生素(毫克或国际单位)*								
B <sub>1</sub>	5	5	5	20	20	20	5	20
B <sub>2</sub>	10	10	10	10	10	10	10	10
B <sub>6</sub>	20	20	20	10	10	10	20	10
菸酸	50	50	50	50	50	50	50	50
泛酸钙	20	20	20	20	20	20	20	20
叶酸	1	1	1	1	1	1	1	1
氯化胆碱	500	500	500	500	500	500	500	500
抗坏血酸	50	50	50	50	50	50	50	50
B <sub>12</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
A	5000I. U.	5000I. U.	5000I. U.	5000I. U.	5000I. U.	5000I. U.	5000I. U.	5000I. U.
D <sub>3</sub>	1000I. U.	1000I. U.	1000I. U.	1000I. U.	1000I. U.	1000I. U.	1000I. U.	1000I. U.
E	10	10	10	10	10	10	10	10
K	3	3	3	1	1	1	3	1

\* 指添加量,生物素和肌醇是否需要或添加量尚未确定。

\*\* 在添喂新鲜草类的条件下,维生素的种类和数量可以从低要求,甚至完全不添加。

毛永庆等(1980)的研究报告;二龄团头鲂和鲤鱼分别借用了二龄草鱼和三龄青鱼的指标。其中鲤鱼的饲料蛋白质的含量较国外稍低,这是考虑到国情和鲤鱼的养殖较为容易的缘故。青、草鱼饲料中十种必需氨基酸的含量是根据其鱼体氨基酸的分析资料和饲料蛋白的含量推算出来的,其中蛋氨酸的含量较低,是因为考虑到了胱氨酸对蛋氨酸的节约作用。青鱼的维生素混合剂配方是参照日本长野鲤鱼处方(Nomura, 1969)经适当修改并经上海市水产研究所四年的养殖实践经几度调整确定的,与长野处方比较,主要是增加了维生素C、菸酸和B<sub>6</sub>的用量,

但降低了维生素E的含量并实际上去掉了生物素和肌醇,这样在总体上成本大大降低,同样获得了良好的养殖效果。考虑到草鱼饲料的碳水化合物含量高而蛋白质含量低,因而增加了B<sub>6</sub>的量,同时减少B<sub>6</sub>的用量。此外,将饲料的能量值确定为每公斤3000千卡左右是适宜的,能量太低,将影响鱼的生长速度,同时影响蛋白质的利用率。

### 参 考 文 献

林鼎、毛永庆和蔡盛发 1980 鲢鱼鱼种生长阶段蛋白质最适需要量的研究。水生生物学集刊, 7(2): 207-212。

(下转第60页)

(上接第55页)

- 杨国华、郭履骥等 1979 利用配合饲料饲养青鱼的研究。水产科技情报, (1): 2—7。
- 杨国华、李军、郭履骥和顾道良 1981 夏花青鱼饵料中的最适蛋白质含量。水产学报 5(1): 49—55。
- Benedict P. S. 1974. Quantitative protein requirements of rainbow trout. *Prog. Fishcult.* 36: 80—84.
- Delong D. C., J. E. Halver, E. T. Mertz 1958. Nutrition of Salmonoid fishes VI. Protein requirements of Chinook Salmon at two water temperatures. *J. Nutr.* 65: 589—599.
- Halver J. E. 1976. Formulating practical diets for fish. *J. Fish Res. Bd. Can.* 33: 4, 1932—1939.
- Halver J. E., 1980. Proteins and amino acids. Fish feed technology. 31—40. FAO. Rome.
- Nomura M., A. R. Fuji, 1969. A review of recent knowledge of fish feed in Japan. Symposium on developments in carp and trout nutrition 169—193. EIFAC Technical Paper. No. 9.
- NAS-NRC, 1977. Nutrition requirements of warmwater fishes. National Academy of Science, Washington, D. C.
- Ogino C. and K. Saito, 1970. Protein nutrition in fish 1. The utilization of dietary protein by young carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 36: 250—254.
- R. T. Lovell, 1976. Nutritional diseases in channel Catfish. FAO, Technical Conference on Aquaculture, Kyoto, Japan.
- Takeshi Nose and Shigern Arai, 1972. Optimum level of protein in purified diet for eel. *Anguilla japonica*. *Bull. Freshwater Fish Res. Lab.* 22:

(下转第26页)