

海水鱼类养殖专题文献之三

鱼类的营养与饲料

中国科学院海洋研究所图书馆
一九九四年五月

270-4. 1234

目 录

鱼类营养的研究.....	朱钦龙译	1
鱼的必须脂肪酸和脂酸需求量.....	许永安	7
海水鱼人工饲料制造与配方的特性.....	(台)方力行等	10
鱼类与微量元素.....	需文素等	16
养殖中常用饵料组成的色氨酸含量测定.....	孙 素	21
CH型和SP型粘合剂及其饲料加工技术的研究.....	刘克酸等	23
育苗用生物饵料的培养.....	李来玉译	24
鱼类饵料中维生素、无机盐、饵料成分之间的相互作用.....	李 岩译	27
鱼类饵料中维生素、无机盐、饵料成分之间的相互作用(续).....	李 岩译	31
鱼虾配合饵料中有害物质及其预防对策.....	陈四清等	36
鱼类饵料的营养素添加剂—矿物质.....	罗需珍译	38
真鲷人工配合饲料的应用效果.....	郑酸云等	43
饵料中添加尿素对黑制生长的影响.....	刘镜恪等	47
真须仔稚鱼对饵料生物的选择性.....	孙 光	49
天然浮游动物在真制育苗中应用技术的研究.....	孙光等	52
真制幼鱼微鱼及其影响因素.....	郑酸云等	56
生物饵料对黑需仔鱼苗期生长的影响.....	叶鱼聪	60
真制配合饵料中植物性蛋白质的利用.....	王致敏译	63
日本用酸粘合饵料喂养真须和牙鲆仔鱼的生长和存活率.....	周光正译	66
红需东方鲀营养研究现状(上).....	申红旗译	67
红需东方鲀的营养要求和最适蛋白质含量.....	刘仁侠译	72
河鲀的营养要求.....	(台)敏志聪	74
牙鲆白化与饵料的影响.....	陈敏译	77
罗非鱼的生长和营养要求(上).....	罗需珍译	83
罗非鱼的生长与营养要求(下).....	黄丽琼译	88
尼罗罗非鱼饲料氨基酸需和蛋氨酸需水量的探讨.....	杨营松	92
效养密度和饵料蛋白含量对饵料在海水网箱中的 杂种罗非鱼生长的影响.....	胡国宏译	96
非蛋白氮在尼罗罗非鱼人工配合饲料的应用研究.....	陈惠彬等	99
尼罗罗非鱼的生长与饵料中氨基酸含量的关系.....	杨青松等	103
需鱼对蛋白质的营养需求.....	周文坚	113
梭植对饵料微食与吸收利用研究.....	李文权等	117

鱼类营养的研究

R. T. Lovell*

一、前言

水产养殖业,又称栽培渔业,近十年来得到了迅速的发展。其原因是世界范围内鱼的需求量不断增加,特别是发达国家,由于海洋捕捞成本的提高、产量不稳定,使供应量减少。而鱼类食品不断开发新产品,也增加了鱼的需要量。水产养殖的产量和品种质量都比海洋捕捞稳定,因此,当前是向水产养殖业投资的良好时机。美国的美洲鲈(*Lctalurus punctatus*)养殖是个明证,60年代其产量微不足道,到1985年,产量达到10万吨;对虾的养殖发展也很快,1984年,世界年产量达8.5万吨,主要产区在南美、美国中部及亚洲的热带、亚热带各国。其它重要的品种还有鲑鳟鱼类、鲤科鱼类及罗非鱼类等。鲑鳟鱼类的养殖除供食用外还有专营鱼苗生产的;鲤鱼的养殖遍及世界各国,但市场价格低;罗非鱼是热带性鱼类,此外,亚洲还养殖鳊鱼、鳙鱼以及几种海产鱼类。

在天然环境下鱼类一般不会出现营养缺乏症,因为天然食料的营养要素基本平衡,鱼的生长率与摄食量成比例,不存在食料的质量问题。但若天然食料缺乏在人工饲养条件下,人们就必须考虑鱼类的营养需要。从代谢机能上说鱼类和陆生动物一样,对各种营养素有一定的要求,但也有其特殊性,如:(1)能量要求比家畜低,因此鱼饲料需要更大的“蛋能比”;(2)鱼类要求温血动物所不需要的某些脂类,例如 $\omega-3$ 的脂肪酸,而甲壳类动物则需要甾醇;(3)鱼类能从水中吸收水溶性的矿物质,因此可减少饲料中矿物质的添加量;(4)鱼类体内合成维生素C的能力有限,必须依靠饲料中添加供给等等。

各种鱼类对营养物质的需要量没有多大差别,但有例外,如,对必需脂肪酸(EFA)、甾醇的需求,以及对碳水化合物同化、吸收能力等有些区别。然而,温水性鱼类和冷水性鱼类、鱼类和甲壳类、海水鱼和淡水鱼之间有许多共性。某种鱼类的营养需要量可利用已知营养需要量的鱼类作为依据。随着对各种鱼类的营养要求逐步深入研究,资料越来越多,有助于个别鱼类所需的特定营养成分作进一步了解。

二、蛋白质和氨基酸

鱼类比陆生动物需要更高水平的蛋白质,因此鱼饲料的特点是蛋白质含量要求高,能量要求低(如表1所示)。肉鸡每公斤体重消耗的能量是美洲鲈的3.4倍,而蛋白质消耗仅1.6倍。鱼用配合饲料的蛋白质含量一般在30~36%,肉鸡饲料和猪饲料分别为18~23%、14~16%。

Mangalik(1986)发现,美洲鲈最佳生长时,每千卡可消化能(DE)所相当的可消化蛋白质为:体重3克的鱼是0.1克,体重200克略减到0.09克。另一方面,根据鱼体大小“蛋能比”略有变化,每天蛋白质的消耗量随鱼体增重而明显减少,体重3克的鱼是16.4g/kg,而鱼重200克是5.2g/kg。

鱼类和温血动物一样,都需要10种氨基酸。这10种必需氨基酸为:精氨酸、组氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、色氨酸和缬氨酸。到目前为止,已有5种鱼类确定了10种必需氨基酸的需要量,并与鸡、猪相比较(如表2所示)。

除精氨酸外,鱼类的必需氨基酸需要量和鸡、猪比较接近,美洲鲈的必需氨基酸需要量与大鳞大马哈鱼更为接近(除精氨酸、蛋氨酸+胱氨酸外)。鲤鱼和日本鳊鱼的必需氨基酸需要量比美洲鲈、大鳞大马哈鱼等略高。应当指出,表2所示的鱼类必需氨基酸需要量仅仅是一次试验的结果。从经济观点出发,对这些需要量必须重新加以认识。使用结晶氨基酸或精馏蛋白质加结晶氨基酸在不同饲养阶段予以配方投

表1 肉鸡和美洲鲈每天每公斤体重的饲料蛋白质、能量消耗量

动物种类	饲料量(g)	能量(Kcal/ME)	蛋白质(g)
肉鸡	89	284	17.8
美洲鲈	30	83	10.8
肉鸡/美洲鲈	3/1	3.4/1	1.6/1

*R. T. Lovell是美国Auburn大学教授

料,把试验得到的氨基酸需要量,饲料中氨基酸含量相对应,以曲线表示,从曲线上的转折点求得其需要量。Santiago (1985)采用二个必需氨基酸需要量,即最佳生长需要量(Y_{max})和 Y_{max} 为95%的可信赖范围需要量(Y_1)。这个值可以代入Zeitoun等(1976)所述的用多萨因与 Y_1 式求得生长对应数据,也可以代替Robbins等(1979)使用的转折点求得需要量。

饲料中添加各种氨基酸其效果还有许多不明瞭的地方。Rumsey和Ketola (1975)在大豆饼(SBM)中分别添加赖氨酸、蛋氨酸、组氨酸或胱氨酸,并未改善虹鳟鱼的生长率。若全面添加氨基酸的话,情况则有所改善。Fordiani和Ketola (1980)报告,用市售的豆饼饲料中添加蛋氨酸促进了虹鳟鱼的生长,但豆饼经再

表2 五种鱼类和鸡猪的必需氨基酸需要量
(蛋白质的百分数)

名 称	日本鳟鱼	鲤鱼	美洲鲈	大 马 哈 鱼	罗非鱼	鸡	猪
精 氨 酸	4.5	4.2	4.3	6.0	3.5~4.4	5.0	1.2
组 氨 酸	2.1	2.1	1.5	1.8	1.3~1.9	1.4	1.2
异 亮 氨 酸	4.0	2.3	2.6	2.2	3.1	3.3	3.4
缬 氨 酸	5.3	3.4	3.5	3.9	2.8~3.6	5.6	3.7
缬 氨 酸	5.3	5.0	5.1	5.0	4.0~5.6	4.7	4.4
蛋氨酸+胱氨酸	5.0	3.1	2.3	4.0	3.2	3.3	2.3
苯丙氨酸+酪氨酸	5.8	6.5	5.0	5.1	5.0~5.1	5.6	4.4
苏 氨 酸	4.0	3.9	2.0	2.2	3.6	3.1	2.8
色 氨 酸	1.1	0.8	0.5	0.5	0.7~1.3	0.9	0.8
缬 氨 酸	4.0	3.6	3.0	3.2	2.3~3.0	3.4	3.2

次加热后,添加蛋氨酸就没有促进作用。Andrews (1977)以豆饼为主体的美洲鲈饲料中单独或联合添加蛋氨酸和赖氨酸都没有效果。在以后的试验中显示,蛋白质对于美洲鲈来说并非缺少这些氨基酸(Robinson等1980)、Viola等(1982)发现,在豆饼中添加蛋氨酸和赖氨酸改善了鲤鱼饲料的质量。Wilson (1981)注意到美洲鲈在赖氨酸缺乏的情况下,在花生饼中添加赖氨酸后投饵,能收到良好的生长效果。一般来说,鱼类不能像鸡那样很好地吸收饲料中的结晶氨基酸;或者可以认为,每日一次的投饵法是不能充分利用的。幼龄鲤鱼每日一次投喂氨基酸含量高的配合饲料,其中有40%的游离氨基酸原封不动地通过鳃、肾脏而排泄掉(Murai 1985)。如果投饵次数增加到一日4次,则改善了结晶氨基酸的利用率。这个事实是因为鱼类不能充分利用结晶氨基酸,特别是一日1次、2次投饵法。其所以不能很好地被利用的理由是,结晶氨基酸不能像从蛋白质分解出来的许多氨基酸那样同时由肠道吸收。

三、能 量

鱼类和家畜在营养方面的最大差别之一,是前者蛋白质合成时所需要的能量比后者要低得多(表3, Lovell 1979)。

鱼类为变温动物,不需要维持一定的体温,因此,对饲料的能量要求低。鱼类与陆生哺乳类、鸟类相比,只要用很少的能量就能在水中维持平衡和运动(Tucker 1969)。再则,鱼类排泄的废弃物几乎都不是以尿素、尿酸的形式而是以氨的形式排泄的,因此失去的能量较少(Goldstein和Forster 1970)。

Garling和Wilson (1977)报道,使用精制饲料测定幼龄美洲鲈成长所需的可消化能(DE)/蛋白质(Kcal/g)的最佳比例是9.6, Page和Andrews (1973)使用普通饲料测定也是9.6。Lovell和Prather (1973)报道,美洲鲈饲料到上市规格(0.5kg)饲料的可消化能/蛋白质的最佳比例是7.8。另有报道幼龄鲤鱼的最低比例是8.3 (Tucker等1979)。这四组试验饲料的最适蛋白质含量都在32~35%。

无论哪一种鱼类,都能有效地利用蛋白质和中性脂肪作为能源。温水鱼类能较好地消化饲料中的碳水化合物,而冷水鱼的消化能力较差。虹鳟鱼对未经处理的玉米淀粉消化能力不过为总能值的20%,而美洲鲈则能消化60%左右(N. R. C. 1977)。鱼饲料在加工时,淀粉在颗粒机中进行加热处理后美洲鲈对此类高消化率5~10% (Cruz 1975)。由于鱼类在氮废物排泄上能量损失少,对高度消化的浓缩蛋白质饲料的代谢能(ME)利用率比家畜高(Smith 1976)。鱼类的能量分配与哺乳类、鸟类相似,然而在数量

表3 鱼类和温血动物合成蛋白质所需能量的比较

动物品种	饲料蛋白质 (%)	饲料ME (Kcal/g)	蛋白质增加量(g)/消耗ME (Kcal)
美洲鲈	32	2.8	47
鸡	20	2.8	23
猪	16	3.3	9
牛	11	2.6	6

上有较大差别。鱼类的能量利用率较高,特别是对高蛋白饲料的吸收与同化效率更高。这是因为,鱼类在摄取食物时能量消耗相对较少。Smith等(1978)应用热量直接测定法调查了热量增加数,虹鳟鱼的代谢能是3~5%,而哺乳类动物的代谢能是30%。另外,鱼类维持自由活动和基础代谢所需要的能量少,幼龄虹鳟鱼(4g)需要代谢能(Kcal/24小时)是57Kcal/kg体重,而哺乳类、鸟类则需70~83Kcal/kg体重(Brody 1945)。

四、维 生 素

表4所示的是鱼类需要的15种维生素及其推荐量,这并不是说所有鱼类都需要这15种维生素,虹鳟鱼需要这15种维生素,而美洲鲈除肌醇外只需要14种维生素,罗非鱼的肠内细菌能合成几种维生素,因此,饲料中维生素B₁₂不需添加(Lovell和Limsuwan 1982)。

表4 鱼类生长发育所必需的维生素最低需要量
(每公斤饲料)

维 生 素	单 位	美 洲 鲈	鲤 鱼	鳊 鱼
维生素A	I.u.	1000~2000	R	2500
维生素D	I.u.	500~1000	—	2400
维生素E	I.u.	50	R	30
维生素K	mg	R	—	10
维生素B ₁	mg	1	1	10
维生素B ₂	mg	9	8	20
维生素B ₆	mg	3	6	10
D—泛酸钙	mg	20	30~50	40
尼克酸	mg	14	28	150
叶 酸	mg	R	N	5
维生素B ₁₂	mg	R	N	0.02
肌 醇	mg	N	10	400
生 物 素	mg	R	R	0.1
胆 碱	mg	R	4000	3000
维生素C	mg	60	R	100

R: 饲料中需要,但没有确定需要量

N: 在实验条件下不需要

在13~15种维生素中,无论缺乏哪一种维生素,常见现象是摄食量减少和生长缓慢。缺乏某几种维生素还会引起贫血、皮肤色素沉积异常、运动失调、过敏症、出血、脂肪肝及容易引起细菌感染等。有些鱼类缺乏某种维生素会显示特异的缺乏症。

1. 维生素A 试验证明,鱼类都需要维生素A。鱼类似乎有利用β-胡萝卜素作为维生素A源的能力,这已在虹鳟鱼、鲤鱼及美洲鲈中得到证实。但是,在水温低的情况下,冷水性鱼类不能有效地将β-胡萝卜素转化为维生素A(Poston等1977)。美洲鲈肝脏中维生素A含量随着饲料中β-胡萝卜素含量增加而增加(Lee 1986)。在鱼类中,有关β-胡萝卜素转化为维生素A的活性问题还未确定。

2. 维生素D 鱼类对维生素D是必需的,维生素D₃比维生素D₂更有效地被利用(Barnett等1979)。鱼类通过鳃从水中吸收大部分钙的需要量,钙和磷的转移必需有1,25—二羟胆骨化醇。用除去维生素D₃的饲料饲养美洲鲈,则可以看出鱼体内钙、磷含量降低,表示钙的动平衡被破坏。

3. 维生素E 鱼类对饲料中维生素E的需要量,根据饲料中的不饱和脂肪酸、硒及氧化脂肪酸的含量多少而定。Watanabe等(1981)报道,在饲料中添加15%的高度不饱和脂肪酸,就能观察到虹鳟鱼的维生素E缺乏症。为预防肌肉萎缩,在鲤鱼饲料中,亚油酸含量增加,维生素E需要量应随之增加(Watanabe等1977)。

Murai和Andrews(1974)在缺乏维生素E的配合饲料中添加10%的氧化鲱鱼油饲养美洲鲈,发现鱼体肌肉萎缩,生长率下降,而不添加氧化鱼油的配合饲料,则未出现上述症状。然而, Lovell等(1984)用缺乏维生素E、含不饱和脂肪酸(亚麻酸含量0.48%)少的饲料饲养美洲鲈,也引起了白色肌肉纤维的坏死和严重的肌肉萎缩。Lovell等以及Murai和Andrews(1974)报道,投喂维生素C食量高而不含氧化鱼油的饲料,鱼体就不会呈现缺乏维生素E的肌肉疾病,这说明维生素C有节约维生素E的效果。

4. 维生素K 维生素K对鱼类的生长发育的影响尚未证实。为维持血液的正常凝固,美洲鲈(Dupree 1966)和河鲈(Poston 1964)的饲料中必须添加维生素K。在水温低和饲喂抗菌药物(磺胺类药物)的情况下,河鲈延长了凝血时间,说明鱼体肠道内细菌能够合成维生素K。

5. 维生素B₁ 鱼类的维生素B₁缺乏症是神经系统失调和失去平衡,通常还伴有褐色色素的积累。虹鳟鱼缺乏维生素B₁的临床症状是肾脏的转羟乙醛酶活性降低(Lehmitz和Spannhof 1977)。

6. 维生素B₂ 鳊、鳙鱼缺乏维生素B₂的症状是眼部白内障。在虹鳟鱼饲料中不添加维生素B₂,水

晶体包皮质内会产生白内障,并继续扩张,最后导致水晶体纤维变形(Hughes等1981)。但是,也有美洲鲶、鲤鱼和鳊鱼缺乏维生素B₂而未发生白内障的报道(Dupree 1966等)。

7. 维生素B₆ 鱼类需要蛋白质含量高的饲料,从维生素B₆是氨基酸代谢所必需的物质来看,推想鱼类比温血动物需要更多的维生素B₆。鱼类的维生素B₆的需要量是3~10mg/kg,这个数据与家禽的需要量相接近。但是,有人报道鱼类的维生素B₆需要量是随着摄取蛋白质增加而增加的事实。大多数鱼类缺乏维生素B₆表现为对刺激反应过敏和游动异常,这是中枢神经不健全之故。几乎所有的鱼类对缺乏维生素B₆都非常敏感,其症状约在3~8周内表现出来。

8. 泛酸 鱼类缺乏泛酸的典型症状是鳃丝变粗,其表面被渗出液所覆盖,或是鳃瓣融合。这种病例在湖沼中的鲢鱼、虹鳊鱼及美洲鲶身上时有发生。泛酸是代谢过程中起释放能量作用的辅酶A的组成成分,高水平的能量消费要依靠鳃起作用,而泛酸不足就会发生严重的鳃部障碍。湖产鲢鱼缺乏泛酸也会发生肾及胰脏病变。

9. 生物素 鱼类需要生物素量虽极微,但在饲料中却不可缺少。幼龄鲢鱼需要0.05~0.25mg/kg,通常市售的鱼用饲料基本能满足几乎所有鱼类对生物素的需要。Lovell和Buston(1984)用豆饼、玉米或豆饼、玉米和鱼粉配合的饲料喂养美洲鲶发育正常,保证了丙酮酸羧酸酶的活性,这说明饲料中含有足够的生物素。鲢、鳊鱼类对缺乏生物素比较敏感,鳊鱼在短期内可引起明显的鳃部疾患,而美洲鲶则未出现过这种疾病。

10. 尼克酸 鱼类缺乏尼克酸会引起皮肤粗糙的糙皮病。鳊鱼、美洲鲶、鲤鱼和鳊鱼缺乏尼克酸,可见到皮肤和鳍的病变及日晒烧伤的症状。虹鳊鱼受紫外线的照射后加重了尼克酸缺乏症。因此,在鱼饲料中更需注意补充尼克酸的用量(Poston和Wolf 未发表)。

11. 叶酸 叶酸是形成红血球的重要物质。Smith和Halver(1969)认为,叶酸的缺乏症状是鳃部苍白,红血球减少,前肾的红血球未成熟及大型异形红血球的出现。

12. 维生素B₁₂ 鳊、鳊鱼缺乏维生素B₁₂会出现贫血。可是,美洲鲶、鲤鱼缺乏维生素B₁₂并未引起贫血,也不妨碍其生长发育。这或许是由于部分鱼类的肠道细菌能合成维生素B₁₂以供体内的需要之故。

Kashiwada等(1970)从鲤鱼肠道内分离出来的细菌放入试管内培养,结果产生出维生素B₁₂及其它水溶性维生素。

Limsuwan和Lovell(1981)发现了美洲鲶的肠道微生物能合成维生素B₁₂,在饲料中添加抗菌素(琥珀酸磺胺噻唑)后肝脏中贮藏的维生素和肠内合成维生素的能力降低。在饲料中添加有同位素标志的钴,鱼类的血液肝、肾及脾脏里可找到有钴标志的维生素B₁₂,说明在肠道内合成的维生素B₁₂已被鱼体吸收。吸收的基本路线是从肠道直接进入血液,因为养鱼槽内有防止鱼类吞食粪便的装置,而溶解于水中的维生素B₁₂浓度实在太低,用鳃吸收不可能。

13. 胆碱 为了防止湖产鳊鱼、鲤鱼、鳊鱼及美洲鲶产生脂肪肝,饲料中必需添加胆碱。除鲤鱼外,为保证鱼类正常的生长速度,也有必要添加一些胆碱。

14. 肌醇 有些鱼类对肌醇缺乏极为敏感,而另一些鱼类对饲料中肌醇含量没有特别要求。虹鳊鱼缺乏肌醇表现为生长缓慢、血浆中胆固醇及中性脂肪的浓度升高,而总磷脂质及其它磷脂质的浓度下降。虾类、鲤鱼、鳊鱼和鲢类的饲料中也需要肌醇。但是,美洲鲶饲喂不含肌醇的饲料也未出现缺乏症状,被认为肝脏中存在肌醇合成酶的活性,因此有合成肌醇的能力。

15. 维生素C 鱼贝类对饲料中缺乏维生素C是相当敏感的。缺少维生素C的鱼类,可以观察到生长率下降、脊椎骨弯曲、鳃软骨弯曲、皮肤出血、色素沉积以及外伤愈合能力差等。维生素C对抗感染能力、对药物、毒物的反应具有显著效果。

脊椎骨弯曲作为鱼类缺乏维生素C的早期症状非常明显。Kitamura等(1965)用不含维生素C的精制饲料饲养虹鳊鱼16周就出现脊椎骨前弯曲和侧弯曲。在幼龄鲤鱼试验中也出现了同样的症状。Poston(1967)用河鲢、Halver等(1969)用银鲈做试验,也都观察到脊椎骨的前弯曲和侧弯曲等现象。

Lovell(1973)及Wilson和Poe(1973)在饲养美洲鲶过程中,由于饲料中缺乏维生素C,出现背脊骨骨折综合症。Lim和Lovell等(1978)观察到美洲鲶缺乏维生素C的病理学综合症状是脊椎骨变形、生

长缓慢、内外部出血、鳍腐烂、体侧中部的竖条纹退色、鳃丝软骨弯曲及外伤愈合能力降低。Lightner等(1979)报道了饲料中维生素C含量不足可导致日本对虾患“黑死病”(black death)而死亡。

维生素C的添加量应根据鱼的代谢机能不同而变化。Hilton等(1978)认为,虹鳟鱼维持正常生长发育需要维生素C的量是20mg/kg,为防止维生素C缺乏症需增至40mg/kg。Halver等(1969)报道,银鲑的正常发育和防止脊椎骨的侧弯、前弯,维生素C的最低需要量是50mg/kg,而为改善创伤愈合需增加至400mg/kg。

鱼类对维生素C的需要量往往随着鱼龄增加而减少。Sato等(1978)用不含维生素C的饲料饲养6周龄的鲑鱼,发现个体生长缓慢、脊椎骨弯曲,而饲喂10月龄的成鱼则没有这个问题。Li和Lovell(1984)报道,10克体重的美洲鲈维持正常生长发育的维生素C需要量是60mg/kg,而50克的美洲鲈只需添加30mg/kg。

在鱼类发育和组织修复中,维生素C的主要作用之一是形成胶原质,或许是行使脯氨酸羟基化的基本机能。Ashley等(1975)以300~500克的鲑鱼为实验材料,注入有同位素标志的维生素C,观察到有标志的维生素C(或者其代谢产物),在皮肤、鳃软骨、骨组织和成熟卵的卵膜等处迅速形成胶原质。

Halver, (1975), Tucker和Halver(1984)论述了维生素C—2—硫酸在鱼体中是维生素C的贮藏代谢物。如果给虹鳟鱼饲喂大量的维生素C,为调节组织中维生素C的含量就转换成维生素C—2—硫酸;如果组织内维生素C浓度降低时,维生素C—2—硫酸又通过水解作用,转变成维生素C。这个反馈过程受阻时,由维生素C硫酸水解酶进行催化作用。

在含有半致死量浓度的各种农药水中,饲养美洲鲈、黑头软口鲶(鲤科小鱼)、河鲈,需要增加维生素C的含量。这能减少脊椎骨的损伤和毒杀芬(农药)在其体内的积累,表明维生素C是毒杀芬的解毒剂。

美洲鲈缺乏维生素C容易受到细菌的感染,如果提高饲料中维生素C的含量,就能增强鱼体对细菌感染的抵抗力。饲养美洲鲈13周,未添加维生素C组感染爱德华氏病的死亡率是100%,而添加300ppm组则没有死亡现象(Li和Lovell 1984)。为了防止脊椎骨弯曲,饲料中维生素C添加30ppm是必需的,为降低死亡率,必须添加到150ppm,如果饲料中除去维生素C,则明显地抑制了抗体的产生和补体的活性。饲料中维生素C的含量由30ppm提高到3000ppm,鱼体免疫能力并没有提高,而维生素C的含量由300ppm增加到3000ppm,抗体的产生和补体的活性大大提高。

饲料中维生素C的最大用量(3000ppm)对鱼类体液中的抗体有明显的影晌,而与组织内的维生素C贮藏量或许无关(Li和Lovell 1984)。假使美洲鲈能象虹鳟鱼那样以维生素C—2—硫酸形式贮藏在其组织内,那末饲料中维生素C的含量由300ppm提高到3000ppm时,也会增加美洲鲈体液中的抗体。Hilton等(1978)试验,在虹鳟鱼饲料中添加维生素C分别为80、160和320ppm,肝脏中维生素C含量大致相等;而饲料中维生素C的含量达到1280ppm(相当于正常需要量的12倍)时,肝脏中维生素C的含量才是正常含量的二倍。

五、矿物质

鱼类可以用鳃从水中吸收无机盐类,海水鱼可以吞饮海水由肠壁吸收无机盐。它们能从水中吸收钙、镁、钴、钾、钠和锌(N. R. C. 1981)。如果水中钙离子浓度达5mg/l以上时,美洲鲈就能从水中吸收鱼体必需的钙(Lovell 1978)。自然界水中溶解的磷比较少,为满足鱼类正常代谢中较高的需求量,应该在饲料中添加磷。Gatlin和Wilson测定了美洲鲈的镁、锌、硒、锰、铜和铁的需要量,其数据如表5所示。

鱼类对饲料中食盐没有特别要求。据Murray和Andrews(1979)报告,即使美洲鲈饲料中不含食盐,也未发现生长受到影响。

鲤鱼等没有酸性胃,不能利用溶解度低的矿物质。虹鳟鱼具有酸性胃,因此能消化鱼粉中74%的磷,而无酸消化的鲤鱼仅能消化24%,但两种鱼都能消化磷酸二氢钙中94%的磷。

虹鳟鱼饲料中缺乏锌容易引起白内障(Ogino和Yang 1978)。Ketola(1979)用鱼骨成分多的鱼粉作原料,虽然虹鳟鱼饲料

表5 美洲鲈的矿物质的需要量

元 素	单 位	需 要 量	文 献 作 者
磷	g	0.45	Lovell 1978
镁	g	0.05	Gatlin 等 1982
锌	mg/kg	20或150*	Gatlin和Wilson 1983
硒	mg/kg	0.25	Gatlin和Wilson 1984a
锰	mg/kg	2.4	Gatlin和Wilson 1984a
铜	mg/kg	5	Gatlin和Wilson 1986a
铁	mg/kg	30	Gatlin和Wilson 1986a

* 20mg/kg是基本需要量,150mg/kg是推荐量。

中锌的含量达 60mg/kg (干重时达 100mg/kg)。如果将晶体仍留在饲料中, 则在喂10日后再测海棒的含量, 由内腑测得了。这些结果表示中锌及锌盐(六价)为海棒第一阶段的吸收。

Hilton等(1985)报道, 虹鳟鱼饲料中碘的含量达到 18mg/kg 时, 生长率下降, 死亡率增加, 这个含量相当于正常需要量的一百倍, Gatlin和Wilson(1984a)在饲养美洲鲈时也得到了同样的结论。

六、必需脂肪酸和固醇

饲料中缺乏脂肪, 鱼类生长缓慢。然而, 对于大多数鱼类的必需脂肪酸(EFA)需要量还未完全搞清楚。为了使鲑鱼获得最快的生长速度, 饲料中必须添加1%的 $\omega-3$ 脂肪酸(Castell等1972), 而温血动物则需要添加含有 $\omega-6$ 结构的脂肪酸。这说明各种动物对必需脂肪酸的要求是不一样的。 $\omega-3$ 结构的脂肪酸比 $\omega-6$ 结构的脂肪酸不饱和程度大。据说, 这是因为在低温情况下必须维持细胞膜脂质的柔软性和膜透性。

这个道理我们可这样想, 如从大多数温水硬骨鱼类需要 $n-3$ 和 $n-6$ 的脂肪酸, 罗非鱼不需要 $n-6$ 的脂肪酸的事实来解释的话似乎更为妥当(Kanazawa等1980)。

海水鱼能够延长饲料中脂肪酸的碳链, $18:3$, $n-3$ 的脂肪酸(说明在十八碳有三个不对称的碳原子), 其中 $\omega-3$ 的脂肪酸, 如亚麻酸仅有很少的不饱和能力, 鲑鱼不仅需要 $n-3$ 结构的脂肪酸, 而且还必须在饲料中补充 $20:5$, $n-3$ 或者 $22:6$, $n-3$ 的必需脂肪酸(Coway等1976)。

虹鳟鱼因为具有延长碳链和使 $n-3$ 脂肪酸不饱和化的能力。因此, 对必需脂肪酸的要求不管是 $18:3$, $n-3$ 或是长链的 $n-3$ 脂肪酸, 得到任何一种脂肪酸都能满足。

某些温水鱼如美洲鲈, 与虹鳟等其它冷水鱼不同, 对缺少必需脂肪酸并不敏感。Stickney和Andrews(1972)认为美洲鲈对脂肪酸没有任何要求。他们在饲料中添加饱和脂肪酸的脂肪(牛脂)及含高度不饱和脂肪酸的脂肪(鱼油)都能改善美洲鲈的生长发育, 而在饲料中添加 $18:2$, $\omega-6$ 高含量的脂肪酸, 也有出现生长缓慢的现象。

有鳍鱼类能由醋酸和甲羟戊酸合成固醇(Hazel和Sellner 1979), 但是, 甲壳类因其合成能力有限, 所以在饲料中仍需添加固醇类物质(Kanazawa等1971, Deshjmaru等1979)。

对虾(Kanazawa等1971)和龙虾(Castell等1975)饲料中的固醇需要量是0.5%, 为满足海产甲壳类的生长和发育, 添加磷脂质中的卵磷脂也是必需的。Kanazawa等(1979)在饲料中添加1%卵磷脂改善了对虾的生长率。同样有报道, 以酪蛋白和蛋清蛋白为基础的精制饲料中, 添加7~8%的大豆卵磷脂, 获得了龙虾最佳生长和最高成活率(Conklin等1980)。

朱钦龙译自(日)《水产研究》第六卷第五、六期, 第七卷第一册, 日译者: 平井 辉生

选自《水产科技情报》90.2 P59-64

(上接第8页)

足这种磷脂的需求值, 在所研究的磷脂中, 其作用上的差异也暗示着饵料磷脂好像是直接或者间接地被用作构成细胞薄膜。此外, Takeuchi和Watanabe已证明过添加0.01—0.05%的卵磷脂对重量大约1.5g幼体硬头鳟在增进生长率方面是无效的。他们认为卵磷脂添加量不足对增进生长率就无作用或幼鱼对磷脂的需求量随着其年龄增加而减少。

在日本, 每年大约生产3亿的幼鱼进行放流和水产养殖。然而, 育苗所用的饵料却还大部分限制于轮虫、桡虫等生物饵料, 我国更是如此。因此, 对幼鱼的营养需求值进行深入的研究尤为重要, 只有这样才能生产出完善的微颗粒饵料, 增加育苗苗, 提高养殖产量。

选自《福建水产》83.2 P65-67

鱼的必须脂肪酸和脂肪需求量

许永安

(福建省水产研究所 厦门东渡 361012)

一、前言

在最近10年对鱼的必须脂肪酸(EFA)需求量已进行了许多研究。鱼所需的营养和哺乳动物情况大不相同, 特别强调必须脂肪酸的重要性。

近天, 我们已经成功地用人工微颗粒饲料喂养幼鱼。本文将有助于我们认识淡水海水鱼幼鱼阶段的脂肪营养。

本文涉及了鱼营养必须脂肪酸(EFA)的重要性的讨论幼鱼脂肪的需求量。

二、脂肪酸的生物合成

经过脂肪酸的 β -氧化和蛋白质与碳水化合物的分解代谢, 鱼体体内产生乙酰辅酶A, 而乙酰辅酶A是脂肪酸生物合成的一种前身物质。

Mead (1960) 通过示踪实验已经表明莫桑比克罗非鱼是不可能将注入的[1-14C] 醋酸衍结合成高度不饱和脂肪酸。这认为与哺乳动物所发现的脂肪酸生物合成路线相似。Klenk和Ferner (1960) 还假设在鱼里所产生的 C_{10} 和 C_{12} 高度不饱和脂肪酸(HUFA) 可以从外源及其前体物质即较短的碳原子链的脂肪酸取得。这种理论是根据Vitro给鱼注射既不是 ω_3 —也不是 ω_6 的高度不饱和脂肪酸的[1-14C] 醋酸脂, 对鱼的肝脏进行切片提出来的。近来, Kanazawa等人 (1980) 证明了齐氏罗非鱼将[1-14C] 醋酸脂结合成棕榈油(16: 0), 和棕榈油酸(16: 1 ω 7)、硬脂酸(18: 0) 和油酸(18: 1 ω 9), 然而, 几乎没有结合成亚油酸(18: 2 ω 6)、亚麻酸(18: 3 ω 3)、二十碳五烯酸(20: 5 ω 3) 和二十二碳六烯酸(22: 6 ω 3)。

三、必须脂肪酸

因为鱼不可能自身合成18: 2 ω 6, 18: 3 ω 3, 20: 5 ω 3和22: 6 ω 3脂肪酸, 而这些脂肪酸的饲料源恰好又是鱼正常生长和生存所必需的。事实上, 这一点在各种鱼种的养殖实验结果已得到证明, 现在已弄清楚有必需脂肪酸需求值的鱼如下。

淡水鱼: 河鲢、鲤鱼、硬头鳊、大鳞异齿鲶、大刺鲃、银鲈、鳊鱼、鳊鱼、鳊鱼、齐氏罗非鱼和花尼罗罗非鱼。

本文收稿时间: 1993年3月4日。

海水鱼：真鲷、黑鲷、黑 ω 、黄鳍鲷、河鲀鱼、大菱鲆、高翅鲷和川鲷。

除了罗非鱼和马鲛之外，鱼和陆生动物大不相同，陆生动物需要 $\omega 6$ —脂肪酸，例如 $18:2\omega 6$ 和 $20:4\omega 6$ ；而鱼通常 $\omega 3$ —脂肪酸比 $\omega 6$ —脂肪酸更需要，Kayama (1977) 认为水生动物对 $\omega 3$ —脂肪酸可能有一个需求值，因为水生动物的体温通常比陆生动物低， $\omega 3$ —脂肪酸的熔点比相对应的等碳链的 $\omega 6$ —脂肪酸低，在淡水鱼里，例如硬头鲷、大马哈鱼、香鱼和鲟鱼 $18:3\omega 3$ 作为必需脂肪的功类似于 $20:5\omega 3$ 或者 $22:6\omega 3$ ，相反， $18:3\omega 3$ 作为海水鱼如干鲷、真鲷和河豚 3 的必需脂肪酸则几乎无效，而 $20:5\omega 3$ 和 $22:6\omega 3$ 而这几种海水鱼大部分是有效的必需脂肪酸源，罗非鱼和马鲛例外，它们和哺乳动物发现的一样， $\omega 6$ —脂肪酸比 $\omega 3$ —脂肪酸更需要，根据这种资料，鱼的需求值可粗略地分成罗非鱼类型、硬头鲷类型和真鲷类型，对EFA的需求值评价结果是饲料的0.5—1.0%左右，如表1所示。

表1 鱼对必需脂肪酸的需求值

鱼 类	需 求 值	鱼 类	需 求 值
硬 头 鲷	1% $18:3\omega 3$ 0.83—1.66% $18:3\omega 3$	香 鱼	1% $18:3\omega 3$ 或1% $20:5\omega 3$
真 鲷	1% $18:2\omega 6 + 1\% 18:3\omega 3$	齐氏罗非鱼	1% $18:2\omega 6$ 或1% $20:4\omega 6$
鲟 鱼	0.5% $18:2\omega 6 + 0.5\% 18:3\omega 3$	尼罗罗非鱼	0.5% $18:2\omega 6$
大马哈鱼	1% $18:2\omega 6 + 1\% 18:3\omega 3$	真 鲷	0.5% $20:5\omega 3$ 或0.5% $\omega 3$ HUFA
河 鲀	1—2.5% $18:3\omega 3^*$	大 菱 鲆	0.8% $\omega 3$ HUFA

* 三亚麻酸甘油 ω ，HUFA：高度不饱和脂肪酸

四、亚麻酸的生物转化物为 $\omega 3$ ——HUFA

关于 $18:3\omega 3$ 脂肪酸的新陈代谢，Kayama等人(1963)对云纹石斑鱼通过使用放射性的同位素检查器，利用精心设计的一种技术已表明 $18:3\omega 3$ 的生物转化物为 $20:5\omega 3$ 和 $22:6\omega 3$ 。后来，Owen等人(1975)比较了大菱鲆和硬头鲷把 $[1-^{14}C] 18:3\omega 3$ 生物转化为 $\omega 3$ ——HUFA的能力，结果发现硬头鲷把 $18:3\omega 3$ 转化为 $22:6\omega 3$ 的能力更高，用放射线同位素示踪发现有70%转化成 $22:6\omega 3$ 脂肪酸，相反，大菱鲆示踪的结果只有一小部分 $18:3\omega 3$ 转化成 $20:5\omega 3$ 和 $22:6\omega 3$ ，Kanazawa等人(1979)也比较了一些水生动物把 $18:3\omega 3$ 转化为 $\omega 3$ —HUFA的能力，同时论证了相对生物转化能力(RFCA)：硬头鲷=100%，某些鱼的RECA值分别如下：香鱼(RECA=36)；鲟鱼(RECA=20)；真鲷(RECA=15)；河豚(RECA=13)；条石鲷(RECA=7)。于是，海水鱼的RECA值比淡水鱼低(表2)，这一点yamada等人(1980)通过对真鲷、黑鲷、梭鱼的比较研究已经得到进一步的证明，这种迹象表明 $18:3\omega 3$ 对硬头鲷是一种有效的必需脂肪酸源，而对海水鱼是无效的，这很可能是由于海水鱼把 $18:3\omega 3$ 转化为 $\omega 3$ ——HUFA的能力降低的缘故。

五、 $\omega 3$ —HUFA对幼鱼生长的影响

Watanabe等人(1983)已经搞清楚 $\omega 3$ —HUFA如 $20:5\omega 3$ 和 $22:6\omega 3$ 不仅是成鱼所

表2、向鱼体注入(1-14C)亚麻酸,该酸转化为 $20:5\omega3$ 、 $22:5\omega3$ 和 $22:6\omega3$ 的百分数

鱼名	转化率(%)与硬头鲷的相对转化率(%)	
硬头鲷	12.7	100
香鱼	4.5	36
鳟鱼	2.5	20
真鲷	1.9	15
河豚	1.6	13
条石鲷	0.9	7

门盲囊示踪表明 $20:5\omega3$ 有高的结合性。因此, $20:5\omega3$ 好像是控制用作构成这些组织的细胞薄膜。这一点可以认为比较大量的外源 $20:5\omega3$ 脂肪酸对幼鱼快速生长是必需的。

六、微颗粒饵料及其磷脂

真鲷、鳟鱼、香鱼等仔鱼以前都是用生物饵料进行喂养,例如:轮虫和卤虫。然而这些生物饵料的培养需要相当多的人力和昂贵的设备,而且,由于不能控制的因素,例如气候会导致产量的不稳定,也就难以按计划生产出所需生物饵料的数量。现在,已经由几位研究者完成了微颗粒饵料喂养幼鱼的研究。在研究喂养幼鱼的微颗粒饵料过程中,他们还观察到磷脂对幼鱼的正常生长和生存是必需的。例如向香鱼微颗粒饵料添加一些磷脂可显著地增进幼鱼的生长和成活率。另外,Kanazawa等人1983年也用精制的微颗粒饵料调查了添加磷脂对真鲷幼鱼生长的影响,其结果是添加5%的大豆卵磷脂有显著地增进其生长率和成活率的作用。结果还表明了试图用 $\omega3$ -HUFAs代替大豆卵磷脂的效果是不会成功的,因此卵磷脂是幼鱼必需的饵料组分。根据Kanazawa等人对香鱼幼鱼的研究结果表明在提高其生长率和成活率方面鳕鱼卵磷脂优于大豆卵磷脂和鸡蛋卵磷脂,而脑磷脂的效果劣于相应的卵磷脂。当大豆卵磷脂用作磷脂源时,若是纯的大豆卵磷脂,幼体香鱼饵料真正地适宜含量大约是1-2%。

总之,Kanazawa等人认为幼体香鱼所需的磷脂分子构成在C-2位置上要有不饱和脂肪酸和在C-3位置上要有肌醇类或胆碱类。除了 $\omega3$ -HUFAs外,这些磷脂化合物被认为是幼体香鱼正常生长和生存必不可少的。

除此之外,Kanazawa等人还发现向饵料添加磷脂可减少香鱼幼体畸形的发生,尤其是脊柱侧凸。例如投喂轮虫、卤虫和按配方生产的工业饵料,香鱼脊柱侧凸的畸形发生率是63%;而投喂轮虫和含大豆卵磷脂或鸡卵磷脂类添加剂的饵料,其脊柱侧凸的畸形发生率只是5%。

七、饵料中磷脂对幼鱼的生理作用

为什么幼鱼的正常生长和生存需要外源磷脂呢?这一问题尚未解决。许多学者认为幼鱼在孵化后,最初短期快速生长期,为了构成新的细胞组织需要丰富的磷脂。磷脂的生物合成不可能以足够快的速率来满

(下转第8页)



海水魚人工飼料製造與配方的特性

方力行 劉台生 蕭澤民

台灣的水產養殖業在蝦類大幅衰退了兩年以後，各種海水魚的飼養已有逐漸取而代之的趨勢，不過因為海水魚的種類繁多，而且養殖的經驗與歷史都不是很長，所以在人工飼料製造與配方的發展上，不但沒有一個如蝦類、鰻魚、虱目魚等大致可循的軌跡，在預拌劑的成分上，更是各出奇招，莫衷一是，結果養出來的魚，好的時候也不知道為什麼會好，壞的時候也不知道毛病出在那裏，瞎子摸象，進步自然就慢了。事實上，以前在蝦飼料發展過程中那種各家祕笈密而不宣的不良結果，許多人都深受其害，現在海水魚的養殖方興未艾，或者我們可以在尊重“智慧財產權”的觀念下，試

著將海水魚人工飼料生產與配方上現階段的一些缺失，以及在改良配方上應注意的一些原則與大家談談，俾使相互之間做進一步的交流與改進。

(一)現階段的問題

1.配方的來源問題

現在海水魚的飼料，大致上有三個來源：

- (1)是從鰻粉演變而來。
- (2)是從日本的配方引入。
- (3)是從蝦料改進而來。

不過它們各有缺點：

(1)如果從鰻粉演變而來，因為鰻魚是淡水魚，它的成分在本質上是適合淡水性魚類的，所以養殖時又要走上海水魚反而需要加淡水淡化他才能養

的好這條老路，最後終於又回到以前養蝦一樣沒有淡水就養不好的死胡同，台灣淡水資源的不足已是有目共睹的，如果產業在開始時又導向這個方向，以後前途堪慮。

(2)日本海水魚的配方主要上都是以溫、寒帶的單一大洋性魚種如鯉魚、鯽魚、鯖魚、比目魚、嘉臘魚等為主，台灣開發的養殖魚種則偏向於熱帶及亞熱帶的近海魚種如石斑、鱸魚、笛鯛、黑鯛、鰻魚等，不但因為生態棲所、生長環境（如溫度）、天然食物種類等的不同，而有所差異，甚至在攝食習性、養殖方式及管理形態上都大異其趣，如果硬要拿日本的模式來套，就真頗有早年以日本斑節蝦飼料來台灣養

草蝦那個不搭調的感覺了。

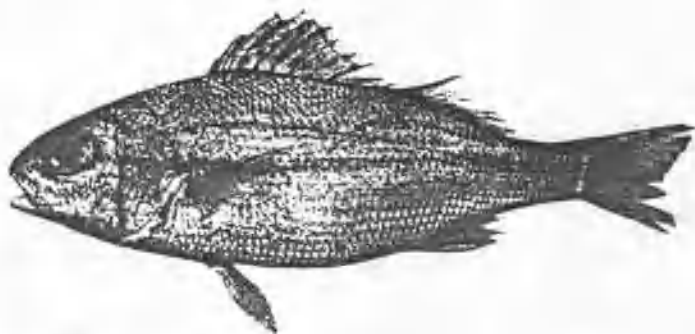
(3)如果海水魚料是從蝦料演進過來的話，單純因為魚、蝦天然食性所造成營養成份比例不同還是在其次的問題，預拌劑的配方實際上才是最大的機結。蝦子體內的血液及組織液成份對海水的滲透壓及離子變異的反應是“因變性”的調節。而海水魚的血液及組織液成份對外在水中滲透壓中離子成份的變化則是“自律性”的調節，這種兩種機轉又進一步影響到腸道中各種離子的吸收比例及鰓與腎臟的排泄比例，其間是一個非常複雜的平衡機制，因此若在配方時不能有跡可循，配出來的各種成分就真是天馬行空，沒有什麼道理了。

(二)製造及投餌上的問題

現在現場海水魚料的餵食形態一般而言有下面五種：(1)生料或添加粉料；(2)粉料；(3)浮料；(4)軟性飼料；(5)粒狀料，他們也各有其優缺點。

(1)生料或摻粉料：這其實是最原始的養殖方法，不過也常常有其效用，各位回想以前

早期養蝦用生餌，以及養虱目魚用底藻及米糠豆粕，都是以生料開始發展產業的，不過因為運輸、保鮮的不便，來源的不穩定，以及細菌的感染及池水的管理不易，而使得每一個產業到後來都必須進步到人工餌料的層次才有發展的希望。



琴弦笛鯛

(2)粉料：其實就是鰓料的配法，不過這也是問題頗大。鰓料糺在餵食過程中流失率甚大已是不爭的事實，而歐洲一些先進的國家，在鰓魚的高產量集約養殖上早就改用粒狀飼料了，台灣只不過因為民氣保守，習慣不易改而已，再加上鰓魚滑溜的體型及前仰口型都還適於擠來擠去抓食，所以還能維持下去，可是用在體型寬扁的海水魚，當其他

們的“掠食”習慣又不同於鰓魚，硬要投以粉料，在換肉率及流失率上，可能都浪費頗多，而有再加改進的餘地。

(3)浮料：浮料其實是一種不錯的餵食形態，最主要因為它浮在水面上，可直接反映出魚類攝餌的狀況。不過它也有

先天上的缺點，譬如機器的設備成本投資過高，以及在高溫高壓到減壓發泡的過程中，對維他命、油脂、內因性酵素等營養成份的破壞，都是造成生產成本提高、魚類產生營養性疾病的主要原因之一，因此如果繼續發展，生產過程及如何添補加熱時營養的損失都是需要再加以改進的。

(4)軟性飼料：軟性飼料的餵食理念和粒狀飼料略為類似

，都是會沈下來讓魚兒攝食，其主要的目的不過是為了改善適口性及保存一些原料鮮度與維他命而已。不過，從另一個角度來看，難道乾料的適口性就真的不好嗎？乾料失去的維他命就沒法子補充嗎？再加上軟性飼料包裝不易，不耐久存，運輸成本增加，投餌時間及人力成本提高，以及貯存需要冷藏設備等等，利損互抵，真正的利潤有限。因此做做小生意可以，若要發展成一個大的產業，恐怕也有許多實質上的困難性。

(5)粒狀料：粒狀料可能是一般較為簡單而普遍的水產飼料，尤其是由現有的蝦料工廠轉作的話；不過粒狀料也有它的缺點，一則是因為它不像生料或軟性飼料那樣，含有一些生鮮餌料所特有的營養素，所以它配方的完整性要求特別高，另外一方面灑下它以後魚類的攝食狀況比較難以掌握。可是因為它有方便、經濟、耐存以及可經馴餌後由自動投餌機投餌等好處，如果在配方及製造過程中稍加改進，倒不失為一個可行的發展方向。

以上拉拉雜雜的談到了許多現在海水魚人工飼料上出現的問題，雖然並不是很詳細，但是其實可能已包括了至今海水魚養殖中出現斷頭、彎骨、鰓蓋翻出、成長不佳、餌料效率不高、需要大量添加淡水以及水質管理不易等問題出現的原因。至於該如何解決，其實誰也沒有把握，不過有了理論基礎，至少也可有個努力的方向。

在前面中我們曾討論到現在台灣、東南亞地區，甚至中國大陸亞熱帶的省份中飼養海水魚常用人工飼料的一些來源、特性及優、缺點，現在將更具體的把相關配方的考量過程從實務的角度上與大家討論一下，不過我們的論點可能會與一般常見的營養實驗論文不同。因為在許多已開發國家，如日本、美國、加拿大、北歐等，對海水魚飼料的營養實驗都已有多年的研究歷史，無論在蛋白質、脂肪、醣類、必需胺基酸、以及礦物質、維生素的含量與成分上，多有非常豐富的資料以及具體的數據可稽。因此，我們將從亞熱帶養殖魚

種不同的生態特性、養殖環境、生理機能等方面加以探討，進而考量在引入那些歐、美、日、加資料至本地實際生產飼養時，可做的修正與改進。

(一)從生態生理上看礦物質的需求

現行海水魚飼料配方中，礦物質部份大致脫胎於以下三個研究最透徹的老祖宗，其一，實驗室餵老鼠的原始配方，很多人大概已不知道這一點了；其二，美洲鯰魚配方；其三，鮭鱒魚配方，以後海水魚中的日本鯽魚、嘉臘、歐洲鯉魚等各種配方，已屬於徒子徒孫的變化了，但是如果用在石斑、黑鯛或笛鯛等的魚上，該有什麼改進呢？不妨舉幾個較重要的例子看看。

(1)鈣

淡水魚的預拌劑中含鈣一定較多，因為淡水中溶解的鈣少，而海水中溶解鈣則趨近於飽和，是以海水魚中鈣的補充就較為次要，事實上如果過多的鈣進入魚體，超過腎臟功能

的負荷，還會引起生長上的遲緩。所以在引用美洲鯨魚礦物質預拌劑配方到海水魚上時，這一點就要稍加注意。不過話說這麼說，在台灣黑鯛或其他一些魚的養殖上，鈣却又不宜少，為什麼呢？因為台灣的海水魚養殖加淡水的情形非常普遍，如果完全以國外純海水魚養殖的礦物質配方來用，就又没有考慮到地方性養殖生態環境的特性了。是以在配方時瞭解自己手中原始的來源和配方目的，是非常重要的事。

(2) 磷

磷在水域中基本上是一種限制因子，環境中能提供的量有限，所以大部份需從食物中添加得來。不過有趣的是，海

水魚體組織中含磷量比一般陸上及淡水生物要高的多，這種生理生化上的差異原因為何並不清楚，不過從實用觀點來看，海水魚平均體內含磷量較淡水魚多的部份，顯然也是預拌劑中應予多添加的部份，但是太多的磷相對的會影響鈣的需求，兩者之間的平衡，應詳加考量。

另外，從新陳代謝的角度上來看，大洋性魚類如鱈魚、鮭魚等，代謝的速度比一般伺服性底棲魚類如石斑要來的快許多，因此牠們磷的代謝量也大許多，換句話講，如果配石斑魚的礦物質預拌劑時，和大洋性魚類飼料相比就宜相對減少，如果磷的添加量沒有考慮到這一點而依樣畫葫蘆，就難

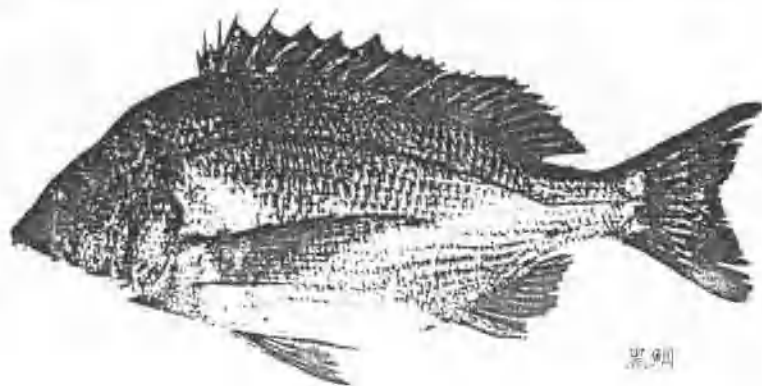
免欠週詳了。

(3) 鐵

從生態環境上來看，海水中鐵的含量不多，因為偏鹼性。至於淡水中鐵的含量有多有少，則需要看水質。因此一般淡水魚的鐵質補充若稍有閃失，還可以忍受，但是海水魚的計量，還是精準些為宜。不過鐵給太多也不行，除了成本上的問題外，也會造成新陳代謝及消化吸收上的障礙，譬如沈澱性鐵鹽的出現等症狀，不宜猛加。

再從生理上來看，大洋性海水魚的肌紅素含量需求頗大，比底棲性魚類要高很多，每一個肌紅素中含有一個鐵原子，因此在礦物質中鐵的添加量要更高些，反過來說，用大洋性海水魚類的配方來配沿岸魚類的人工飼料，鐵鹽的添加，宜稍減少。

其他許多的元素，如銅、鋅、鋁、鎂、硒……等，都有其不同的生理生化作用，不是三言兩語寫的清楚的，在此且先略過不談。



黑鯛

(1)從生理生態及製造過程上

看維他命的需求

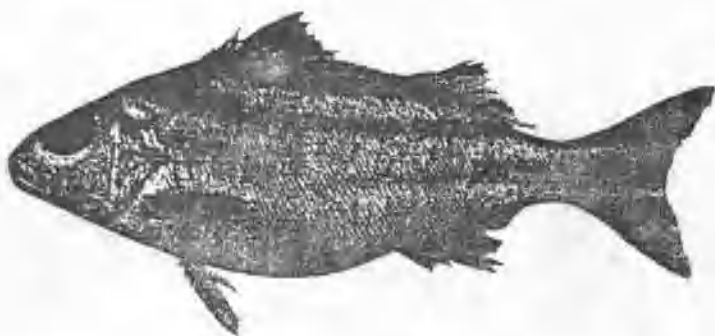
維他命的配方其實甚為複雜，我們所瞭解的實在也很有限，除了坊間一些書籍報告中所附帶提供的實驗維他命配方外，許多海水魚對各種維他命真正的需要量事實上猶在探討的階段，不過從下面兩個方向，我們可以將實驗配方做一些修正。

(1)從生理生態上來講

大洋性魚類的遠洋洄游習性使得用在有氧作用能量產生與消耗上的生命現象非常強，因此在能量供應分子合成與代謝上所需要的輔酶，譬如一些電子傳遞鏈上的胞色素類維他命，在供應上就應特別注意。反過來講，底棲性魚類在無氧呼吸代謝物的氧化作用以及氧化磷酸化作用上，需要的輔酶性維生素也應特別加強。這方面的研究非常的少，不過我們可以從一個有趣的例子來探討這個現象：日本的中川平介先生在1984年做了一個研究，結果顯示，將黑鯛置於密閉的小槽中，不供應氧氣，隨著溶

氧的下降，發現在餌料中有攝食藻類的黑鯛在40分鐘後倒臥的數量只有沒有攝食藻類黑鯛倒臥數目的六分之一，而且米康夫先生在香港中也發現類似的情形，攝食了藻類萃取物的香魚不但橫臥率低，而且放回充氧水後之存活率也高，顯示攝食藻類添加物的魚可提高對低溶氧的忍受力，減少泛池的危險及增加活魚輸送與存活率。藻類添加物中其實「歷太多蛋白質、脂肪、醣類之類的營養」，但是却有很豐富的「微量」，及維生素，因此魚類攝食藻類後的許多好成效，基本上應該是由提供了適當的維生素及微量元素而導致的。

花身鯉魚



(2)從製造過程上來看

海水魚飼料在高溫高壓下發泡所造成維生素類的大量損失，無庸多言。就像蝦料的擠壓造粒一樣，這個問題一天不解決，成本就降不下來，添加後的有效量也沒法掌握，更不要談到各種維生素之間的適當比例了。要怎麼解決呢？可能只有靠經驗完成以後噴附上去的後段處理技術了。

粒狀料的後段噴附技術，在畜產料中已有完整的噴油過程可循，一些油溶性的維他命在此時添加，倒不失為一個可行之道。不過對水溶性維他命而言，因為無法溶於油中，就非得另想辦法不可。有什麼辦

法呢？辦法當然還是有的，一種是用水合性噴附黏著劑來載負，另一種則可以經由化學處理方式改變溶質的物性，使其適於加工。這些方法中部份涉及一些商業上的專業知識，在實用上也還有其不完善之處，且不多言。

海水魚在養殖上的許多病徵多是由維生素和礦物質的不平衡而引起，這和蛋白質、碳水化合物、脂肪等一般性營養不足所引起的生長遲緩，有所不同，後者的成長是可逆的，在營養良好時可以趕回來，但前者所形成的一些傷害，如骨骼的彎曲、鰓蓋的萎縮、頸弓的斷裂等等，往往造成永久的傷害，是以在飼料配方時考慮到製造過程中的損失，不可不慎。

③蛋白質、碳水化合物及脂肪的需求

這些大宗營養物質在配方上的使用，除了對每一種魚的實際實驗值外，我們不妨從下面的例子來看看不同生態習性的魚種對同一種物質利用方式的差異。

提高餵食香魚和黑鯛飼料中藻類比例時（富含多醣類），香魚的肌肉中脂質含量降低了，但黑鯛肌肉中的脂質則反而增高，這個上面的差異可從生態觀點加以說明；因為香魚生長在流動的水域中，在代謝上常需大量耗能以維持不被沖走，因此將餌料中所得的醣類

考的價值。

肉食性的魚類粗蛋白質含量可定在 40～45% 之間，養殖溫度愈高，宜略為調高，養殖鹽度愈高，也可略為調高。

雜食性魚類的蛋白質含量可降低，依不同的魚種，甚至可以低到 30% 以下。其中部份並可用植物性蛋白質取代，取



紅鰱，別名：夕鰱、石斑魚

及脂質盡量用於能量代謝，以節約蛋白質用於成長。而黑鯛則將多醣類轉化為脂類，儲存在於肌肉中，做為越冬時能量的來源。

至於蛋白質和脂肪在飼料中的成份與比例，詳細的資料當然還是得看有關每一種魚的確實實驗數據，不過在開發不同魚種，而又臨時來不及有完整的實驗數據時，以下一些一般性的生態原則，還是很有參

考價值。代蛋白質的種類及比例，則需考慮其被取代品必需氨基酸的成份比例多少計算而得。一般而言，10～40% 都有可能。

油脂的添加變異性更大，冷水魚油脂含量可高達 20%，暖水魚則 7～8% 就已差不多了，提供冷水魚的油脂中不飽和脂肪酸含量應比提供暖水魚者高，而不同生態環境的魚種，其所需不飽和脂肪酸系列的成份組成也有差異，一般