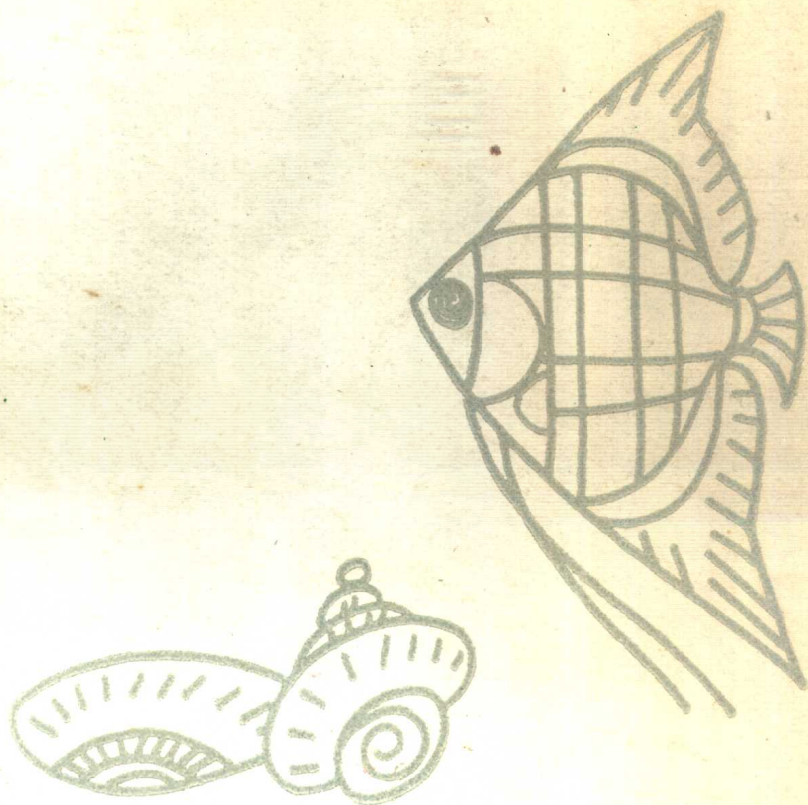


〔美〕国家研究委员会
农业委员会
动物营养分会委员会
温水鱼类
营养分会委员会

许民强 译
沈慧乐 校

(修订版)



温水鱼类和甲壳类 的营养需要

农业出版社



温水鱼类和甲壳类的营养需要

(修 订 版)

〔美〕 国家研究委员会
农业委员会
动物营养委员会
温水鱼类营养分会委员会

许民强 译

沈慧乐 校

6146290

农 业 出 版 社

Nutrient Requirements of Warmwater Fishes and Shellfishes
Revised Edition

Subcommittee on Warmwater Fish Nutrition
Committee on Animal Nutrition
Board on Agriculture
National Research Council
National Academy Press
Washington, D. C. 1983

温水鱼类和甲壳类的营养需要

(修 订 版)

〔美〕 国家研究委员会

农业委员会

动物营养委员会

温水鱼类营养分会委员会

许民强 译

沈慧乐 校

* * *

责任编辑 李锦明

农业出版社出版 (北京朝阳区枣营路)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092mm 16开本 6印张 133千字

1990年5月第1版 1990年5月北京第1次印刷

印数 1—613册 定价 3.80元

ISBN 7-109-01347-2/S·959

目 录

第一章 绪论	1
第二章 营养需要	2
第一节 蛋白质和氨基酸	2
第二节 能量	8
第三节 脂类	10
第四节 碳水化合物	14
第五节 维生素	16
第六节 矿物质	26
第三章 消化和吸收	34
第一节 消化酶	34
第二节 消化率的测定	35
第三节 温水鱼类和甲壳类的消化率	38
第四章 饲养实践	39
第五章 日粮配方及加工	42
第一节 实用日粮	42
第二节 半纯合实验日粮	47
第六章 其他日粮成分	48
第一节 水	48
第二节 日粮pH	48
第三节 激素	48
第四节 抗菌素	50
第五节 纤维	50
第六节 颗粒粘合剂	50
第七节 抗氧化剂	51
第八节 色素	51
第七章 营养拮抗剂	54
第一节 通常存在于饲料中的营养拮抗剂	54
第二节 来自饲料天然污染物的拮抗剂	59
第三节 重金属	61
第四节 由人类造成的与脂类代谢有关的污染物	62
第八章 饲料的成分	65
第一节 国际命名法	65
第二节 国际饲料分类	65
第三节 国际饲料编号	66
第四节 数据	66
附表	67

第一章 绪 论

一般公认, 鱼类和贝壳类从放养到上市的全过程中, 饲料是构成生产成本的主要部分。从50年代便开始了对温水鱼类营养需要的研究; 近年来在虾和其他贝壳类方面的研究也日益增多。这些研究的共同目的就是为了有助于饲料的配合和生产。正是因为鱼类及贝壳类营养在基础和应用方面的研究成果, 才使如今的饲料营养比几年前的饲料营养更加完善和实际可行。

尽管很多水产学家试图通过施肥来增加养殖池内天然饲料的供应, 但对加工好的水产养殖动物饵料的要求仍在持续增长。本书的目的就是: 更新和扩充关于温水鱼类和贝壳类营养需要方面的知识, 并提供目前普遍采用的日粮配方、饲料制作及饲养实践方面的情况。还试图提供充分的基础知识, 以便于营养基础知识有限的人也能较好地理解文中的材料。本文亦计划作为NRC冷水鱼类的营养需要(华盛顿特区: 国家科学出版社, 1981)的补充。

温水鱼类和贝壳类是指生长在海水或淡水中, 适宜温度在25—30℃范围内的种类。在此讨论的大多种类是供食用、体育运动或观赏而养殖的。由于斑点叉尾鲶和鲤鱼引起温水鱼类营养学家最大的研究兴趣, 所以本文也有相当部分材料牵涉到这两种鱼。

近年来, 对于具有水产潜力的品种也有研究。另外也能得到一些关于养殖贝类, 包括淡水和咸水虾类的营养知识。

文献中对“Shrimp”和“Prawn”两术语有所混淆。一种惯例是用前者泛指咸水虾类, 后者泛指淡水虾类。但是另一种更为普遍接受, 也是本文所采用的惯例是: “Shrimp”, 包括咸水虾和淡水虾, 而“prawn”指那些大型虾类。

要记住重要的一点: 本文所概括的营养需要, 系指在最佳生长条件下, 正常生长时的最小需求量, 它不包括考虑到特别水质条件、养殖方法、加工损耗、饲料贮存损失的安全域值。当条件次于最佳时, 高于建议量的营养素水平可能为合适。当大量的天然饵料可采食时, 满足最低营养需要的饲料也可能提供一个高于动物实际需要的安全域值。

第二章 营养需要

第一节 蛋白质和氨基酸

蛋白质是由各种氨基酸组成的大而复杂的分子。绝大多数蛋白质是由20种主要氨基酸所组成。此外,不同大小与不同功能的蛋白质,它们所含氨基酸的相对比例也不同。有一些蛋白质缺乏某种氨基酸;有一些却20种氨基酸都含有。

蛋白质是生命有机体的基本成分,在结构和功能方面都起着重要作用。动物、植物和微生物合成蛋白质所必需的初始物质是不相同的。植物和一些微生物能将一些相当简单的无机物,例如二氧化碳、水、硝酸盐类和硫酸盐类合成氨基酸。另一些微生物以及一些绿色植物,可利用大气中的氮,而不必用硝酸盐类。所以这类形式的生命是蛋白质的初始来源。与植物不同,动物不具有应用简单无机物合成氨基酸的能力。它必须依靠植物,以及别的动物或寄生在肠道内的微生物作为日粮中氨基酸,或可以转化为氨基酸的前体来源。

在动物的组织中,蛋白质是主要的有机物质,构成干重的65—75%。动物必须采食蛋白质,以保证氨基酸的连续供给。蛋白质被食入后,经消化和水解释放出游离氨基酸,之后在动物的肠道内被吸收,随着血液循环分布到不同的器官和组织中去,然后这些氨基酸用于合成新的蛋白质。因为动物是连续地利用蛋白质,用于建立新的组织,那么就需要有规律地食入蛋白质或氨基酸。如果日粮不能提供足够的蛋白质,动物就会很快降低增长速度,停止生长,降低体重。此时动物就需要动用组织中的一些蛋白质,以保证更加重要的生命活动。反之如果蛋白质的供给太多,用于合成新蛋白质的蛋白比例就会降低,剩下部分将代谢产能。

从营养的角度,氨基酸可以分为两组,即必需的与非必需的氨基酸。一些氨基酸由于动物本身完全不能合成,或者合成的数量不能满足动物最大的生长需要,称之为必需氨基酸。非必需氨基酸,则是指那些动物本身能合成并能足够满足最大生长需要的氨基酸。绝大多数动物包括鱼类需要相同的10种必需氨基酸,它们是精氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、色氨酸、缬氨酸。

粗蛋白质需要量 天然和人工配制的鱼类日粮中,富含蛋白质,人工饲料中蛋白质需要量受日粮氨基酸构成的直接影响。鱼和其他动物一样,没有绝对的蛋白质需要量,而只需要一种平衡良好的必需和非必需氨基酸混合物。最经济的氨基酸来源是天然饲料中的蛋白质。

能充分提供氨基酸,并能满足最大生长需要的蛋白质的最低需要量,在一些温水鱼类和虾的品种中,已由纯合、半纯合日粮试验所确定。如表1和表2所示。

如果对养殖过程和环境条件不了解,要提出每一种鱼适宜的日粮蛋白质水平是很困难的。饲喂不同蛋白质水平的斑点叉尾鲶,生长反应受很多因素的影响。这些因素包括鱼的

表 1 生长鱼的估计日粮蛋白需要量

品 种	蛋 白 来 源	估计蛋白需要量 (%)	参 考 资 料
鲤鱼(<i>Cyprinus carpio</i>)	酪蛋白	31—38	Ogino and Saito, 1970; Takeuchi et al., 1979
斑点叉尾鲷(<i>Ictalurus punctatus</i>)	全蛋蛋白	32—36	Garling and Wilson, 1976
日本鳗鲡(<i>Anguilla japonica</i>)	酪蛋白加精氨酸、胱氨酸	44.5	Nose and Arai, 1972
草鱼(<i>Ctenopharyngodon idella</i>)	酪蛋白	41—43	Dabrowski, 1977
东方鲀(<i>Fugu rubripes</i>)	酪蛋白	50	Kagazawa et al., 1980
河口石斑(<i>Epinephelus salmoides</i>)	金枪鱼肌肉粉	40—50	Teng et al., 1978
遮目鱼(苗)(<i>Chanos chanos</i>)	酪蛋白	40	Lim et al., 1979
真鲷(<i>Chrysophrys major</i>)	酪蛋白	55	Yone, 1976
小口黑鲈(<i>Micropterus dolomieu</i>)	酪蛋白加FPC*	45	Anderson et al., 1981
黑鲈(<i>Micropterus salmoides</i>)	酪蛋白加FPC	40	Anderson et al., 1981
罗非鱼			
<i>Tilapia aurea</i> (cfyy)(苗)	酪蛋白和卵蛋白	56	Winfrey and Stickney, 1981
<i>Tilapia aurea</i>	酪蛋白和卵蛋白	34	Winfrey and Stickney, 1981
<i>Tilapia mossambica</i>	白鱼粉	40	Jauncey, 1982
<i>Zilapia zillii</i>	酪蛋白	35	Mazid et al., 1979

* FPC表示鱼蛋白浓缩物。

表 2 虾的最佳日粮蛋白水平

品 种	蛋白来源	最佳蛋白水平 (%)	参 考 资 料
白虾(<i>Penaeus setiferus</i>)	鱼粉	28—32	Andrews et al., 1972
久留米虾(<i>Penaeus japonicus</i>)	虾粉	40	Balazs et al., 1973
	酪蛋白	54	Deshimaru and Kuroki, 1974
	鱿鱼粉	60	Deshimaru and Shigeneno, 1972
	酪蛋白和卵蛋白	52—57	Deshimaru and Yone, 1978
虎虾(<i>Penaeus monodon</i>)	酪蛋白和鱼粉	46	Lee, 1971
锯齿长臂虾(<i>Palaemon serratus</i>)	虾粉	40	Forster and Beard, 1973
	鱼粉	40	Forster and Bear, 1973
印度对虾(<i>Penaeus indicus</i>)	对虾粉	42.8	Colvin, 1976
麦吉对虾(<i>Penaeus merguensis</i>)	可食贻贝	34—42	Sedgwick, 1979

引自Foster (1976)。

大小、水温、养殖密度、池塘中天然饵料的可利用性、每日投饵量、日粮中非蛋白能量的数量以及日粮中蛋白质的质量。

氨基酸需要量 实验表明,斑点叉尾鲷(Dupree和Halver, 1970), 鲤鱼(Nose等, 1974)、齐氏罗非鱼(Mazid等, 1978)、真鲷(Yone, 1976)、两种鳗鱼(Arai等, 1972)(欧洲鳗鲡和日本鳗鲡), 以及两种虾, 锯齿长臂虾(Cowey和Forster, 1971)和阿兹特克虾(Shewbart等, 1973)都需要从日粮中供给精氨酸、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、缬氨酸。饲喂缺乏任何一种必需氨基酸的日粮, 结果都会引起食欲减退, 生长减缓。

鱼的氨基酸需要量, 仅在四种鱼中得到确定, 在表3中与猪、鸡及大鼠的需要量同时

列出,以便比较。以日粮的百分比表示,鱼的氨基酸需要量比其他动物高得多。可是当用日粮蛋白质百分比表示时,鱼的氨基酸需要量就与其他动物比较接近。除精氨酸、蛋氨酸加胱氨酸外,斑点叉尾鲴的氨基酸需要量几近于大鳞大马哈鱼。至于鲤鱼和日本鳊鲴的氨基酸需要量,大致接近或稍高于斑点叉尾鲴和大鳞大马哈鱼。

表 3 几种生长动物对氨基酸需要量的比较

氨基酸	日本鳊鲴	鲤鱼	斑点叉尾鲴	大鳞大马哈鱼	鸡	猪	鼠
精氨酸	4.5(1.7/37.7)	4.2(1.6/38.5)	4.3(1.03/24)	6.0(2.4/40)	5.6(1.00/18)	1.2(0.16/13)	5.0(0.60/12)
组氨酸	2.1(0.8/37.7)	2.1(0.8/38.5)	1.5(0.37/24)	1.8(0.7/40)	1.4(0.26/18)	1.2(0.15/13)	2.5(0.30/12)
异亮氨酸	4.0(1.5/37.7)	2.3(0.9/38.5)	2.6(0.62/24)	2.2(0.9/41)	3.3(0.60/18)	3.4(0.41/13)	4.2(0.50/12)
亮氨酸	5.3(2.0/37.7)	3.4(1.3/38.5)	3.5(0.84/24)	3.9(1.6/41)	5.6(1.00/18)	3.7(0.48/13)	6.3(0.75/12)
赖氨酸	5.3(2.0/37.7)	5.7(2.2/38.5)	5.0(1.5/30)	5.0(2.0/40)	4.7(0.85/18)	4.4(0.57/13)	5.8(0.70/12)
蛋氨酸 ^a	5.0(1.9/37.7) ^b	3.1(1.2/38.5)	2.7(0.56/24)	4.0(1.6/40) ^b	3.3(0.60/18) ^b	2.3(0.30/13)	5.0(0.60/12)
苯丙氨酸 ^c	5.8(2.2/37.7)	6.5(2.5/38.5)	5.0(1.2/24)	5.1(2.1/41)	5.6(1.00/18)	4.3(0.57/13)	6.7(0.80/12)
苏氨酸	4.0(1.5/37.7)	3.9(1.5/38.5)	2.0(0.53/24)	2.2(0.9/40)	3.1(0.56/18)	2.8(0.37/13)	4.2(0.50/12)
色氨酸	1.1(0.4/37.7)	0.8(0.3/38.5)	0.5(0.12/24)	0.5(0.2/40)	0.9(0.17/18)	0.8(0.10/13)	1.3(0.15/12)
缬氨酸	4.0(1.5/37.7)	3.6(1.4/38.5)	3.0(0.71/24)	3.2(1.3/40)	3.4(0.62/18)	3.2(0.41/13)	5.0(0.60/12)

注:需要量以占蛋白的百分比表示。括号内,分子表示在日粮中需要的百分数,分母表示日粮中总蛋白的百分数。关于大鳞大马哈鱼、鸡、猪、鼠的数据分别引自NRC(1981),NRC(1977a),NRC(1979)和NRC(1978)。鳊鱼和鲤鱼的数据取自Nose和Arai的资料(Cowey和Sargent,1979);斑点叉尾鲴的数据取自Wilson和其合作者(Harding等,1977,Wilson等,1977,1978,1980,Robinson等1980,1981)。

a 表示没有胱氨酸存在时; b 表示蛋氨酸加胱氨酸; c 在没有酪氨酸时。

由结晶氨基酸配制的试验日粮喂大鳞大马哈鱼(Mertz,1972)、日本鳊鲴(Arai等,1972)、以及罗非鱼(Mazid等,1978)得到满意的结果。但是用氨基酸试验日粮必须用碱(例如NaOH)中和后才能用于饲喂鲤鱼(Nose等,1974)和斑点叉尾鲴(Wilson等,1977)。斑点叉尾鲴的10种必需氨基酸是这样测定的:在一个实验中,每次饲喂一种不同梯度的氨基酸,用一个除欲测氨基酸外,其他氨基酸成分都与全蛋的氨基酸相同的试验日粮(Wilson等,1977),日粮设计时使氨基酸水平低于最佳需要量,以保证限制性氨基酸的最大利用。氨基酸的摄入对生长率的影响用图1说明,曲线是表示在研究斑点叉尾鲴小鱼对色氨酸、组氨酸、苏氨酸、缬氨酸需要量时鱼的生长资料。每种情况下,都观察到鱼的生长速率随氨基酸食入量的增加而直线增长,直到与该特定氨

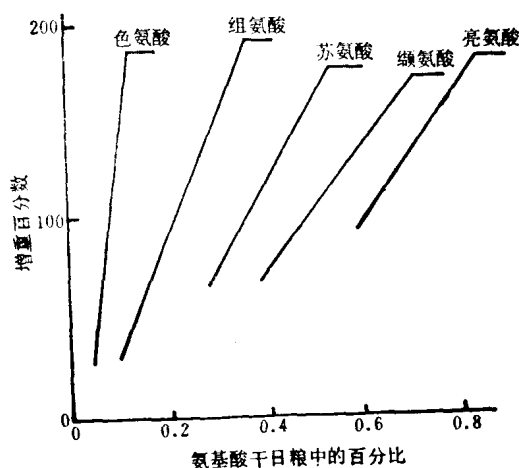


图1 氨基酸的食入量和斑点叉尾鲴指长小鱼生长率之间的关系

来源于 Wilson 等(1978,1980)

氨基酸的需要量相对应的转折点时, 生长速率不再增加。

必需氨基酸的价值 日粮中非必需氨基酸的存在, 表示鱼体减弱了, 需要合成它们的节约作用。这种节约作用的具体例子就是蛋氨酸转化为胱氨酸, 苯丙氨酸转化为酪氨酸。在这两个例子中说明, 必需氨基酸必需从非必需氨基酸的前体合成而来, 而对蛋氨酸来说, 鱼体实际上需要一定量的含硫氨基酸, 这可单独从蛋氨酸或从适量的蛋氨酸加胱氨酸的混合物中得到满足。对于斑点叉尾鲶, 胱氨酸在一毫克分子硫的基础上, 可以取代或节省60%日粮蛋氨酸 (Harding等, 1977)。在胱氨酸代替蛋氨酸时, 只要胱氨酸与蛋氨酸的比不超过60:40, 鱼的生长速率就不会有什么差异。由于绝大多数饲料都含有蛋氨酸和胱氨酸, 所以在日粮的配方中注意到两者的相互关系是很重要的。当配方以满足总的含硫氨基酸需要量时, 蛋氨酸和胱氨酸的总量应该加以考虑。另外两种合成的含硫化合物, DL-蛋氨酸和蛋氨酸羟基类似物, 也被用于动物营养以补充含硫氨基酸缺乏的饲料。用斑点叉尾鲶的研究表明, 利用DL-蛋氨酸和L-蛋氨酸同样有效。但是蛋氨酸羟基类似物在促进生长方面却只有L-蛋氨酸26%的效价 (Robinson等1978)。在斑点叉尾鲶的小鱼生长研究中, 表明酪氨酸可以代替或节省50%苯丙氨酸的需要量 (Robinson等1980年)。因为大多实用日粮蛋白中都含足够水平的苯丙氨酸和酪氨酸, 所以这两种氨基酸一般总是超过鱼的日粮需要。

氨基酸的需要量和蛋白质食入量的关系 氨基酸营养的一个基本原则是: 直至满足最大生长需要的营养水平前, 氨基酸需要量和蛋白质食入量持稳定关系。该原则也是表3中以日粮蛋白质百分比表示需要量的基础。几种氨基酸需要量和日粮蛋白质食入量之间的相互关系在家畜中已得到证实 (Almquist, 1972)。所以也假定这点对所有必需氨基酸都成立。

鱼的蛋白质需要量尚未很好地确定。假设限制性氨基酸的需要量为日粮蛋白质的5%, 日粮蛋白质含量为30%和35%, 为测定斑点叉尾鲶实用日粮中某一特定氨基酸的含量, 可考虑以下计算: 对于30%粗蛋白质的配方, 日粮需要 $30 \times 0.05\%$ 或1.5%的限制性氨基酸, 对于粗蛋白质为35%的日粮, 需要 $35 \times 0.05\%$ 或1.75%的限制性氨基酸。

合成氨基酸的利用 研究证明, 在大马哈鱼日粮中, 给氨基酸不平衡的蛋白质补充合成氨基酸的潜力。Rumsey和Ketola (1975年) 用有5种或多种氨基酸添加的含豆饼的日粮饲喂虹鳟鱼, 并与只用豆饼的对照组比较, 发现前者促进了生长, 但仅添加赖氨酸或蛋氨酸并不能提高豆饼的价值。其他的研究者也发现了在虹鳟鱼 (Tiews等, 1976, Dabrowska和Wojno, 1977) 和鲤鱼 (Murai等, 1982, Viola等1982) 日粮中添加氨基酸能促进生长的效果。

早期的研究人员用斑点叉尾鲶未能证明各种试验日粮中对添加氨基酸的利用 (Andrews和Page 1974, Andrews等1977)。但近年来的研究证明, 以饲料级的赖氨酸添加于花生饼日粮配成赖氨酸为第一限制性氨基酸, 斑点叉尾鲶小鱼能有效地利用该游离氨基酸 (Robinson等1980b)。Murai等1982年证明斑点叉尾鲶可以利用添加到豆饼蛋白中的合成氨基酸。或许在早期报告中用于研究的日粮并不缺乏特定的欲测氨基酸, 因为斑点叉尾鲶的各种氨基酸需要量仅是最近才清楚的。

蛋白质的营养价值 蛋白质的营养价值通常是指蛋白质的质量, 是以蛋白资源的氨基

酸组成为基础，特别是必需氨基酸的含量，以及该种蛋白所含氨基酸的生物学效价。表4列出了斑点叉尾鲶实验日粮常用的三种蛋白资源中必需氨基酸的含量。限制性氨基酸系指那些存在于蛋白资源中，但含量低于鱼的需要水平，已在该氨基酸数值下面划线表示出了。在三种蛋白资源中，仅有全蛋蛋白含足够数量的各种必需氨基酸，以满足斑点叉尾鲶的已知需要量。因此可用它为单一蛋白资源作为实验日粮。酪蛋白除精氨酸外，含有足够的各种必需氨基酸。而明胶却正相反，除精氨酸外，各种必需氨基酸都很缺乏。因为酪蛋白缺乏精氨酸，明胶有过剩的精氨酸，所以酪蛋白和明胶的适当配合可以满足斑点叉尾鲶的需要，并用于实验日粮。与之类似的计算和比较可以用于实用日粮的各种原料。

表4 几种蛋白来源必需氨基酸含量

氨基酸	全 卵 蛋 白	酪 蛋 白	明 胶
精 氨 酸	6.5	<u>4.0^a</u>	8.0
胱 氨 酸 ^b	0.5	0.4	<u>0.1</u>
组 氨 酸	2.6	3.2	<u>0.8</u>
异 亮 氨 酸	5.5	5.5	<u>1.3</u>
亮 氨 酸	9.1	9.7	<u>2.9</u>
赖 氨 酸	6.9	8.8	<u>3.8</u>
蛋 氨 酸 ^c	3.4	3.1	<u>0.9</u>
苯 丙 氨 酸 ^c	5.8	5.6	<u>2.1</u>
苏 氨 酸	5.2	4.6	<u>1.8</u>
色 氨 酸	1.4	1.2	<u>0.1</u>
酪 氨 酸 ^c	4.6	6.4	<u>0.6</u>
缬 氨 酸	6.7	6.9	<u>2.4</u>

- a 在下边划线的数值表示为对斑点叉尾鲶的限制性氨基酸；
b 蛋氨酸或总的含硫氨基酸需要量可以由蛋氨酸与胱氨酸之总和满足；
c 苯丙氨酸或总的芳香类氨基酸需要量可以由苯丙氨酸和酪氨酸之总和满足。

总的说来，在日粮配方中有三种方法可以弥补氨基酸的缺乏和不足。第一种也是最常用的一种，是选择合适的蛋白资源组合以满足氨基酸的建议量；第二种方法是在日粮中添加合成氨基酸；第三种方法是喂过剩的蛋白质，以克服个别氨基酸的不足。

氨基酸的利用率 为了在配合日粮时利用氨基酸需要量数据，必须了解所用的各种饲料组分中各种必需氨基酸的效价。Wilson等（1981）测定了玉米、麦麸与下脚粉、米糠、稻米的加工产品、豆饼、花生饼、棉子饼、肉骨粉、油鲱鱼粉对斑点叉尾鲶成鱼的氨基酸表现利用率和真利用率。各种已经研究的饲料组分中必需氨基酸加胱氨酸和酪氨酸的组成及其各自的真利用率列于表5。

几种饲料蛋白资源的消化率对于斑点叉尾鲶同样有效（见表12）。在以粗蛋白质为基础配制日粮时，这些数据是很有用的，但这是假定蛋白质中所有氨基酸的利用率相同。Wilson等（1981年）提供的数据表明，在相同的与不同的饲料蛋白资源中，氨基酸的利用率是不同的。

表5 几种常见饲料(风干状态)的氨基酸组成及其对斑点叉尾鲶的利用率

饲 料	国 际 饲 料 编 号	干物质 (%)	蛋白质 (%)	精氨酸 (%)	胱氨酸 (%)	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 (%)	酪氨酸 (%)	缬氨酸 (%)
黄马牙玉米 <i>Zea mays, indentate</i> 籽实	4-02-935	89	9.6	0.43 (0.35)	0.22 a	0.26 (0.23)	0.35 (0.24)	1.21 (1.06)	0.25 (0.24)	0.17 (0.12)	0.48 (0.39)	0.35 (0.24)	0.08 a	0.38 (0.29)	0.44 (0.33)
棉花 <i>Gossypium</i> spp 溶剂提取棉籽饼 41%蛋白 油饼	5-01-621	91	41.2	4.21 (3.81)	0.77 a	1.11 (0.91)	1.52 (1.09)	2.33 (1.78)	1.69 (1.20)	0.59 (0.45)	2.24 (1.87)	1.38 (1.06)	0.56 a	1.03 (0.76)	1.88 (1.43)
<i>Brevortia tyrannus</i> 机制鱼粉 动物肉粉, 带骨, 提取脂肪后	5-02-009	92	61.1	3.75 (3.41)	0.56 a	1.45 (1.23)	2.88 (2.51)	4.48 (3.99)	4.72 (4.08)	1.75 (1.45)	2.46 (2.15)	2.50 (2.19)	0.65 a	1.94 (1.72)	3.22 (2.80)
<i>Brevortia tyrannus</i> 机制鱼粉	5-00-388	93	50.4	3.49 (3.07)	0.50 a	0.96 (0.79)	1.64 (1.33)	3.06 (2.52)	2.90 (2.51)	0.65 (0.52)	1.70 (1.45)	1.65 (1.26)	0.30 a	0.79 (0.66)	2.45 (1.98)
花生 <i>Arachis hypogaea</i> 籽实, 溶剂提取花生粕	5-03-650	92	48.1	4.55 (4.45)	0.73 a	0.95 (0.85)	1.76 (1.64)	2.70 (2.57)	1.77 (1.67)	0.42 (0.38)	2.04 (1.96)	1.16 (1.08)	0.48 a	1.55 (1.46)	1.88 (1.75)
稻谷 <i>Oryza sativa</i> 糠及胚芽(米糠) 稻米加工产品	4-03-928	91	12.7	0.72 (0.68)	0.10 a	0.23 (0.19)	0.46 (0.40)	0.70 (0.63)	0.49 (0.46)	0.23 (0.20)	0.44 (0.39)	0.43 (0.38)	0.10 a	0.69 (0.65)	0.69 (0.62)
大豆 <i>Glycine max</i> 籽实, 溶剂提取	5-04-604	90	44.8	3.03 (2.93)	0.75 a	1.07 (0.94)	2.03 (1.62)	3.27 (2.73)	2.68 (2.52)	0.52 (0.44)	2.11 (1.78)	1.66 (1.36)	0.64 a	1.33 (1.11)	2.02 (1.59)
小麦 <i>Triticum</i> spp 下脚面粉, 9.5%纤维	4-05-205	89	16.4	0.92 (0.87)	0.22 a	0.38 (0.36)	0.67 (0.59)	1.08 (0.97)	0.67 (0.65)	0.18 (0.15)	0.64 (0.60)	0.54 (0.48)	0.20 a	0.40 (0.36)	0.75 (0.68)

注: 每组第一个数字表示总含量, 括号内的数值表示有效量;

a 有效率没确定; b 以高质量鱼粉为基础; c 数据引自 Wilson 等, 1981;

本表数据来自 NRC (1982) 氨基酸成分的数据。

第二节 能 量

在鱼类与农畜营养之间一个惊人的差别，就是鱼类用于合成蛋白质的能量数值比温血的食用动物少得多 (Lovell, 1979)，具体数字如下：

食 用 动 物	日粮蛋白 (%)	日粮能量 ME(kcal/g)	蛋白增重/Mcal ME消耗(g)
斑点叉尾鲶	35	2.71 ^a	47
肉用仔鸡	18	2.8	23
猪	16	3.3 ^a	9
肉牛	11	2.6	6

a 代谢能(ME)由消化能估算而来。

鱼的能量需要量低，这是由于鱼类不要维持恒定的体温，同时维持体态和在水中运动需要的能量比哺乳类和鸟类都少 (Tucker, 1969)。又由于它排除绝大多数含氮废弃物是以氨的形式，而非以尿素或尿酸的形式，因此在蛋白分解代谢以及含氮废弃物排除方面损失的能量少 (Goldstein和Forster, 1970)。

能量的过多或过少都会导致生长速率的降低，为此对鱼类日粮提供最佳能量水平是重要的。因为能量必须在满足维持和随意运动需求的基础上才能用于生长，如果日粮中能量相对于蛋白质来说不足时，那么蛋白质将用于产生能量；另一方面如果鱼的饲喂以最大生长为目的，则含能量过高的日粮会阻碍鱼对蛋白质及其他必要营养素的食入，因为鱼类和哺乳动物及鸟类一样，首先是为了满足能量需求而食。Boonyaratpalin 1978年发现，是能量而不是蛋白质影响斑点叉尾鲶每天的采食量。过多的能量进食量亦会导致大量体脂肪的沉积 (Page和Andrews, 1973)，这样会降低胴体产量并缩短冷冻鱼类货架的寿命，所以并不是人们所期望的。但这对于那些用于放养孵化场的鱼类却是适合的。

鱼的能量需要量可以通过量热法或生长反应而测定。Smith (1978a, b) 用直接量热法测定虹鳟鱼的热增耗 (H₁E) 和维持的能量消耗，测定时将鱼生长的能量需要加至上述能量需要量的数值，便可推算出代谢能 (ME)。测定温水鱼类能量需要的实验是根据鱼的体重或蛋白质的增长，用测定好或计算好的消化能 (DE) 水平的日粮饲喂鱼。但在温水鱼类能量需要方面却很少有可用的资料，其原因之一，就是一些实验中对日粮能量的利用率没有足够详尽的说明。有些研究中却是鱼没有喂饱，如果鱼的饲喂低于满足它的需要，则日粮的能量用于体内代谢能需要的比例就增加了。除非日粮的能量浓度提高，否则蛋白质将用于产能。另外有时在同一实验中，日粮组分成分的变化较大，可能引起能量消化率或日粮适口性的变化 (Cruz, 1975, Poston, 1975)。

已推导出的温水鱼类能量需要量，作为日粮蛋白质水平的函数也常有报道。Garling和Wilson 1977年用纯合日粮，报道了斑点叉尾鲶的最佳DE/P (千卡消化能/克蛋白) 比为9.6。Page和Andrews 1973年用实用日粮发现这一比值为9.7。Lovell和Prather 1973年发现，对于生长的斑点叉尾鲶从生长阶段到捕捞规格的实用日粮的最佳DE/P

为7.8。对于小鲤鱼，报道最佳的DE/P为8.3 (Takeuchi等1978)。而上述四个实验中对于生长的最佳蛋白质水平为32—35%。

对于斑点叉尾鲷小鱼的最大生长和生产日粮的DE需要量，暂时建议每克蛋白质为8—9大卡 (kcal/g) (Stickney和Lovell, 1977)。这一数值的变化范围似乎也适合于鲤鱼和其他温水鱼类。当然在有可能补充新资料时，这个变化范围应予以重新评定。

温水鱼类可有效地利用蛋白质、碳水化合物（糖、糊精和淀粉）、甘油三酸脂作为能源 (Stickney和Andrews, 1972; Ogino等1975; Garling和Wilson, 1977; Andrews等1978)。由于排泄含氮废弃物的能量损失少，所以高消化率、高蛋白质的日粮对鱼的可代谢能比其他家畜高 (Smith, 1976)，低分子的碳水化合物容易被消化吸收。虹鳟鱼可消化生玉米淀粉总能的40% (NRC, 1973)，斑点叉尾鲷可消化约60% (NRC, 1977)，猪可消化85% (NRC, 1979)。鱼类饲料的膨化加工过程中，加热熟化可提高斑点叉尾鲷对淀粉的消化率5—10% (Cruz, 1975)。而多纤维饲料对鱼类却是劣质的能源，例如紫苜蓿粉对斑点叉尾鲷的DE值大约为1.5kcal/g，而对于猪为2.1kcal/g (Stickney和Lovell, 1977)。饱和与不饱和脂肪对温水鱼类都是高度有效的能源 (Cruz, 1975; Takeuchi等, 1979)。

现行的温水鱼类能量需要量和饲料生产能值的数据，是以DE值为基础。用代谢能值代替消化能评价鱼的饲料更为理想，因为它更能准确地估计日粮中对动物组织代谢有用的能值；多数NRC动物营养分会都采用代谢能系统。但实际上，ME在评价鱼的饲料有用能方面不比DE有什么优势，因为消化过程中能量的损失，构成了回收能量变异的绝大部分。鱼类通过鳃和排尿的能量损失，比哺乳类和鸟类的非粪能损失少，且不像粪能那样以饲料种类的变化而产生那么大的变异。另外鱼的代谢能测定也比较困难，这是因为难于把鱼体限定在一个代谢箱内 (Smith, 1976)，碰到的另一个问题就是要同时收集肛门、鳃和膀胱的排泄物。消化能值比较容易测定，而且当鱼体随意采食时也不会受到什么应激 (Page和Andrews, 1973; Cruz, 1975; Takeuchi等, 1979)。Smith (1976年) 推导出虹鳟鱼一些商品饲料的消化能值，虽然这些数值对温水鱼类的适合性尚未确定。目前还需要有关测定各种鱼类ME实用性的资料，以及有关温水鱼类的各类饲料DE和ME之间相互关系方面的资料。

鱼体的能量流用图2说明，鱼的能量分配类似于哺乳类和鸟类，但一些数量上的差别表明鱼之能量利用更为有效，特别是同化富含蛋白质的饲料。

鱼体从鳃和尿损失的消化能较少，因为大约85%的含氮废弃物是以氨的形式排泄 (Coldste-

in, 和 Forster, 1970)，而不是以尿素（哺乳类）或尿酸（鸟类）形式。

热增耗 (H_iE) 这一随进食的热能增耗在鱼类较低。Smith等1978年用直接测热法测定了虹鳟鱼的 H_iE ，发现它为ME的3—5%。而在哺乳类热增耗可能占ME的30%，这种

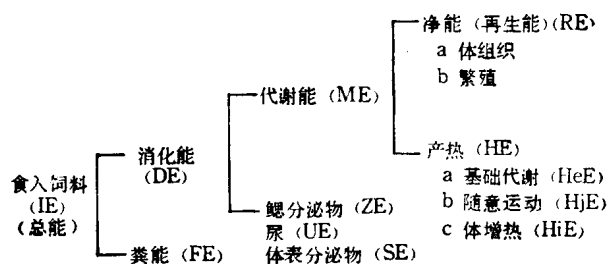


图2 鱼食入饲料的能量分配

H₂E的差异主要是合成或排泄尿素和尿酸比产氨消耗较多的能量所致。

鱼的维持能量需要(随意运动和基础代谢)较低,这是由于鱼不需要调节体温,以及在水中维持体态耗能较少之故。小虹鳟鱼(4g)的代谢产热(kcal/24小时)为57kcal/kg体重的0.63次方(Smith等1978b),对比哺乳类和鸟类为70—83kcal/kg体重的0.75次方(Brody, 1945)。

第三节 脂 类

日粮脂肪是能量的重要来源(8—9kcal/g)。脂肪酸为温水鱼类正常生长和生存所必需。日粮脂肪提供了吸收脂溶性维生素的载体,以及为甲壳类日粮所必需的其他化合物,例如甾醇、脂类,特别是磷脂类和固醇酯在细胞或亚细胞水平的生物膜结构中,都起着关键作用。脂类对温水鱼类饲料的味道和质地以及水产品本身类似的性质也是重要的。脂类参与很多代谢过程,例如许多激素是固醇,长链多烯不饱和脂肪酸(PUFA)是鱼前列腺素的前体。前列腺素是一族五碳环化合物,在机体中微量存在,参与很多类激素的活动。

必需脂肪酸 Burr和Burr(1929, 1930)第一次指出动物必需一种特殊的不能为动物再合成的不饱和脂肪酸碳链。他们的研究,说明大鼠需要n-6亚油酸结构(18-2n-6)¹,从此发现很多恒温动物也有对这种必需脂肪酸的同样需要(Aaes-Jorgensen, 1961; Alfin-Slater和Aftergood, 1968; Holman, 1968),而这种必需脂肪酸可为其他具有同样甲基端的脂肪酸(18:2n-6, 20:2n-6, 20:4n-6等)所满足。更长链者则有等于或比18:2n-6更大的必需脂肪酸效价。

直到1972年研究表明,变温动物虹鳟鱼需要n-3脂肪酸,而不是n-6作为必需脂肪酸(Castell, 等1972a, b, c)。虽然以前其他专家也提过这种需要的可能性(Higashi等1966, Lee等1967)。这种对必需脂肪酸需要不同所提出的一个解释是:n-3结构允许更大程度的不饱和。而这对于低温下保持膜磷脂流动性及渗透性是必需的。这种解释可能正确,因为已经证明多种温水真骨鱼需要n-3和n-6脂肪酸混合物,而对于齐氏罗非鱼,仅需n-6脂肪酸(Kanazawa等, 1980年)。

Owen等1975年表明一种海产鲱科鱼对18:3n-3增长碳链和去饱和的能力有限。鲱科鱼不仅需要n-3结构,而且特别需要日粮20:5n-3或22:6n-3以满足对EFA的需要(Cowey等, 1976)。虹鳟鱼具有使n-3脂肪酸增长碳链和去饱和的能力,其EFA需要量可由18:3n-3或更长链的n-3脂肪酸满足。Kanazawa等(1979d)回顾了这方面的研究,并说明了去饱和和增长碳链的能力与EFA需要量之间的关系。

对目前和未来具有水产意义的一些温水鱼类已经确定的或建议的EFA需要量,以及从事该项研究时的水温都列于表6。由于鱼的EFA的需要因水温和养殖条件的不同而稍有变化,所以在此强调了温度和条件,盐度也可能影响需要量。同来源的虹鳟鱼同时分

1 常用一种缩写的符号来表示脂肪酸。第一个数字为碳原子数,冒号之后的数字为双键数。用一种新的标记号,用n-取代希腊字母(ω)的方法逐渐增多,它表示从甲基端开始的脂肪酸第一个双键的位置。

表6 一些温水淡水和海洋鱼类及甲壳类的必需脂肪酸的建议或确定的需要量

品 种	实验温度(℃)	饲养实验时间(周)	建议的EFA需要或观察	参考文献
淡水有鳍鱼 斑点叉尾鲷 (<i>Ictalurus punctatus</i>)	26—33 和 20—23	10	EFA的需要量未确定。(1)高水平的日粮18:2n-6或18:3n-3(10%的红花油或亚麻子油)降低生长。日粮饱和、一元不饱和脂肪酸或多烯不饱和脂肪酸(PUFA)(鱼油)促进生长。	Stickney和Andrews, 1971, 1972
	23—28	56	日粮18:2n-6抑制生长;饱和、一元不饱和、PUFA促进生长。	Murray等, 1977
鲤鱼 (<i>Cyprinus carpio</i>)	20—25	11—14	1%18:2n-6与1%18:3n-3混合喂比两者任一个的单独喂为优。PUFA20:5n-3和22:6n-3比18:2n-6和18:3n-3更有效。	Takeuchi和Watanabe 1977
鳗鱼 (<i>Anguilla japonica</i>)	25	10	需要0.5%18:2n-6加0.5%18:3n-3或0.5%20:5和22:6PUFA混合物。	Takeuchi等, 1980
齐氏罗非鱼 (<i>Tilapia zillii</i>)	27—28	4	需要1%18:2n-6或20:4n-6,并优于18:3n-3。	Kanazawa等, 1980
海洋有鳍鱼 黄尾鱼 (<i>Seriola quin queradiata</i>)	23—28	6	鱼油优于玉米油。	Tsukahara等, 1967
香鱼 (<i>Plecoglossus altivelis</i>)	—	—	PUFA(20:5和20:6)优于18:3n-3,优于18:2n-6。	Oka等, 1980
大菱鲆 (<i>Scophthalmus maximus</i> L.)	19—20	11	0.6%n-3高不饱和脂肪酸(HUFA)略优于3.7%18:3n-3,两者都优于18:2n-6,实验中使用二龄鱼。	Leger等, 1979
	15	12	需要1%n-3HUFA。	Cowey等, 1976
真鲷 (<i>Chrysophrys major</i>)	21—28	5—9	需要2%n-3HUFA。	
甲壳类 龙虾 (<i>Homarus americanus</i>)	20	40	n-3PUFA含量高的鱼油优于18:2n-6含量高的玉米油,500g大龙虾;幼龙虾与成虾的需要相似。	Castell和Covey, 1976
日本对虾 (<i>Penaeus japonicus</i>)	24 24	7 4	1%n-3PUFA,20:5或22:6优于18:3n-3 将8:2n-6或18:3n-3与n-3PUFA含量高的鱼油一起添加到饲料中,使生长加快。18:3n-3与18:2n-6相比饲养效果较优。	D Abramo等, 1980 Kanazawa等, 1979, a,b
虾 (<i>Penaeus indicus</i>)	26	4	鱼油n-3PUFA优于18:2n-6或18:3n-3的单独添加。鱼油加18:3n-3和18:2n-6优于单独喂鱼油,可能n-6,n-3都需要。	Read, 1981
褐虾 (<i>Penaeus aztecus</i>)	—	3	商品海产日粮添加1%18:3n-3促进生长。	Shewbart和Mies, 1973
白虾 (<i>Palaemon serratus</i>)	17	6.5	n-6和n-3脂肪酸都需要,18:2n-6/18:3n-3比例为2.2最佳,20:5n-3加22:6n-3优于18碳PUFA	Martin, 1980
蟹 (<i>Carcinus maenas</i>)	25	12	鱼油优于18:2n-6含量高的植物油	Ponat和Adelung, 1980

别饲养在淡水和海水中,养在海水中的更快表现出EFA缺乏症(Lall和Bishop, 1979)。有材料表明鱼体脂肪,特别是膜脂类,如磷脂的脂肪酸成分明显地受长期习惯的水温影响(Reiser等, 1963; Farkas和Herodek, 1964; Johnston和Roots, 1964; Knipprath, 1968; Kemp和Smith, 1970; De Torrenco和Brenner, 1976; Leslie和Buckley, 1976; Miller等1976; Leger, 1977; Farkas等1980)。

已证明在某些鱼类,例如鲤鱼(Shimma等1977)日粮的22:6n-3水平显著地影响孵化率。Middleditch等(1980年)在虾(*Penaeus setiferus*),如果日粮不含20:5n-3和20:6n-3,将不会产卵。年龄对脂肪酸需要的影响却很少研究。Morris(1973)指出生长的或幼小的海洋甲壳类,常比同种的成体有更高脂肪EFA_s的水平。

EFA在鱼的代谢和生理等许多方面都很重要。除了对生物膜的柔韧性和渗透性的重要作用外,EFA_s是参与运送其他脂类的磷脂的成分(Mead和Hotwon, 1960; Aaes-Jorgensen, 1967; Alfin-Slater和Aftergood, 1968; Sire等1981)。已证明脂肪在一些酶的活化中也起作用,在Na⁺、K⁺活化神经组织的ATP酶时,需要磷脂为其活化(Tanaka和Abood, 1974; Tanaka和Strickland, 1965; Kimelbery和Papahadjopoulos, 1972)。这种磷脂的活化作用在变温和恒温动物中都存在(Charnock和Simonsen, 1977)。这种活动受磷脂流动性影响,所以PUFA对变温动物尤为重要。EFA_s的重要性亦表现在作为前列腺素的前体。Abramowitz和Charvin(1973)指出几种哺乳类的前列腺素对于诱导黑色鲫鱼皮中色素的分散是有效的。虽然几位研究人员对鱼前列腺素的合成作了研究(Christ和Van Dorp, 1972; Nomura等1973; Ogata和Nomura, 1975; Nomura和Ogata, 1976),但关于它的功能还研究得很少。EFA_s也可能在其他尚未发现的重要生理和代谢功能中起作用。Nicol等(1975)发现,一种鲷科鱼眼中的反光色素层脂类中含88%22:6n-3。但对于EFA需要量的彻底理解还需要在其生理作用与功能方面进行更多的研究。甘油三脂或脂库脂更接近日粮脂肪酸组成。而磷脂却更多地受养殖条件和该种动物对EFA需要量的影响(Castell等1972; Wodtke, 1978, 1981)。即使在磷脂类之间以及在同一动物不同组织间,也会由于长期适应的温差差异导致脂肪酸组成的不同(Wodtke, 1978, 1981)。

显然,任何一种鱼的日粮EFA需要量是构成机体各种器官与组织需要量的总和。它受温度、盐度,及其他环境因素以及年龄,繁殖、季节、蜕皮周期(甲壳类)和其他生物因素的影响。

EFA缺乏症 对于整个日粮干重来说,温水鱼的EFA需要量很少(表6)。当日粮缺乏时,很多动物都能特异地保留必需的多烯不饱和脂肪酸(PUFA)。因此需要很长时间地采用缺乏EFA的日粮,才能看到EFA慢性缺乏症状的出现。为了制造缺乏症,Castell等(1972a, b, c)用虹鳟鱼鱼苗进行试验,在采用各种试验日粮之前,一开始就用缺乏脂类的日粮喂1个月,以耗尽从卵黄中获得的EFA,这样仍然要经过几个月后才能使许多缺乏症明显(如:降低生长速度、饲料利用率低、死亡率增高,肌肉含水量增加)。观察到的这些症状,包括饥饿与其他营养缺乏症,都是共同的。Castell等也报道了严重的烂鳍,特别是尾鳍,是由于屈挠细菌(*Flexibacterium* sp.)所引起的。但这仅是在EFA缺乏的虹鳟鱼中观察。缺乏症更特异地与脂类功能或功能混乱有关,包括表现为通过离体肝脏

线粒体在等渗蔗糖溶液中, 膨胀速率增加时所表现的膜通透性的变化, 肝脂肪变性, 肝组织匀浆呼吸速率的提高, 血红蛋白水平降低, 红细胞减少, 虹鳟鱼用 n-3 不足的日粮饲喂时, 也表现出昏迷和休克症, 这种症状在 n-3 缺乏时, 由于 n-6 在日粮中存在而加剧, 日粮 n-6 或 n-3 脂肪酸缺乏导致虹鳟鱼 20:3n-9 重新合成的增加。

在研究温水鱼类 EFA 缺乏症中, 主要症状是生长速度减慢, 饲料效率降低, 有的情况下死亡率提高 (表6)。研究的时间往往较短, 并且在大多数情况下, 鱼在饲养实验开始前已从日粮中获得 EFA。鲤鱼在无脂肪日粮条件下饲喂 6 个星期, 然后饲喂试验日粮 11 到 14 个星期 (Takeuchi 和 Watanabe, 1977), 这样会导致生长和饲料效率的降低, 死亡率稍增加, 同时增加了 20:3n-9 的生成并将之结合转化为极性脂质。肝细胞指数以及肝脂含量在不同日粮处理间无明显差别, 已报道的日本鳗鲡 EFA 缺乏症, 实质上上和这些鲤鱼的症状相同 (Takeuchi 等 1980)。

碳链增长和去饱和能力高度减弱的鱼 (Kanazawa 等, 1979) 不能对日粮必需脂肪酸的缺乏作出提高 20:3n-9 水平的反应 (Owen 等 1975; Cowey 等 1976; Leger 等 1979)。饲喂含牛油 (n-3 和 n-6 PUFA 含量低) 饲料的斑点叉尾鲷, 有相对高水平的 20:3n-9 存在于肝脏和体脂 (Stickney 和 Andrews, 1971, 1972), 这些鱼没有表现出 EFA 的缺乏。事实上如果在斑点叉尾鲷的日粮中添加豆油 (18:2n-6 含量高), 或亚麻油 (18:3n-3 丰富), 则结合进脂肪的 20:3n-9 量减少, 而且生长速率和饲料利用率也降低。斑点叉尾鲷对日粮高水平 18:2n-6 和 18:3n-3 异常反应的一种可能的解释是: 它们对日粮 n-3 和 n-6 必需脂肪酸的需要量很低, 而对 n-9 不饱和脂肪酸的生理要求较高; 日粮高水平 18:2n-6 和 18:3n-3 将减少 n-9 脂肪酸的合成和代谢。这是因为油酸、亚油酸、亚麻油酸系列脂肪酸之间有竞争性抑制 (Holman 和 Mohrhauer, 1963; Garcia 和 Holman, 1965)。18:2n-6 对生长的抑制作用与温度有关。当 Gatlin 和 Stickney (1982) 在冬季平均水温为 22°C 时, 给斑点叉尾鲷饲喂等能日粮, 分别添加 6%, 8%, 10%, 12%, 14% 的脂类 (例如牛油、鱼油、豆油), 他们发现不同的脂类和不同的脂肪水平对生长都没有明显的影响。

生长速率、饲料利用率以及存活率是研究甲壳类 EFA 缺乏的主要指标 (表 6)。Kanazawa 等 (1979, c) 报道用 EFA 缺乏日粮喂虾 (*Penaeus japonicus*) 产生的 20:3n-9 很少, 并建议如下比例:

$$\frac{18:0 + 18:1n-9}{20:5n-3} \text{ 或 } \frac{18:0 + 18:1n-9}{22:6n-3}$$

对于这些品种可能是 EFA 的有用指数。Castell 和 Covey (1976) 观察到美国龙虾缺乏 EFA 时, 除了生长速率和饲料效率下降外, 还表现出血细胞数、血浆蛋白水平、可食肉比例的降低, 蜕皮周期的增长, 每次蜕皮后体增重减少。

其他脂类的需要量 虽然鱼类都能从乙酸和甲瓦龙酸合成甾醇 (Kayama 和 Tsuchiya, 1965; Hazel 和 Seiler, 1979), 但至今考察过的甲壳类中, 却没有一类能够合成的 (Zandee, 1962, 1962; Teshima 和 Kanazawa 1971)。因此它们需要预先合成好的甾醇 (Kanazawa 等 1971; Castell, 等, 1975; Deshimara 等 1979)。日本对虾 (*Penaeus japonicus*) 对甾醇需要量的水平还不清楚。Kanazawa 等 (1971) 报道胆甾醇的需要量