

综 述

养殖鱼类饲料蛋白需要量的研究进展

钱雪桥^{1,2} 崔奕波¹ 解绶启¹ 薛 敏¹

(1. 中国科学院水生生物研究所; 淡水生态与生物技术国家重点实验室, 武汉 430070;

2. 华中农业大学水产学院, 武汉 430070)

A REVIEW ON DIETARY PROTEIN REQUIREMENT FOR AQUACULTURE FISHES

QIAN Xue qiao^{1,2}, CUI Yi bo¹, XIE Shou qi¹ and XUE Min¹

(1. State Key Laboratory for Freshwater Ecology and Biotechnology; Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072; 2. Fisheries college, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070)

关键词: 鱼类; 饲料蛋白质

Key Words: Fishes; Dietary protein

中图分类号: S963 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2002)04-0410-07

与畜禽不同, 鱼类对饲料蛋白质的需要量较高^[1]。因此蛋白源成本是养殖鱼类饲料成本的重要组成部分。在渔用配合饲料中, 蛋白质含量是决定鱼类生长快慢的关键因素, 饲料蛋白质含量过高或过低均会影响鱼类的生长和养殖的经济效益。因此, 了解养殖鱼类的饲料蛋白质需要量, 对于改善饲料的品质, 降低养殖成本, 提高经济效益有重要意义。本文的目的是综述国内外主要养殖鱼类蛋白需要量的研究进展, 为配合饲料的科学配制提供理论依据。

1 蛋白质需要量的概念

鱼类的蛋白质需要量是指能满足鱼类氨基酸需求并获得最佳生长的最低蛋白质含量^[2]。鱼类对蛋白质的需要, 实际上是对必需氨基酸和非必需氨基酸混合比例的数量需要。因此, 氨基酸平衡概念是蛋白质需要的基础。当鱼类对各种氨基酸需要量的比例与鱼类饲料中所含有的可消化吸收的各种氨基酸比例相近, 即达到氨基酸平衡时, 就能满足鱼类对氨基酸的需要。因此, 在研究鱼类蛋白质需要量时, 应调节饲料中的氨基酸使之平衡。

收稿日期: 2001-11-17; 修订日期: 2002-03-27

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(39625006, 39970584); 中国科学院创新项目(KSFX2-104); 广东海大畜牧水产饲料有限公司项目资助

作者简介: 钱雪桥(1968—), 男, 江苏省泰兴市人; 华中农业大学水产学院讲师, 博士; 从事鱼类营养学和能量学的研究

通讯作者: 解绶启 Email: sqxie@ihb.ac.cn

2 蛋白质需要量的研究方法

2.1 试验设计

单因子蛋白浓度梯度法是目前国际上研究鱼类蛋白质需要量的常用方法。它是通过投喂蛋白质浓度梯度饲料,使鱼类表现出不同的生长结果,其中生长最快组所摄食的饲料蛋白质含量被认定为蛋白质需要量^[3]。采用“蛋白质浓度梯度法”进行需要量研究时应注意以下几点: a. 测定蛋白需要量的实验一般需 12 周左右,但无特别的时间规定,关键在于取得可识别的剂量-反应关系; b. 要想取得令人满意的剂量-反应曲线,试验应安排 6 个或 6 个以上的蛋白水平;蛋白水平的分配方案是三分之一的蛋白水平分布在生长曲线的上升部分,三分之一分布于曲线上点较高的部分,三分之一分布于生长曲线明显下降的部分; c. 每一蛋白质浓度需设定三个或三个以上重复组; d. 体重增量或生长速度通常是营养需要量的主要指标。

2.2 分析方法

由于统计方法的进步,计算机和统计软件的使用及新的数学模型的发展,评估剂量-反应关系的方法已大为改善。有关鱼类和其他动物蛋白需求的统计分析方法已为众多科学家提出。在鱼类蛋白需求研究中,用于估计最佳蛋白需要量的方法通常有三种: (1) 方差分析(ANOVA); (2) “折线”模型(Broken line model),此模型使用的前提是摄食蛋白后的线性生长有一折点(Breakpoint),这一折点即为蛋白质的需要量; (3) 多项式回归模型。通常情况下,当剂量-反应之间的真实关系未知时,多项式回归方法是最普遍使用的统计分析方法。以下多项式常用于估计动物的蛋白需求: (a) 二次曲线回归(为对称抛物线)模型,这一模型是鱼类营养需求研究中较为常用的方法之一; (b) 四参数饱和动力模型; (c) 五参数饱和动力模型。后两种模型在畜禽上使用较多,较少应用于鱼类。

2.3 影响鱼类饲料蛋白需求的因素

鱼类对饲料蛋白质的需求不是绝对的,它受多种因素的影响。如试验设计、统计方法、水温、盐度、年龄和饲料成分等,均会对蛋白质的需要量产生影响。鱼类蛋白需求研究的基本方法是蛋白浓度梯度法,如果试验设计的饲料蛋白水平合理,就会产生典型的剂量-反应关系。而一个普遍存在的问题是,由于试验设定的饲料蛋白最高含量过低而不能使鱼类获得最大生长速度。例如,为了测定美鲮(*Notemigonus crysoleucas*)的最佳蛋白需要量,Lochmann 等^[4]设定了 21.2%—34.5% 五个饲料蛋白水平。根据方差分析的结果,得出鱼类的蛋白需求为 29%。如果将数据用图形描述,即可发现最高饲料蛋白含量太低而不能测定出最大生长水平。即投喂的饲料蛋白水平仍处在剂量-反应曲线的上升阶段。同样的问题也出现在其他文献中^[5]。此外,试验中设定的蛋白梯度间隔太大也可导致鱼类蛋白需要量不能准确测定^[6]。在设计恰当、操作规范的试验中,实验数据呈典型的剂量-反应曲线。然而,在某些研究中,由剂量-反应数据很难确定其曲线类型。如测定北极红点鲑(*Salvelinus alpinus*)蛋白需要量的研究即是一例证^[7]: 没有曲线能充分拟合实验的数据点,似乎另有变量在影响其生长反应。对这样的数据需进行相差分析和其他检验。Baker^[8]强调,统计方法的选择会影响鱼类蛋白需要量的估计结果。他认为(1) 方差分析用于估计鱼类的蛋白需要量是不恰当的,这是因为: (a) 当使用方差分析时,蛋白水平被看

成是间断而非连续的,因而蛋白需要量被看作是两个蛋白含量之间的一个范围,而非一个具体数值。(b)在鱼类蛋白需求的多数研究中,一般仅使用两到三个重复。即使组内变异很小时,方差分析的检验能力也较低。Arzel et al.^[9]测定鳙(*Salmo trutta*)幼苗蛋白需要量的研究即是最好的例子。在这一研究中,共设定 38%、43%、48%、53%、57%、60%和 65% 七个饲料蛋白水平,尽管增重均值的标准误很小(0.3—0.13g)且每一蛋白水平有三个重复,当饲料蛋白含量从 53% 增至 65% 时,多重比较(Neumann-Keuls, $p < 0.05$)未发现明显不同。但这一剂量-反应关系如用二项式回归,其最大生长反应出现在 64% 蛋白水平。故方差分析过低估计了鱼类饲料蛋白需求。(2) Brooker line 方法:在鱼类蛋白需求研究中, brooker line 模型是评估剂量-反应关系最常使用的方法。大多数研究者使用 Robbins^[10]推荐的方法。尽管一些数据可用 brooker line 方法拟合,但这些作者均认为 brooker line 模型过低估计动物的蛋白需求。(3) 二项式回归:在多数使用二项式回归的研究中,用于拟合数据的模型是恰当的。

2.3.1 水温 水温是否影响鱼类的蛋白质需要量,目前尚无定论。有关文献表明,鱼类蛋白质需要量随水温升高而增加。Millikin^[11]发现水温从 20.5℃ 上升到 24.5℃ 时,条纹石(*Morone saxatilis*)鱼苗蛋白质需要量由 47% 上升到 55%。在水温分别为 22—26℃ 和 26—33℃ 时,养殖于海水中的拟石首(*Sciaenops ocellatus*)的蛋白需求量分别为 35% 和 44%^[12]。不同的观点认为:水温升高时,鱼的摄食和生长增加,由于饲料效率提高,生长率增加幅度可能大一些,但是总的来讲,摄食量和生长率都同步增加。因此蛋白质需要量不受水温的影响^[2]。总之,关于水温对蛋白质需要量的影响还需要进一步研究。

2.3.2 盐度 迄今为止,关于盐度与蛋白质需要量关系的报道较少。Shiau 等^[13]发现在海水中饲养的罗非鱼(*Oreochromis niloticus* ♀ × *O. aureus* ♂)蛋白质需要量为 24%,这一结果与淡水中生长的罗非鱼(*Oreochromis niloticus* ♀ × *O. aureus* ♂)蛋白质需要量类似^[14]。但 Zeitoun 等^[15]的研究表明:盐度从 10% 增加到 20% 时,虹鳟的蛋白质需要量从 40% 增加到 45%。对拟石首鱼蛋白需要量的早期研究发现,生活于海水中的拟石首鱼蛋白需要量为 50%^[16],而 Daniels 等^[17]的研究发现,在水温分别为 22—26℃ 和 26—33℃,盐度为 7‰ 的条件下,其蛋白需要量分别为 35% 和 44%,盐度可能是导致其蛋白需要量不同的原因之一。总之,盐度是否影响鱼类的蛋白质需求需进一步研究。

2.3.3 饲料蛋白源 饲料蛋白源种类和质量的差异会影响鱼类的蛋白质需要量,因此,某一鱼类品种的蛋白质需要量不是绝对的。如用鱼粉为蛋白源,杂交石 的饲料蛋白需要量为 40%^[18];而用鱼粉和酪蛋白配制的饲料投喂杂交石 时,最佳生长蛋白为 45%^[19]。Chen 等^[20]对点带石斑鱼(*Epinephelus malabaricus*)的研究表明,当饲料中酪蛋白水平为 47.8% 时,拟石斑鱼生长速度最大。而 Shiau 等^[21]以鱼粉为蛋白源探讨拟石斑鱼的最佳食物蛋白需要量时发现,石斑鱼的蛋白需求为 50%。在类似试验条件下对红石首蛋白需要量的研究发现,以清 鱼肉和红石首鱼肉分别为蛋白源得到的最佳生长蛋白分别为 35%^[12]和 40%^[22]。Takeda et al.^[23]用新鲜沙丁鱼肉和鱼粉为蛋白源饲养日本黄条(*Seriola dumerilii*)4 周后发现,获得最大增重的饲料蛋白含量为 55%,而以鱼粉、肉粉和豆饼为蛋白源喂养,饲料蛋白需要量为 50%^[24]。饲料蛋白源氨基酸组成的平衡性可能是导致实验结果差异的主要原因。

2.3.4 非蛋白能源 在确定鱼类饲料蛋白需要量的研究中, 为了配制等能饲料常用脂肪和/或糖类来调节饲料的能值。如果饲料的非蛋白能量源或能量含量不同, 鱼类的蛋白需要量不同。Ogino^[25]报道, 当虹鳟食物中能量用脂肪替代时, 获得最大生长速度时的蛋白水平为 30% 至 35% 之间; 而用碳水化合物替代时, 则为 40%。付世建等^[26]发现, 当食物中脂肪水平从 8% 增至 15% 时, 南方鲇蛋白需求可从 54% 降到 43%。有关文献表明, 乌鳢鱼种的蛋白需求为 50%^[27]; 如果提高饲料中脂肪或碳水化合物的含量, 乌鳢的蛋白需要量则可降至 40%^[28]。此外, 饲料能量水平也会影响鱼类蛋白需要量。如 Shiau 等^[29]发现, 当饲料的能量含量由 142. 8J/g 增至 157. 5J/g 时, 石斑鱼的饲料蛋白需要量可从 50% 降至 44%。总之, 碳水化合物或脂肪对蛋白质的节约效应是非蛋白能量源影响鱼类蛋白需求的关键因素。

2.3.5 发育阶段 随着鱼的生长发育, 其蛋白质需要量降低。如体重 114—500g 的沟鲶, 饲料的蛋白需要量为 25%, 然而体重 14—100g 的沟鲶最大生长时的饲料蛋白含量为 35%, 而不是 25%^[30]。Chen 等^[20]报道 1. 5g 左右的石斑鱼的蛋白需要量为 54%, 而规格为 20—30g 时的蛋白需要量为 40%—50%。体重 0. 838g 的尼罗罗非鱼的蛋白需要量为 40%, 而体重 40g 的同一品种的最佳生长蛋白含量为 30%^[31]。在其他研究中也得到了类似的结果^[29]。

2.3.6 品系 在现有鱼类养殖品种中, 罗非鱼可能是品系最多的一个品种。有关不同品系罗非鱼蛋白需要量研究结果的比较因规格、养殖技术、养殖密度和蛋白源等的不同而变得复杂。尽管如此, 对同一养殖品种来讲, 由于其不同品系的遗传特性不同, 生长速度不一样^[32]。因此, 其蛋白需求可能也存在差异。如尼罗罗非鱼的蛋白需求为 33%^[33], 而杂交罗非鱼的最佳生长蛋白水平为 25%^[13]。

表 1 肉食性鱼类幼鱼的蛋白需要量

Tab. 1 Dietary protein requirement for juvenile camivorous fish.

品种 Species	蛋白需要量 ¹ DPR(%)	资料来源 Reference cited
鳟 <i>Salmo trutta</i>	48—53	Azzel et al. [9]
银大麻哈鱼 <i>Oncorhynchus kistuch</i>	40	NRC ^[2]
虹鳟 <i>Salmo gairdneri</i>	40	Kim et al. [6]
石斑鱼 <i>Epinephelus. malabaricus</i>	47. 8	Shiau & Lan ^[21]
黄条 <i>Seriola. dumerilii</i>	50	Jover et al. [24]
拟石首 <i>Scaenops. ocellatus</i>	40	Serrano et al. [35]
乌鳢 <i>Channa striata</i>	50	Mohanty & Samantaray ^[36] Samantaray & Mohanty ^[37]
丝尾 <i>Mystus nemurus</i>	47	Ng et al. [38]
美洲鳗 <i>Anguilla rostrata</i>	47	Tibbetts et al. [39]
欧洲海鲈 <i>Dicentrarchus labrax</i>	48	Press & Olivar Teles ^[40]
加州鲈 <i>Micrpterus Salmoides</i>	42	钱国英 ^[41]
日本鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i>	45	NRC ^[2]
南方鲇 <i>Silurus Meridionalis</i>	47	张文兵等 ^[42]
佛罗里达鲷 <i>Trachinotus carolinus</i>	45	Lazo et al. [43]
海鲈 <i>Lateolabrax japonicus</i>	42	林利民等
	40	高淳和等
杂交石 <i>Moronechrysops × M. saxatilis</i>	40	Webster et al.

注: ¹DPR: dietary protein requirement

2.3.7 食性 营养学家认为肉食动物蛋白需求显著高于杂食或草食动物。MacDonald 等^[34]对哺乳动物的研究显示, 肉食动物猫比杂食动物人或鼠的蛋白需求要高。尽管被普遍应用于鱼类, 但现有研究数据(表 1, 2) 并不能充分显示它们之间的差异。要验证这一推论, 需对肉食性和杂食性鱼类的蛋白需求进行直接的比较研究。

(a) 肉食性鱼类: 现有研究资料表明, 肉食性鱼类不同种类之间, 蛋白质需要量表现较大变化幅度。从表 1 可知, 肉食性鱼类蛋白需要量在 40% 与 55% 之间。

(b) 杂食性鱼类: 杂食性鱼类由于对碳水化合物利用能力较高, 在生命活动中不需要消耗大量的蛋白来提供能量。与肉食性鱼类相比, 其蛋白需求一般较低。但不同种类之间的差异仍然较大。一般变幅为 20% —42%。

表 2 杂食性鱼类幼鱼的蛋白需要量
Tab. 2 Dietary protein requirement for juvenile omnivorous fish

品种 Species	蛋白需要量 ¹ DPR(%)	资料来源 Reference cited
沟鲶 <i>Italusur punctatus</i>	32—36	NRC ^[2]
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	31—38	NRC ^[2]
鲢 <i>Aristichthys nobilis</i>	30	Santiago & Reyes
美鲮 <i>Notemigonus. orysoleucas</i>	29	Lodmann & Phillips
鲫鱼 <i>Carassius auratus</i>	29	Lodmann & Phillips
马来西亚淡水鲶 <i>Mystus nemurus</i>	42	Khan et al.
胡子鲶 <i>Clarias batrachus</i>	30	Chuapoehuk
芒鲶 <i>Pangasius sutchi</i>	30	Chuapoehuk & Pothisoong
非洲鲶 <i>Clarias gariepinus</i>	40	Degani et al.
鳊鱼 <i>Zacco barbata</i>	32	Shyong et al.
点蓝子鱼 <i>Siganus guttatus</i>	35	Parazo
四须 <i>Barbodes altus</i>	41. 7	Elangovan & Shin
黑耳鲶 <i>Pangasius larnaudii</i>	20	Chutjareyares et al.

注: ¹DPR: dietary protein requirement

2.4 结论

总之, 过去二十年来, 尽管养殖鱼类蛋白需要量的研究资料有很多, 但概括起来这些研究存在以下两个问题: (1) 同试验是在不同实验室进行的, 采用的方法、条件不完全一致, 缺乏可比性。如关于同一种鱼类的蛋白需求, 不同研究得出的结果可能差别较大。故关于鱼类蛋白需求研究的实验方法和实验设计需制定统一的标准, 以利于不同研究之间的比较; (2) 研究基本上是经验性的, 很难从机制上对研究结果进行解释。虽然已确定了不少养殖鱼类的蛋白质需求, 但无法解释为什么一种鱼类的蛋白需求正好是某一水平, 以及为什么不同鱼类、同种鱼类在不同发育阶段蛋白需求会不同。因此, 鱼类蛋白质营养的研究要进一步发展, 急需建立一套理论框架。

参考文献:

[1] Tacon A G J, Cowey C B. Protein and amino acid requirements [M]. In: Calow P, Tytler P (eds.), Fish Energetics: New Perspectives. London: Croom Helm. 1985, 155—183

[2] National Reasearch Council. . Nutrient Requirements of Fish[M]. Washington: National Academy Press. 1993

- [3] Tacon A G J. Standard Methods for the Nutrition and Feeding of Farmed Fish and Shrimp [M]. Washington: Argent Laboratories Press. 1990, 2—18
- [4] Lodmann R T, Phillips H. Dietary protein requirement of juvenile golden shiners (*Notemigonus crysoleucas*) and goldfish (*Carassius auratus*) in aquaria [J]. *Aquaculture*, 1994, **128**: 277—285
- [5] Camona—Osalde C, Olivera—Novoa M A, Rodriguez—Serna M, et al. Estimation of the protein requirement for bullfrog (*Rana catesbeiana*) tadpoles, and its effect on metamorphosis ratio [J]. *Aquaculture*, 1996, **114**: 223—231
- [6] Kim K, Kayes T B, Amundson C H. Purified diet development and re—evaluation of the dietary protein requirement of fingerling rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. *Aquaculture*, 1991, **96**: 57—67
- [7] Gunur R M, Moccia R D, Atkinson J L. Optimal protein requirements of young Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) fed practical diets [J]. *Aquacult. Nutr*, 1995, **1**: 227—234
- [8] Baker D H. Problems and pitfalls in animal experiments designed to establish dietary requirements for essential nutrients [J]. *J. Nutr*, 1986, **116**: 2339—2349
- [9] Arzel J, Metailler R, Kerleguer C, et al. The protein requirement of brown trout (*Salmo trutta*) fry [J]. *Aquaculture*, 1995, **130**: 67—78
- [10] Robbins K R. A Method, SAS Program and Examples for Fitting the Broken Line to Growth Data [M]. University of Tennessee: Knoxville, 1986, 86—90.
- [11] Millikin M R. Effects of dietary protein concentration on growth, feed efficiency and body composition of age—0 striped bass [J]. *Trans. Am. Fish. Soc*, 1983a, **111**: 373—378
- [12] Daniels W H, Robinson E H. Protein and energy requirements of juvenile red drum (*Scaevops ocellatus*) [J]. *Aquaculture*, 1986, **53**: 243—252
- [13] Shiau S Y, Huang S L. Optimal dietary protein for hybrid tilapia reared in seawater [J]. *Aquaculture*, 1989, **81**: 119—127
- [14] Chervinski J, Yashov A. Preliminary experiments on the growth of *tilapia aurea* (Steindachner) (Pisces, Cichlidae) in sea water ponds [J]. *Banidigh*, 1988, **23**(4): 125—129
- [15] Zeitoun I H, Tack P L, Halver J E, et al. Influence of salinity on protein requirements of rainbow trout fingerlings [J]. *J. Fish. Res. Bd. Can*, 1973, **30**: 1867—1873
- [16] Lin H, Arnold C R. The growth responses of red fish (*Scaevops ocellatus*) to prepared diets [R]. Annu. world Maricult. Soc. Meet. 1983
- [17] Daniels W H, Robinson E H. Protein and energy requirements of juvenile red drum (*Scaevops ocellatus*) [J]. *Aquaculture*, 1986, **53**: 243—252
- [18] Webster C D, Tiu L G, Tidwell J H, et al. Effect of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of sunshine bass (*Morone chrysops* × *Morone saxatilis*) reared in cages [J]. *Aquaculture*, 1995, **131**: 291—301
- [19] Nematipour G M, Brown M L, Gatlin D M. III. Effects of dietary energy: Protein ratio on growth characteristics and body composition of hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *M. Saxatilis*) [J]. *Aquaculture*, 1992, **107**: 359—368
- [20] Chen H Y, Tsai J C. Optimal dietary protein level for the growth of juvenile grouper (*Epinephelus malabaricus*) fed semipurified diets [J]. *Aquaculture*, 1994, **119**: 265—271
- [21] Shiau S Y, Lan C W. Optimum dietary protein level and protein to energy ratio for growth of grouper (*Epinephelus malabaricus*) [J]. *Aquaculture*, 1996, **70**: 63—73
- [22] Seenappa D, Devaraj K V. Effects of different levels of protein, fat and carbohydrate on growth, feed utilization and body composition of fingerlings in *Catla catla* [J]. *Aquaculture*, 1995, **129**: 243—249
- [23] Takeda M, Shimeno S, Hosokawa H., et al. The effect of dietary Calorie—Protein ratio on the growth, feed conversion and body composition of young yellowtail [J]. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish*, 1990, **41**: 443—447
- [24] Jover M., Garcia—Gomez A, Tomas A, et al. Growth of mediterranean yellowtail (*Serla dumerilii*) fed extruded diets containing different levels of protein and oil [J]. *Aquaculture*, 1999, **179**: 25—33
- [25] Ogino C, Chiou J Y, Takeuchi T. Protein nutrition in fish—VI. Effects of dietary energy sources on the utilisation of proteins by rainbow trout and carp [J]. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish*, 1976, **42**: 213—218

- [26] 付世建, 解小军, 张文兵等. 南方鲇的营养学研究: III: 饲料脂肪对蛋白质的节约效应[J]. 水生生物学报, 2001, **25**(1): 70—75
- [27] Wee k L, Tacon A G. A preliminary study on the dietary protein requirement of juvenile snakehead [J]. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 1982, **48**: 1463—1468
- [28] Samantary K, Mohanty S S. Interations of dietary levels of protein and energy on fingerling snakehead (*Channa striata*) [J]. *Aquaculture*, 1997, **156**: 241—249
- [29] Shiau S Y, Lan C W. Optimum dietary protein level and protein to energy ratio for growth of grouper (*Epinephelus malabaricus*) [J]. *Aquaculture*, 1996, **70**: 63—73
- [30] Page J. W, Andrews J W. Interations of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*) [J]. *J. Nutr.*, 1973, **103**: 1339—1346
- [31] Siddiqui A Q, Howlader M S, Adam A A. Effects of dietary protein levels on growth, feed conversion and protein utilization in fry and young nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) [J]. *Aquaculture*, 1988, **70**: 63—73
- [32] Umino T, Arai K, Nakagawa H. . Growth performance in clonal crucian carp, *Carassius langsdorffii*. Effects of genetic difference and feeding histroy[J]. *Aquaculture*, 1997, **155**: 271—283
- [33] Ogunji J. O., With M. Effect of dietary protein content on growth, food conversion and body composition of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings feed fishmeal diet[J]. *J. Aquacult. Trop.*, 2000, **15**: 381—389
- [34] MacDonald M. L, Rogers Q R, Morris J G. Nutrition of the domestic cat, a mammalian carnivore[J]. *Annu. Rev. Nutr.*, 1984, **4**: 521—562
- [35] Serrano J A, Nematipour G R, Gatlin D M. Dietary protein requirement of the red drum (*Sciaenops ocellatus*) and relative use of dietary carbohydrate and lipid [J]. *Aquaculture*, 1992, **101**: 283—291
- [36] Mohanty S S, Samantary K. Effects of varying levels of dietary protein on the growth performances and feed conversion efficiency of fingerling snakehea (*Channa striata*) [J]. *J. Aquacult.*, 1997, accepted for publication
- [37] Samantary K, Mohanty S S. Growth of *channa striata* fingerlings under varying dietary protein and culture conditions [J]. *Asian Fisheries Society. Indian Branch, Mangalore (India)*. 1999, 441—443
- [38] Ng W, Soon S, Hashim R. The dietary protein requirement of a bagrid catfish, *Mystus nemurus* (Cuvier & Valenciennes), detemined using semipurified diets of varying protein level [J]. *Aquacult. Nutr.*, 2001, **7**: 45—51
- [39] Tibbetts S M, Lall S P, Anderson D M. The dietary protein requirement of a bagrid catfish, *Mystus nemurus*, detemined using semipurified diets of varying protein levels [J]. *Aquacult. Nutr.*, **7**: 45—51
- [40] Press H, Oliva —Teles A. Influence of tempersture on protein utilization in juvenile European seabass. *Aquaculture*, 1999, **170**: 337—348
- [41] 钱国英. 饵料中不同蛋白质、纤维素和脂肪水平对加州鲈生长的影响[J]. 动物营养学报, 2000, **12**(2): 48—52
- [42] 张文兵, 付世建, 曹振东等. 南方鲇饲料的最适蛋白质水平[J]. 水生生物学报, 2000, **24**(6): 603—609
- [43] Lazo J P, Davis D A, Arnold C R. The effects of dietary protein level on growth, feed efficiency and survival of juvenile Florida pompano (*Trachinotus carolinus*) [J]. *Aquaculture*, 1998, **169**: 225—232