

鱼虾的蛋白质需要量和其研究方法

王 渊 源

(厦门水产学院, 361021)

蛋白质是生命存在的物质,是构成鱼虾机体的重要组分。鱼虾没有能力把其他营养素转化为蛋白质,所需要的蛋白质全部来源于饲料。饲料蛋白质经鱼虾消化降解成氨基酸,然后由各种组织细胞吸收而构成、更新、修补组织器官的功能。因此,饲料蛋白质影响着鱼虾的生长。饲料蛋白质另一功能是鱼虾代谢过程产生的无氮有机物进入糖循环,最后由葡萄糖氧化产生热量,供应动物所需要的能量。由此可见,蛋白质是鱼虾需要的营养素中最核心的要素。

所谓蛋白质需要量,是指饲养鱼虾在限定时间内达到最大增重量时所需要的起码蛋白量。研究鱼虾蛋白质需要量的目的,是要为其制定各发育、生长时期的饲料标准,进而为饲料

配方提供根据,以达到提高饲料效价和经济效益。

(一) 蛋白质需要量

1. 需要量 鱼虾蛋白质需要量的研究是一项应用基础研究,国内外主要研究主动摄食的鱼虾类,并且大都是用纯的或半纯的精制饲料作饲养试验,确定各种养殖鱼虾类取得最大增重量所需要的蛋白量(表1、表2和表3)。

用精制饲料的试验结果比实际需要往往偏高,因为精制饲料的蛋白源只有由牛奶提炼的酪蛋白一种,或其他单种蛋白质,缺少多种蛋白源,达不到蛋白质互补;精制饲料价格昂贵,不便于作饲养饲料,而且精制饲料与饲养饲料的氨基酸组分各不相同,鱼虾对各种蛋白质的消

表1 我国几种淡水养殖鱼类蛋白质需要量

鱼 类	实验鱼体重(克)	实验水温(℃)	蛋白源	蛋白质需要量(%)	研究者
青鱼 (<i>Mylopharyngodon piceus</i>)	1—1.6	—	酪蛋白	41	杨国华等,1981 戴祥庆等,1988 王道尊等,1984
	3.5	22—29	酪蛋白,明胶	35—40	
	37—48.32	24—34	酪蛋白	29—40.85	
草鱼 (<i>Ctenopharyngodon idellus</i>)	2.4	26—30.5	鱼肉粉	37.70	林鼎等,1980 廖翔华等,1980 毛永庆等,1985
	5.5	同上	酪蛋白	27.81	
	8.0	同上	鱼肉粉	26.50	
	2.4—8.0	26—30.5	酶纤颗粒	22—27.66	
鲢鱼 (<i>Cirrhinus molitorella</i>)	5—5.90	29—32	—	36—38.86	毛永庆等,1985
	5.9;15.6	21.5—27.8	鱼粉,豆饼	30.8	
尼罗罗非鱼 (<i>Tilapia nilotica</i>)	28.7	21.5—27.8	鱼粉,豆饼	40.2	刘焕亮等,1988 徐捷,1988
	8.0	28±1	鱼粉,酪蛋白	38.68	
团头鲂 (<i>Megalobrama amblycephala</i>)	21.4—30.0	24.6—33.0	酪蛋白	21.05—30.85	邹志清等,1988 石文雷等,1988
	4.0	20.0	酪蛋白	27.04—30.39	
	37.0	25—30.0	酪蛋白	25.58—41.40	

表 2 幼鱼对饲料中蛋白质的需要量

种 类	蛋白源	需要量(%)	文 献
鲤鱼 (<i>Cyprinus carpio</i>)	酪蛋白	31—38	Ogino et al, 1970
斑点叉尾鲷 (<i>Ictalurus punctatus</i>)	鸡蛋蛋白	32—36	Garling et al, 1976
鳗鲡 (<i>Anguilla japonica</i>)	酪蛋白, 精氨酸、胱氨酸	44.5	Nose et al, 1972
草鱼 (<i>Ctenopharyngodon idella</i>)	酪蛋白	41—43	Dabrowski, 1977
河豚 (<i>Fugu rubripes</i>)	酪蛋白	50	Kanazawa, 1980
河口鲷鱼 (<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
小嘴鲈鱼 (<i>Micropterus dolomieu</i>)	酪蛋白和 FPC ^a	45	Anderson et al, 1981
大嘴鲈鱼 (<i>M. salmoides</i>)	同上	40	同上
罗非鱼(苗) (<i>Tilapia aurea</i>)	酪蛋白, 鸡蛋蛋白	56	winfree et al, 1981
(<i>Tilapia aurea</i>)	同上	34	同上
莫三鼻给罗非鱼 (<i>T. mossambica</i>)	白色鱼粉	40	Jauncey, 1982
吉利罗非鱼 (<i>T. zillii</i>)	酪蛋白	35	Mazid et al, 1979

^a 鱼蛋白浓缩物 (Fish protein concentrate, 缩写 Fpc)

表 3 对虾饲料中蛋白质最适需要量

种 类	蛋白源	最适蛋白质(%)	文 献
白对虾 (<i>Penaeus setiferus</i>)	鱼粉	28—32	Andrews et al, 1972
日本对虾 (<i>P. japonicus</i>)	虾粉	40	Balazs et al, 1973
	酪蛋白	54	Deshimaru et al, 1974
	鱿鱼粉	60	Deshimaru et al, 1972
	酪蛋白和鸡蛋蛋白	52—57	Deshimaru et al, 1978
斑节对虾 (<i>P. monodon</i>)	酪蛋白, 鱼粉	46	Lee, 1971
长臂虾 (<i>Palaeomon serratus</i>)	虾粉	40	Forster et al, 1973
	鱼粉	40	同上
印度对虾 (<i>Penaeus indicus</i>)	大型虾粉	42.8	Colvin, 1976
墨吉对虾 (<i>P. merguensis</i>)	<i>Mitilus edulis</i> 粉	34—42	Sedgwick, 1979

化率的差异也将使精制饲料与饲养饲料的养殖效果有不同。当比较林鼎(1980)所用的鱼粉、酪蛋白作饲料,与廖翔华等(1980)用酶纤颗粒作饲料,饲养同一种鱼的不同体长和相同水温条件下,后者的需要量低于前者。

因此,用精制饲料试验所确定的鱼虾蛋白质需要量未毕是恰如其分的。但是,它以饲养实验为依据,揭示了养殖种类需要蛋白质的定量标准,是目前国内外所推崇的方法。如果试验饲料的蛋白源因地制宜、就地取材,对广辟饲料蛋白源和实际需要方面都有好处。

2. 确定方法 研究鱼虾蛋白质需要量的饲养试验,是提供受试鱼虾以不同的蛋白质含量的饲料,在饲养水源、容器容积、放养密度、试验

水温、受试幼龄期鱼虾来源都相同的条件下,并且日投饵率、投饵时间、投饵次数和换水数量也相同,保证受试鱼虾不受外界环境的光、声、其他不利于正常饲养因素的干扰的情况下饲养的。在规定的试验时间(一个月左右)后,选用饲养指标的生长率、增重率、肥满度、肝重比(肝重/体重),饲料指标的饲料系数、饲料转化率、消化率,和生化指标的蛋白质效率比(体重增加量/摄食蛋白量)、能量蛋白比、体蛋白增加量、肌肉与肝脏蛋白质含量、蛋白质利用率、血红蛋白量、红血球量等,综合评估饲养试验的结果。

用梯度法配制不同的蛋白质含量的饲料时,当所用原料含有蛋白质的百分率为 k , 所用原料占配料的百分率为 x , 蛋白质含量的变量

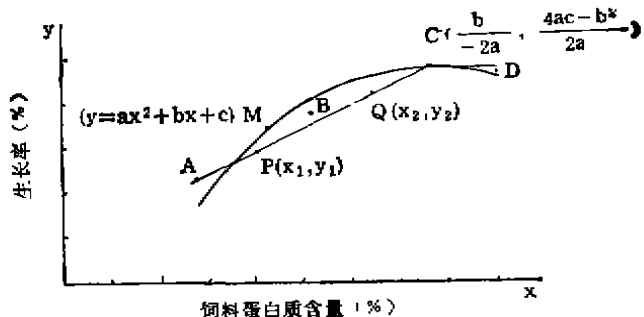


图1 饲料的蛋白质含量与鱼虾生长的关系模式图

$f(x) = kx$, 配料中各原料含有的蛋白质量的累加为 $\sum_{i=1}^n k_i x_i$, 依此式即可配制成拟定的蛋白质含量系列, 最后由化学分析各梯度中营养素的实际含量。在系列中的其他营养素矿物质和维生素添加剂用量相等, 糖、脂肪、灰分含量可因蛋白质含量的变化而不相等。试验饲料的蛋白质梯度系列由十多组组成, 各组要有两个并行试验。鱼虾在蛋白质含量梯度系列饲料的饲养下, 表现出各不相同的生长结果, 以生长最快组确定为最适的蛋白质含量, 并综合运用以上所列的饲养、饲料、生化指标进行评估确定。

用回归方程的方法可以节省梯度系列的组

百克鱼日粮蛋白质需要量 = 投饵量 (克) / 百克鱼 × 蛋白质含量 (克) / 百克饲料。

(二) 氨基酸平衡

1. 平衡与调节 鱼虾对蛋白质的需要量, 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, 当鱼虾对各种氨基酸(主要是必需氨基酸)需要量的比例或模式与提供鱼虾饲料中所含的各种氨基酸的比例或模式相接近时, 即达到氨基酸平衡, 就能满足鱼虾对蛋白质的需要量。用鸡蛋、酪蛋白、动物胶作为斑点叉尾鲴的试验饲料蛋白源时, 发现鸡蛋所含的必需氨基酸、半必需氨基酸(胱氨酸和酪氨酸)和受试鱼类所需要的必需氨基酸是平衡的, 而酪蛋白中的精氨酸不足, 动物胶中除了精氨酸过量外, 其他氨基酸都不足(表4)。因此, 含有全部必需氨基酸的完全蛋白质不一定和各种鱼虾需要的氨基酸相平衡的。鸡蛋蛋白含有全部必

需氨基酸, 可作为标准(参考)蛋白用, 如果酪蛋白和动物胶相混合, 就能与斑点叉尾鲴需要的相平衡。廖翔华等(1980)在调节酶纤颗粒饲料的比例时, 当饲料中有18种氨基酸与草鱼体的氨基酸组成一致时, 鱼生长得快。

表4 三种蛋白源的必需氨基酸含量(占粗蛋白的百分数)

氨基酸	鸡蛋蛋白质	酪蛋白	动物胶
精氨酸	6.5	4.0	8.0
半胱氨酸*	0.5	0.4	0.1
组氨酸	2.6	3.2	0.8
异亮氨酸	5.5	5.5	1.3
亮氨酸	9.1	9.7	2.9
赖氨酸	6.9	8.8	3.8
蛋氨酸	3.4	3.1	0.9
苯丙氨酸	5.8	5.6	2.1
苏氨酸	5.2	4.6	1.8
色氨酸	1.4	1.2	0.1
酪氨酸*	4.6	6.4	0.6
缬氨酸	6.7	6.9	2.4

* 半必需氨基酸

氨基酸平衡是建立在鱼虾对各种必需氨基酸的需求与蛋白质的吸收关系上。国外对日本鳊、鲤鱼、斑点叉尾鲴、大鳞大麻哈鱼对必需氨基酸的需求已有完整的资料, 在其他鱼类的虹鳟 (*Salmo gairdneri*)、湖鲢 (*S. trutta*)、隆颈愈额鲴 (*Chrysophrys auratus*)、尖吻鲈 (*Dicentrarchus labrax*)、罗非鱼也有零星的结果(表5)。当研究鱼虾饲料蛋白质的需要量(P%) 和饲料中各种必需氨基酸的百分含量(A%) 时, 由 $A\%/P\% \times 100$ 可求得各种必需氨基酸占吸收蛋白质的百分含量 ($A/P \times 100$)。显然, 必需氨基酸的需求与饲料中的含

表5 生长期鱼类对必需氨基酸需求量的比较* (自 Wilson, 1985)

氨基酸	鳊 鲃	鲤 鱼	斑点叉尾鲴	大鳞大麻哈鱼
精氨酸	4.5(1.7/37.7)	4.3(1.6/38.5)	4.3(1.03/24)	6.0(2.4/40)
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)
异亮氨酸	4.0(1.5/37.7)	2.5(0.9/38.5)	2.6(0.62/24)	2.2(0.9/41)
亮氨酸	5.3(2.0/37.7)	3.3(1.3/38.5)	3.5(0.84/24)	3.9(1.6/41)
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)
蛋氨酸	3.2(1.2/37.7)	3.1(1.2/38.5)	2.3(0.56/24)	4.0(1.6/40)
苯丙氨酸	5.8(2.2/37.7)	6.5(2.5/38.5)	5.0(1.2/24)	5.1(2.1/41)
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)
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)
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)

氨基酸	虹 鳟	湖 鲮	隆颈愈额鲷	尖吻鲈鱼	罗非鱼
精氨酸	3.3(1.2/36)		5.0(1.7/34)		<4.0(1.59/40)
组氨酸		2.0(0.5/27.6)			
异亮氨酸		3.5(0.96/27.6)			
亮氨酸			5.0(1.7/34)		4.1(1.62/40)
赖氨酸	3.7(1.3/35)		4.0(1.4/34)	2.0(1.0/50)	3.2(1.27/40)
蛋氨酸	2.2(1.0/46.4)				
苯丙氨酸					
苏氨酸					
色氨酸	0.5(0.25/55)		0.6(0.2/34)		
缬氨酸		2.6(0.62/23.7)			

* 括号外数字为氨基酸占蛋白质的百分率;括号内分子为氨基酸占饲料百分率,分母为蛋白质占饲料百分率。

量成正相关,与吸收的蛋白质成负相关。杨青松等(1985)用细糠、花生饼为主的配合饲料数,如用四组不同的蛋白质含量饲料饲养鱼虾,其表现出的生长量(体长或体重)在坐标的对应点是A、B、C、D(图1),在四点间可能描出直线或曲线,直线和曲线都以C点为转折点,过了折转点鱼虾并不因饲料蛋白质增加而表现出生长量的增加。所以,认为C点对应的蛋白质含量是提供受试鱼虾最大的生长量。直线方程 $y = ax + b$,可由图中直线上的任意两点 $P(x_1, y_1)$ 、 $Q(x_2, y_2)$ 建立的方程组求得:

$$\begin{cases} y_1 = ax_1 + b \\ y_2 = ax_2 + b \end{cases}$$

曲线方程式 $y = ax^2 + bx + c$ 可由顶点坐标 $C\left(-\frac{b}{2a}, \frac{4ac - b^2}{2a}\right)$ 和曲线中的任意点坐标 $m(y = ax^2 + bx + c)$ 建立的方程组求得:

$$\begin{cases} x = -\frac{b}{2a} \\ y = ax^2 + bx + c \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = \frac{4ac - b^2}{2a} \\ y = ax^2 + bx + c \end{cases}$$

除此之外,还有研究每百克鱼虾日粮中的蛋白质需要量,它可由投饵率与饲料中的蛋白质百分含量相乘积求得。饲养罗非鱼的研究,确定鱼苗、成鱼饲料的必需氨基酸含量和蛋白质含量,实际上已能制定氨基酸的需要量占饲料蛋白质的百分含量。

氨基酸平衡中不能忽视非必需氨基酸的价值。某些非必需氨基酸如胱氨酸、酪氨酸可分别由必需氨基酸的蛋氨酸、苯丙氨酸转化而来,在饲料中有足够的非必需氨基酸可以减少必需氨基酸转化为非必需氨基酸的输出量。人们还发现胱氨酸能够取代或节省60—100%斑点叉尾鲴饲料中的蛋氨酸,酪氨酸能代替50%的苯丙氨酸(Harding等,1977)。因此,饲料中的胱氨酸、蛋氨酸总量可以代换蛋氨酸或总含硫氨基酸的数量,酪氨酸、苯丙氨酸的总量可以代换苯丙氨酸或总芳香族氨基酸的数量。

单种饲料或配合饲料中的某些必需氨基酸含量与鱼虾对其需求量的差额的氨基酸被认为是限制性氨基酸，克服饲料中限制性氨基酸的办法可以通过添加人工合成的氨基酸和氨基酸类似物加以补给。Rumsey 等(1975)在含有黄豆粉的饲料中补充 5 种或更多的氨基酸，可促进太平洋鲑 (*Salmo salar*) 的生长，在花生粉的饲料中补充食用的赖氨酸研究表明，斑点叉尾鲷种能够利用那种游离的有效的氨基酸。

综上所述，在研究鱼虾蛋白质需要量的同时，还需要调节饲料中的氨基酸平衡。有三种方法可供作调节氨基酸平衡的：(1) 把各种蛋白质选择一种适当比例混合，以达到鱼虾饲料氨基酸平衡所应该有的氨基酸组成量；(2) 在饲料中加入人工合成的氨基酸或其类似物；(3) 投喂过量的蛋白质。在这三种方法中，唯有第一种方法是最经济最可取的。

2. 研究方法 测定天然水域生长的鱼虾体蛋白或卵蛋白中的氨基酸组成的定量结果，可供作鱼虾对氨基酸需要量的参考，各种必需氨基酸占蛋白质的百分率可作为氨基酸平衡的需求量。但是，由饲料蛋白质转变为体蛋白质的过程还受鱼虾对饲料蛋白质的利用率和饲料加工中的损失的影响。Wilson 等(1981)测定斑点叉尾鲷对玉米、麦麸、稻麸、黄豆粉、花生粉、棉籽粉、骨粉、肉粉、步鱼 (*Brevoortia tyrannus*) 粉的氨基酸组成和实际可利用率。为满足各种鱼虾的氨基酸需求量，随着蛋白源的不同，必须有以下的基础研究：原料的氨基酸组成 $\xrightarrow{\text{消化率}}$ 氨基酸可利用量 $\xrightarrow{\text{互补}}$ 配合比例 $\xrightarrow{\text{加工损耗}}$ 饲料配方。

饲养试验法也用作氨基酸需求量的研究。Wilson 等(1977)研究斑点叉尾鲷需要的 10 种必需氨基酸的定量试验时，在相同的饲养条件下，配制这种鱼的蛋白质需要量为基础，把要测定的氨基酸含量分成各种梯度等级，得到色氨酸、组氨酸、苏氨酸、缬氨酸、亮氨酸在饲料中的含量与鱼类生长关系的曲线(图 2)。生长率直线随着饲料氨基酸含量的增加而上升，直线的

折转点相当那种要测定的氨基酸的需求量，折转点处生长率达到平衡。

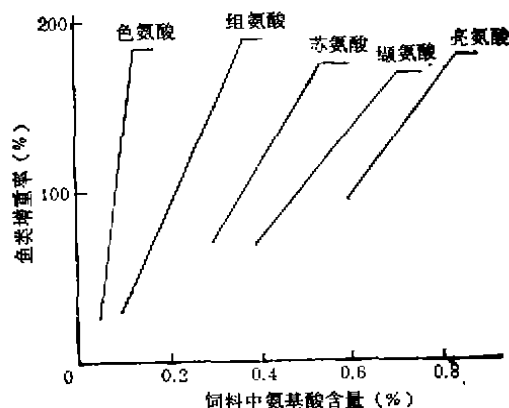


图 2 斑点叉尾鲷种氨基酸的吸收与生长率的关系(自 Wilson 等, 1978, 1980)

(三) 结束语

鱼虾饲料是含蛋白质超过 20% 的蛋白质饲料，蛋白质需求量很多，用小杂鱼(或制成鱼粉)饲养经济价值大的鱼虾类还远不能满足需要，也不利于保护水产资源。进口鱼粉配制鱼虾饲料，势必增加养殖成本。因此，为鱼虾饲料开辟蛋白源，各种蛋白源对不同鱼虾类的可利用氨基酸，和制定养殖鱼虾类不同发育、生长时期的饲料配方，都是鱼虾蛋白质需要量的研究任务。

淡水养殖鱼类的蛋白质需要量的研究，对仔鱼期和鱼苗阶段尚需开展，滤食性的鲢、鳙鱼是用生物饵料或有代用的配合饲料也值得研究。以上这些鱼类的饲料颗粒细小，在水中接触面大容易散失，造粒技术要有突破性工作，才能有准确的结果。仔鱼的开口饲料粒径都要比仔鱼的口裂小。朱成德(1986)引述 Hunter 对日本鲈鱼 (*Pneumatophorus japonicus*) 的观察，有 50% 的仔鱼捕食口裂 85% 的饵料生物，95% 的仔鱼吞食口裂 57% 的饵料生物。各种仔鱼的口裂宽度是其饲料制粒的粒径根据。

海水养殖种类的蛋白质需要量的研究务须迎头赶上。虽然对中国对虾 (*Penaeus orientalis*) 的配合饵料的研制工作，侯文璞等

(1982)用4个系列20多种原料组成54个配方的试验作了许多有意义的基础工作,张乃禹(1983)和麦康森(1986,1987)对中国对虾的摄食、消化、氨基酸运输都有较深入的研究,加上外来资料,为国内当前盛行的对虾配合饵料生产奠定了基础。但是,由于对我国养殖的对虾种类如中国对虾、长毛对虾(*P. penicillatus*)缺乏系统的蛋白质需要量研究,在提供其饵料配方时多少还有盲目性。至于其他肉食性养殖鱼类如真鲷(*Pagrosomus major*)、黑鲷(*Sparus macrocephalus*)、黄鳍鲷(*S. lotus*)、石斑鱼(*Epinephelus* spp.)蛋白质需要量研究也要尽早起步。

主要参考文献

[1] 毛永庆等 1985 幼鲷对蛋白质、糖、脂肪、无机混合盐和纤维素日需要量的研究 鱼类学论文集(第四辑) 67—77。

[2] —— 1985 鲮鱼最适生长的营养需要量研究 水生生物学报 9(3): 213—222。

[3] 王道尊等 1984 饲料中蛋白质和能的含量对青鱼鱼种生长的影响 水产学报 8(1): 9—17。

[4] 石文雷等 1988 团头鲂对蛋白质适宜需要量的研究 学术期刊出版社(京) 27—33。

[5] 刘焕亮等 1988 鲤和尼罗罗非鱼饲料配方的研究 学术期刊出版社(京) 18—26。

[6] 邹志清等 1988 团头鲂饲料中最适蛋白质含量 学术期刊出版社(京) 72—76。

[7] 麦康森等 1986 对虾对饲料蛋白质及氨基酸的消化率 山东海洋学院学报 16(4): 45—53。

[8] 杨国华等 1981 夏花青鱼饲料中的最适蛋白质含量 水产学报 5(2): 49—55。

[9] 林鼎等 1980 鲮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。

[10] 徐捷 1988 尼罗罗非鱼饲料中最适蛋白质含量的研究 全国鱼虾饲料学术讨论会论文集学术期刊出版社(京) 27—33。

[11] 廖翔华等 1980 草鱼酶纤颗粒饲料及营养代谢的研究 水产学报 4(3): 217—228。

[12] Anderson, R. J., E. W. Kienholz, and S. A. Flickinger. 1981. Protein requirements of smallmouth bass and largemouth bass. *J. Nutr.* 111: 1085—1097.

[13] Andrews, J. W., L. V. Sick, and G. J. Baptist. 1972. The influence of dietary protein and energy levels on growth and survival of penaeid shrimp. *Aquaculture* 1: 341—347.

[14] Balazs, G. H., E. Ross, and C. C. Brooks. 1973. Preliminary studies on the preparation and feeding of crustacean diets. *Aquaculture* 2: 369—377.

[15] Colvin, B. M. 1976. Nutritional studies on penaeid prawns: protein requirements in compounded diets

for juvenile *Penaeus indicus*. *Aquaculture* 7: 315—326.

[16] Dabrowski, K. 1977. Protein requirements of grass carp fry (*Ctenopharyngodon idella*). *Aquaculture* 12: 63—73.

[17] Deshimaru, O., and K. Kuroki. 1974. Studies on a purified diet for prawn. 1. Basal composition of diet. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 40: 413—419.

[18] Deshimaru, O., and K. Shigeno. 1972. Introduction to the artificial diet for prawn *Penaeus japonicus*. *Aquaculture* 1: 115—133.

[19] Deshimaru, O., and Y. Yone. 1978. Optimum level of dietary protein for prawn. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 44: 1395—1397.

[20] Forster, J. R. M., and T. W. Beard. 1973. Growth experiments with the prawn *Palaeomon serratus* Penaeid fed with fresh and compounded foods. *Fish. Invest.*, London., Ser. 2, 27(7): 16pp.

[21] Garling, D. L., Jr., and R. P. Wilson. 1976. Optimum dietary protein to energy ratio for channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. *J. Nutr.* 106: 1368—1375.

[22] Janncey, K. 1982. The effects of varying dietary protein level on the growth, food conversion, protein utilization, and body composition of juvenile tilapias (*Sarotherodon mossambicus*). *Aquaculture* 27: 43—54.

[23] Kanazawa, A., S. Teshima, M. Sakamoto, and A. Shinomiya. 1980. Nutritional requirements of the puffer fish: purified test diet and the optimum protein level. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 46: 1357—1361.

[24] Lee, D. 1971. Studies on the protein utilization related to growth of *Penaeus monodon* Fabricius. *Aquaculture* 1: 1—13.

[25] Lim, C., S. Sukhawong, and F. P. Pascual. 1979. A preliminary study on the protein requirements of *Chanos chanos* (Forsk.) fry in a controlled environment. *Aquaculture* 17: 195—201.

[26] Mazid, M. A., Y. Tanaka, T. Katayama, M. A. Rahman, K. L. Simpson, and C. O. Chichester. 1979. Growth response of *Tilapia zillii* fingerlings fed isocaloric diets with variable protein levels. *Aquaculture* 18: 115—122.

[27] Nose, T., and S. Arai. 1972. Optimum level of protein in purified test diet for eel, *Anguilla japonica*. *Bull. Preshw. Fish. Res. Lab. Tokyo* 22: 145—155.

[28] Ogino, C., and K. Saito. 1970. Protein nutrition in fish. I. The utilization of dietary protein by young carp. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 36: 250—254.

[29] Sedgwick, R. W. 1979. Influence of dietary protein and energy on growth, food consumption and food conversion efficiency in *Penaeus merguensis* de Man. *Aquaculture* 18: 7—30.

[30] Teog, S., T. Chua, and P. Lim. 1978. Preliminary observations on the dietary protein requirement of estuary grouper, *Epinephelus salmonides* Maxwell,

- cultured in floating net-cages. *Aquaculture* 15: 257—271.
- [31] Walron, M. J., 1985 Aspects of amino acid metabolism in teleost Fish. *Nutrition and feeding in fish*. Edited by C. B. Cowey et al. Academic press London, p. 47—67.
- [32] Wilson, R. P., D. E. Harding, and D. L. Garling, Jr. 1977. Effect of dietary pH on amino acid utilization and the lysine requirement of fingerling channel catfish. *J. Nutr.* 107: 166—170.
- [33] Wilson, R. P., 1985. Amino acid and protein requirements of fish. *Nutrition and feeding in fish*, Edited by C. B. Cowey et al. Academic press London, P. 1—16.
- [34] Woofree, R. A., and R. R. Stickney, 1981. Effects of dietary protein and energy on growth, feed conversion efficiency and body composition of *Tilapia aurea*. *J. Nutr.* 111: 1001—1012.
- [35] Yone, Y. 1976. Nutritional studies of red sea bream. Pp. 39—64. in *Proceedings of the First International Conference on Aquaculture Nutrition*. K. S. Price, W. N. Shaw, and K. S. Danberg, eds. Lewes/Rehoboth: University of Delaware.