鲮鱼最适生长的营养素需要量研究*

毛永庆 蔡发盛 林 鼎
(中山大学生物系，广州)

提 要

应用正交方法配制 18 种试验饲料，测其各营养素对鲮鱼的生长比速、肥满度及体蛋白质增重率作用的大小为：蛋白质＞糖＞混合无机盐＞脂肪，其中蛋白质（$P<0.005$）和糖（除肥满度外，$P<0.025$）为主要的营养素；脂肪和混合无机盐，在本试验条件下，其作用并不明显（$P>0.05$）。每 100 克鱼(湿重)，每日的最适生长的营养素需要量为：蛋白质 0.70—0.80 克、糖 0.50 克、脂肪 0.10 克，以及饲料中含 14% 的混合无机盐和 17% 的纤维素。

虽体脂肪和水份的含量与营养素脂肪的水平有一定关系，但显著地受营养素蛋白质水平的影响（分别为 $P<0.025$ 和 $P<0.01$）。体脂肪随营养素蛋白质水平的增加而增高；水份则随营养素蛋白质水平的增加而下降。体脂肪（Y）与水份（X）之间存在负的相关关系，其关系式为：$Y = 60.3063 - 0.7643X$。体脂肪和水份的含量，占鱼体重的 $78.33 \pm 0.25\%$。

用无蛋白饲料饲养试验的结果，鲮鱼的体氮维持量为：14 毫克氮/100 克鱼(湿重)/日。

有关鱼类营养素需要量的研究及其结果已有许多报道[2,4-6,8,10-24]。但鲮鱼 *Cirrhinus molitorella* (C. et V.) 营养素需要量的研究尚未有报道。本试验应用正交设计方法，就鲮鱼对蛋白质、糖、脂肪、混合无机盐及纤维素的日需要量进行了研究。

材 料 与 方 法

试验用鱼为本室(我系鱼类研究室)自己培育的鲮鱼鱼种。鱼自鱼塘中捕起后立即放入流水的水池(2 × 3 × 1 米)中，投喂颗粒饲料，驯养二个星期后备用。试验时选取个体健康、大小均匀的个体进行。

饲料的配制，应用正交设计方法。在本试验前，作者已用正交设计方法 ($L_{16}(4^5)$ 及 $L_{16}(4^4 \times 2^3)$)，在每 100 克鱼(湿重)日投喂蛋白质 0.35—0.80 克、糖 0.28—0.60 克、脂肪 0.10—0.25 克、混合无机盐含量 8—18% 和纤维素含量 15—25%的水平范围内，初步获得每 100 克鲮鱼(湿重)日需蛋白质 0.65—0.80 克、糖 0.40—0.50 克、脂肪 0.10—0.20 克、混合无机盐含量 14—18%和纤维素含量 17%。因此，本试验的营养素及其水平设计是在上述基础上进行设计的（表 1），其中蛋白质和混合无机盐的水平进行了随机化。试验饲料的配制，选用正交表 $L_{18}(6 \times 3^6)$，共有 18 个饲料组合(表 2)。

* 本文承廖翔华教授审阅；黄耀桐、刘永坚帮助测定水质；张锡华协助分析部分样品，在此一并致谢。
1984 年 7 月 8 日收到。

表 1 营养素及其水平

Tab. 1 Nutrients and their levels

水平 Level	营养素 Nutrient				
	蛋白质(克) Protein (g)	脂肪(克) Fat (g)	糖(克) Carbohydrate (g)	混合无机盐(%) Mineral mix(%)	纤维素(%) Cellulose (%)
1	0.70	0.10	0.30	16	17
2	0.60	0.15	0.40	14	
3	0.40	0.20	0.50	18	
4	0.50				
5	0.80				
6	0.90				

表 2 每 100 克鲮鱼日需营养素量的试验饲料配制[1)]

Tab. 2 Formulation of experimental diets with reference to nutritional quantities required daily per 100 g. of mud carp

饲料号 Diet no.	营养素 Nutrient				
	蛋白质(克) Protein (g)	脂肪(克) Fat (g)	糖(克) Carbohydrate (g)	混合无机盐(%) Mineral mix (%)	纤维素(%)[2)] Cellulose (%)
1	0.70	0.10	0.50	14	17
2	0.70	0.15	0.30	16	17
3	0.70	0.20	0.40	18	17
4	0.60	0.10	0.40	16	17
5	0.60	0.15	0.50	18	17
6	0.60	0.20	0.30	14	17
7	0.40	0.10	0.30	18	17
8	0.40	0.15	0.40	14	17
9	0.40	0.20	0.50	16	17
10	0.50	0.10	0.30	16	17
11	0.50	0.15	0.40	18	17
12	0.50	0.20	0.50	14	17
13	0.80	0.10	0.50	18	17
14	0.80	0.15	0.30	14	17
15	0.80	0.20	0.40	16	17
16	0.90	0.10	0.40	14	17
17	0.90	0.15	0.50	16	17
18	0.90	0.20	0.30	18	17

1) 每组饲料中都添加 1% 混合维生素。

2) 15% 纤维素粉，2% 羧甲基纤维素。

鱼饲养在 70×45×40 厘米的水族箱中进行试验，每箱放养 25 尾。水族箱维持流水，流量约为 62 升/小时。试验期间的平均水温为 30.8 ± 1.2℃，pH7.80 ± 0.10，溶解氧为 5.71 ± 1.25 毫克/升。

饲料的投喂量，每天分两次(上午 8:00 和下午 3:00)按正交表所设计的量投。每天早晨投喂之前，吸除水族箱中的粪便等沉淀物，并换水 1/2 左右。每 10 天检查一次鱼生长

表 3　试验前后鱼体重、体长和鱼体成份

Tab. 3　Weight, length and body composition of fish at start and end of experiments

饲料号 Diet no.	试验开始 Exp. start	试验结束 Exp. end						指标 Index		
	平均个体重（克） Mean wt. (g/fish)	平均个体重（克） Mean wt. (g/fish)	平均体长（毫米） Mean body length (mm)	鱼体成份 (%)[1] Body composition (%)				生长比速 (%) Specific growth rate (%)	肥满度 Condition factor	体蛋白质增重率 (%) Body protein gain ratio (%)
				水份 Moisture	蛋白质 Protein	脂肪 Fat	灰份 Ash			
1	5.48	7.16	70.3	76.60	16.96	1.85	4.20	0.92	2.06	31.40
2	5.46	6.44	68.1	76.28	17.17	1.90	4.60	0.57	2.04	20.26
3	5.59	6.81	69.6	76.78	16.70	2.12	4.34	0.68	2.02	20.66
4	5.38	6.15	67.6	76.61	17.12	1.69	4.58	0.46	1.99	15.95
5	5.90	6.90	70.2	76.65	17.05	1.65	4.46	0.54	1.99	18.16
6	5.14	5.56	66.5	77.06	16.81	1.39	4.58	0.27	1.89	7.89
7	5.34	5.95	67.7	76.58	16.91	1.74	4.73	0.36	1.92	6.60
8	5.57	6.21	68.3	76.91	16.70	1.43	4.62	0.37	1.95	10.43
9	5.48	6.03	68.2	77.06	16.51	1.66	4.53	0.33	1.90	7.79
10	5.54	6.06	68.9	77.39	16.38	1.17	4.55	0.31	1.86	6.25
11	5.12	5.92	67.6	76.68	16.80	1.39	4.66	0.50	1.92	15.19
12	5.52	6.55	68.9	76.43	16.98	1.89	4.45	0.59	2.00	19.42
13	5.53	7.39	70.3	76.06	17.39	1.75	4.51	0.95	2.13	37.94
14	5.49	7.08	69.6	76.50	16.69	1.74	4.45	0.88	2.10	27.71
15	5.20	6.61	68.8	75.32	16.94	2.90	4.37	0.83	2.11	27.65
16	5.37	6.74	69.0	75.80	16.93	2.18	4.40	0.79	2.06	26.12
17	5.33	6.61	67.9	75.73	16.75	2.65	4.40	0.74	2.11	23.14
18	5.28	6.58	68.4	75.67	16.59	2.66	4.40	0.76	2.05	22.71
变异系数 (CV) Coefficient of variability (CV)	3.50	7.55	1.53	0.72	1.48	25.05	2.90	36.67	3.98	47.50
19[2]	5.75	5.27	67.2	77.77	15.68	1.46	5.18	−0.27	1.74	−14.76

1) 试验开始鱼体成份 (%): 水份 76.89、蛋白质 16.86、脂肪 1.36、灰份 4.64。

2) 无蛋白质饲料组。

情况，并根据鱼的体重变化，调整投喂量，同时清洗水族箱。

鱼体成分分析样品的抽样、处理、分析方法及试验饲料所用的材料，同前报道[2]。

整个饲养试验共 32 天，试验结果，以鱼体生长比速为主，辅以鱼体肥满度和鱼体蛋白质增重率，作为评定鲮鱼对营养素日需要量的指标(表 3)。

试验结果的数据，应用极差分析、方差分析以及多重比较（Tukey Q 表检验法）进行分析处理[3]。

结 果 与 分 析

(一) 营养素与鱼体生长的关系

试验结果的极差分析表明(表 4)，营养素蛋白质的水平无论对鱼体的生长比速、肥满度和体蛋白质增重率，它的极差值都比脂肪、糖及混合无机盐的值大，分别为 0.34、0.12和 14.62%；其次是糖，为 0.19、0.06 和 9.86%；再次是混合无机盐（除肥满度略低于脂肪外)；极差值最小的是脂肪。极差值大小，表明营养素对指标值作用的大小。极差值越大，表示该营养素的水平变化对该指标值的作用越显著，因而这个营养素就越重要。据此，营养素对鱼体生长比速、肥满度和鱼体蛋白质增重率作用的主次关系可列为：蛋白质＞糖＞混合无机盐＞脂肪。

方差分析结果（表 4)，进一步表明蛋白质对生长比速（$P < 0.005$)、肥满度（$P < 0.005$) 和体蛋白质增重率（$P < 0.005$) 的影响是非常显著的。糖仅对生长比速（$P < 0.025$)和体蛋白质增重率 ($P < 0.025$) 有显著影响，而对肥满度的作用不明显。混合无机盐及脂肪对三项指标的影响却都不明显（$P > 0.05$)。因此，营养素中的蛋白质和糖对鱼体生长比速、肥满度和体蛋白质增重率起主要作用。

(二) 营养素的日需量

从表 4 可看到蛋白质水平与各指标值之间的关系，各指标值都有随着蛋白质水平增加而渐次递增的趋势，蛋白质 0.80 克时，其指标值达到最大：生长比速为 0.89%、肥满度为 2.11、体蛋白增重率为 31.10%。继续增加蛋白质至 0.90 克，各指标值不但没有随之增高，而且出现下降趋势：生长比速为 0.76%、肥满度 2.07、体蛋白质增重率 23.99%。多重比较结果表明，0.40、0.50 和 0.60 克蛋白质水平与 0.70、0.80 和 0.90 克之间的鱼体生长有显著的差异（$P < 0.05$)；0.70、0 80 和 0.90 克之间无差别。

鱼体的生长比速、肥满度和蛋白质增重率随营养素糖的水平增加而增高，糖在 0.50 克时各指标的值最大（表 4)：分别为 0.68、2.03 和 22.98%。糖对生长比速及体蛋白质增重率的影响明显（$P < 0.025$)，但仅在 0.30 和 0.50 克之间有显著的差异（$P < 0.05$)，而 0.30 与 0.40 克，0.40 与 0.50 克间的差异不明显。糖对鱼体肥满度的影响不明显。

营养素脂肪水平对鱼体生长比速和蛋白质增重率的作用，与蛋白质和糖水平的作用相反(表 4)，脂肪水平最小时 (0.10 克)，其指标值最大 (0.63 和 20.71%)；最大时 (0.20 克)，其值最小 (0.58 和 17.69%)。对于肥满度则发现脂肪在 0.15 克水平时，其值最大 (2.02)；最小值是在 0.20 克水平(2.00)。由于脂肪对各指标值的影响不明显，所以水平间

表 4　营养素及其水平对鲮鱼的生长比速、肥满度和体蛋白质增重率的影响

Tab. 4　Effects of levels of nutrients on specific growth rate, condition factor and body protein gain ratio of mud carp

营养素 Nutrient	水平 Level	生长比速(%) Specific growth rate (%)	肥满度 Condition factor	体蛋白质增重率(%) Body protein gain ratio (%)
蛋白质(克) Protein (g)	0.40	0.25a[2]	1.92a	8.29a
	0.50	0.47a	1.93a	13.62a
	0.60	0.42a	1.96ab	14.00ab
	0.70	0.72b	2.04abc	25.11bc
	0.80	0.89b	2.11c	31.10c
	0.90	0.76b	2.07bc	23.99c
极差[1] Range		0.34	0.12	14.62
概率 (P) Probability (P)		<0.005	<0.005	<0.005
脂肪(克) Fat (g)	0.10	0.63	2.00	20.71
	0.15	0.60	2.02	19.15
	0.20	0.58	2.00	17.69
极差 Range		0.06	0.03	3.85
概率 (P) Probability (P)		>0.05	>0.05	>0.05
糖(克) Carbohydrate (g)	0.30	0.53a	1.98	15.24a
	0.40	0.61ab	2.01	19.33ab
	0.50	0.68b	2.03	22.98b
极差 Range		0.19	0.06	9.86
概率 (P) Probability (P)		<0.025	>0.05	<0.025
混合无机盐(%) Mineral mix (%)	14	0.64	2.01	20.50
	16	0.54	2.00	16.84
	18	0.63	2.01	20.21
极差 Range		0.13	0.01	4.66
概率 (P) Probability (P)		>0.05	>0.05	>0.05

1) 为调整极差值。

2) 每纵行标有不同英文字母的数字间表示有显著差异 ($P \leqslant 0.05$)。

并无差异。

投饲含 14%混合无机盐饲料的鱼体生长比速、肥满度及体蛋白质增重率比含 16%和 18% 的都高(表 4)。与脂肪一样，混合无机盐含量的水平对指标值的影响不明显，所以水平间也无差异。

(三) 鱼体成份

各试验组之间的鱼体成份含量，由于投饲不同的营养素水平，引起成份含量的变化。鱼体脂肪含量的变化最大 ($CV = 25.05\%$)，其次是灰份 ($CV = 2.90\%$)，再次为蛋白质 ($CV = 1.48\%$) 和水份 ($CV = 0.72\%$) (表 3)。虽水份的变异系数(CV)最小，但它在鱼

体中含量却最高，约占 3/4 左右，故体脂肪含量的任何变化，首先引起水份的变动，因而脂肪（Y）与水份（X）之间呈负相关：$Y = 60.3063 - 0.7643X$，两者的总含量为 78.33±0.25%。

导致鱼体成份含量变化的因素，就营养素而言，主要是蛋白质水平，它对鱼体成份变化最大的水份和脂肪的影响尤为显著（分别为 $P < 0.01$ 和 $P < 0.025$，表 5）。体脂肪随饲料中蛋白质水平的增加而增高，在 0.40—0.60 克蛋白质水平内，体脂肪的增加较缓；0.60 克以后就急剧上升；鱼体水份的含量则与此相反（图 1）。蛋白质水平对体脂肪和水份含量的影响，仅在 0.40—0.80 克与 0.90 克之间的差异较显著，而 0.40—0.80 克之间及 0.70—0.90 克之间则无差异（表 5）。其次，营养素脂肪的水平，与蛋白质水平一样，它与体脂肪含量呈正的关系，与水份则呈负的关系，然而其作用都不显著（$P > 0.05$）。

此外，对鲮鱼幼鱼全鱼、成鱼背肌及成熟卵的氨基酸组成进行了分析（表 6）。

表 5 营养素及其水平对鲮鱼鱼体成份的影响

Tab. 5 Effects of levels of nutrients on body compositins of mud carp

营养素 Nutrient	水 平 Level	水份(%) Moisture (%)	蛋白质(%) Protein (%)	脂肪(%) Fat (%)	灰份(%) Ash (%)
蛋白质(克) Protein (g)	0.40	76.85a[2)]	16.71	1.61a	4.63
	0.50	76.83a	16.72	1.48a	4.55
	0.60	76.77a	17.00	1.58a	4.54
	0.70	76.55ab	16.94	1.96ab	4.38
	0.80	75.96ab	17.01	2.13ab	4.44
	0.90	75.73b	16.76	2.50b	4.40
极差[1)] Range		0.72	0.19	0.65	0.16
概率 (P) Probability (P)		<0.01	>0.05	<0.025	>0.05
脂肪(克) Fat (g)	0.10	76.51	16.95	1.73	4.50
	0.15	76.46	16.86	1.79	4.53
	0.20	76.39	16.76	1.91	4.45
极差 Range		0.15	0.24	0.47	0.10
概率 (P) Probability (P)		>0.05	>0.05	>0.05	>0.05
糖(克) Carbohydrate (g)	0.30	76.58	16.76	1.77	4.55
	0.40	76.35	16.87	1.95	4.50
	0.50	76.42	16.94	1.91	4.43
极差 Range		0.29	0.23	0.23	0.15
概率 (P) Probability (P)		>0.05	>0.05	>0.05	>0.05
混合无机盐(%) Mineral mix(%)	14	76.55	16.85	1.75	4.45
	16	76.40	16.81	2.00	4.51
	18	76.40	16.91	1.89	4.52
极差 Range		0.19	0.13	0.23	0.09
概率 (P) Probability (P)		>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

1)、2) 见表 4 脚注。

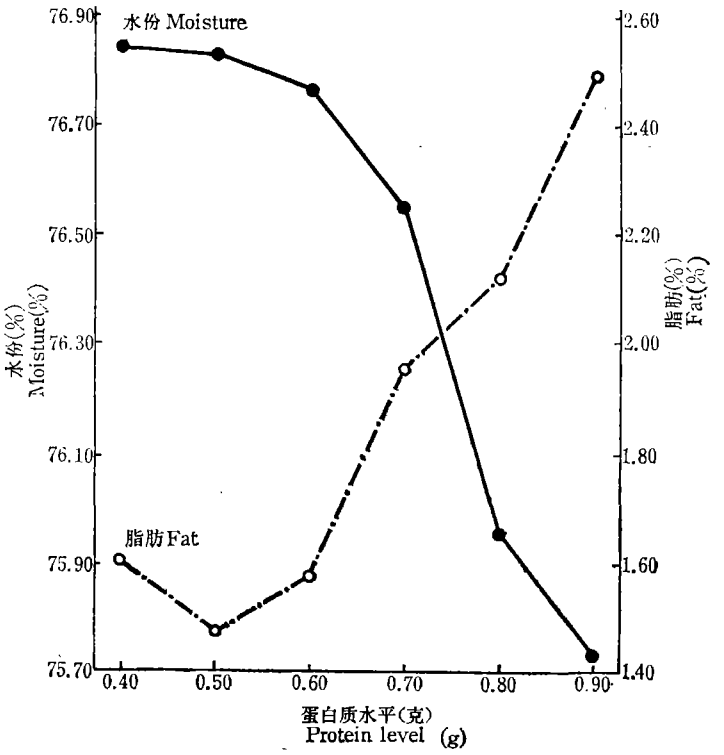

图 1　饲料蛋白质水平与鱼体水份和体脂肪含量间的关系

Fig. 1　Relationship between dietary protein levels and body moisture and fat of fish

（四）体氮维持量

采用无蛋白饲料饲养法测得鲮鱼体氮维持量为 14 毫克氮/100 克鱼（湿重）/日(表 3,19 号饲料组)[1]。试验结束时鱼体脂肪的百分含量（1.46%）比试验前（1.36%）稍有增加（0.10%），然而平均个体重由试验开始时的 5.75 克降至结束时的 5.27 克，体重减少了 8.35%，所以体脂肪的绝对量并未因摄食多量的糖和脂肪而积累。

讨　　论

试验结果的分析表明，在本试验条件下，为了满足鱼体充分的生长，每 100 克鲮鱼(湿重)日需蛋白质 0.80 克、糖 0.50 克、脂肪 0.10 克，以及混合无机盐和纤维素在饲料中的含量分别为 14 和 17%。该需要量与试验中指标值最高的 13 号[2] 和次高的 1 号饲料组合相比较，13 号的混合无机盐(18%)稍高，1 号的蛋白质(0.70 克)稍低，其它各种营养素量是相一致的(表 2，3)。

1) 计算方法同前报道[2]。

2) 这是作者在本试验前两期正交试验中所获得的鲮鱼最适生长营养素日需量组合。

表 6 鲮鱼全鱼体、背肌和成熟卵的氨基酸含量（蛋白质中的百分数）

Tab. 6 Amino acid content of whole fish body, dorsal muscle and mature egg of mud carp (percentage of protein)

氨基酸 Amino acid	全鱼体 Whole fish body	背肌 Dorsal muscle	成熟卵 Mature egg
精氨酸 Arg	5.58	5.88	4.99
组氨酸 His	2.34	2.74	1.88
赖氨酸 Lys	7.64	9.81	5.06
甲硫氨酸 Met	2.51	2.95	1.94
甲硫氨酸+胱氨酸 Met + Cys	3.43	4.00	2.71
色氨酸 Trp	1.17	1.52	0.94
苯丙氨酸 Phe	3.76	4.66	2.80
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe + Tyr	6.68	8.12	5.51
亮氨酸 Leu	7.03	8.43	9.33
异亮氨酸 Ile	3.75	4.20	3.97
缬氨酸 Val	4.77	5.33	5.09
苏氨酸 Thr	4.01	4.57	4.23

在所试的各营养素中，蛋白质是主要的营养素（$P < 0.005$），它对鱼体的生长起着重要的作用。但蛋白质量过多或过少，都不利于生长，在 0.40、0.50 和 0.60 克与 0.70、0.80、0.90克之间，对于生长有一个明显的界限（$P<0.05$），低于 0.70 克，生长显著地较 0.70、0.80 和 0.90 克的差；高于 0.80 克，生长趋于下降，而 0.70 与 0.80 克之间的生长并无差异（表 4），因此可认为蛋白质的日量在 0.70—0.80克/100 克鱼（湿重）/日之间。此量换算成饲料中的百分含量，即为：36.62—38.86%。该蛋白质的含量比青鱼（*Mylopharyngodon piceus*，41%，杨国华等，1981）、草鱼（41.7%，陈茂松等，1976）及莫桑比给罗非鱼（*Sarotherodon mossambicus*，40%，Jauncey，1982）的含量要低些[5,6,15]；与鲤鱼（38%，荻野珍吉等，1970）相似[8]；而高于草鱼（22.77—27.66%，林鼎等，1980）、齐氏罗非鱼（*Tilapia zillii*，34.7%，Mazid et al.，1979）和斑点叉尾鮰（*Ictalurus punctatus*，25.3%，Nail，1962）[4,19,20]。Bromly（1980）报道，大菱鲆（*Scophthalmus maximus*）投以同一种饲料，其投量不同，鱼的生长是不同的[10]。Reinitz（1983）认为硬头鳟（*Salmo gairdneri*）的增重随投喂率而增加[23]。可见确定蛋白质的最适需要量，除研究其在饲料中的百分含量外，还需考虑其投喂量（即日量）。据此，本试验的鲮鱼蛋白质日需要量低于上述所报道鱼类（除斑点叉尾鮰）的量（饲料蛋白质百分含量×日投喂量）以及 Hastings（1976）报道的温水性鱼类需 1.10 克蛋白质/100 克鱼/日的量[13]。

关于饲料蛋白质、脂肪和糖与鱼体脂肪含量之间的关系，已有许多报道。齐氏罗非鱼

(Mazid et al., 1979) 的体脂肪含量随饲料中蛋白质的增加而减少[19]；硬头鳟(Lall et al., 1976)、草鱼 (Dabrowski, 1977) 的体脂肪含量随饲料中蛋白质的增加而增高[11,18]；亦有报道饲料中的蛋白质和脂肪的增加，导致硬头鳟体脂肪含量的增高 (Reinitz, 1983)[23]；鲤鱼体脂肪与饲料中糖，虹鳟体脂肪与饲料中的脂肪有正的相关(Ogino et al., 1976)[22]。Furuichi 等(1980)认为鲤鱼、真鲷 (*Chrysophrys major*)、鰤鱼 (*Seriola quinqueradiata*) 肌肉中脂肪随饲料中糖的增加而下降[12]；杨国华等(1981)指出青鱼的体脂肪含量的变化与饵料蛋白质和碳水化合物无关[6]。从上述的研究结果可见，饲料中蛋白质、脂肪、糖的含量对不同鱼类鱼体脂肪含量的影响程度是不尽相同的。本试验的结果表明，体脂肪含量是随饲料中脂肪的增加而递增，但其作用并不显著 ($P > 0.05$)，而与饲料中蛋白质水平有显著关系 ($P < 0.025$)，并且体脂肪随蛋白质水平的增加而增高(表 5)。我们认为，营养素及其水平与体脂肪(其它成份也是一样)间的关系并不是固定不变的，当营养素及其水平范围改变时，这种关系可以互相转化，这点在研究和分析问题时需要注意。

蛋白质由氨基酸组成，鱼体摄食的蛋白质在消化道内分解成氨基酸后而被吸收，并在体内再合成自身的蛋白质，所以研究氨基酸需要量更具实质性的意义。桥本(1972)认为，鱼类体蛋白质的必需氨基酸组成，对于判断必需氨基酸的需要量有很大作用[9]。Ketola (1982) 研究了虹鳟和鲑鱼饲料氨基酸需要量及其补充作用之后指出，在研究其它鱼种的饲料氨基酸需要量中，利用鱼卵氨基酸组成方面的数据是一种可行的方法[17]。因此在尚未研究清楚鲮鱼氨基酸需要量之前，我们首先对幼鱼全体、成鱼背肌、成熟卵的氨基酸组成进行了分析 (表 6)，供进一步研究其需要量及饲料配制作借鉴。

参　考　文　献

[1] 广西水产研究所，1975。广西鲮鱼的生物学及其养殖。水生生物学集刊，**5**(4)：449—468。

[2] 毛永庆等，1984。幼鲩(草鱼)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 页。

[3] 中国科学院数学研究所统计组编，1973。常用数理统计方法。科学出版社。

[4] 林　鼎等，1980。鲩鱼 *Ctenopharyngodon idellus* 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。

[5] 陈茂松等，1976。幼草鱼对于饲料蛋白质之利用。*J. Fish. Soci. Taiwan*, **4**(2):67—72。

[6] 杨国华等，1981。夏花青鱼饵料中的最适蛋白质含量。水产学报，**5**(1)：49—55。

[7] 钟麟等，1965。家鱼的生物学和人工繁殖。科学出版社。

[8] 荻野珍吉・斎藤邦男，1970。鱼類の蛋白质栄養に関する研究——I. コイにすける飼料蛋白質利用。日水誌，**36**(3)：250—254。

[9] 蔡完其译(橋本芳郎编)，1980。养鱼饲料学。农业出版社。

[10] Bromly, P. J., 1980. Effect of dietary protein, lipid and energy content on the growth of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) *Aquaculture*, **19**(4): 359—369.

[11] Dabrowski, K., 1977. Protein requriements of grass carp fry (*Ctenopharyngodon idella* Val.). *Aquaculture*, **12**: 63—67.

[12] Furuichi, M. and Y. Yone, 1980. Effect of dietary dextrin levels on the growth and feed efficiency, the chemical composition of liver and dorsal muscle, and the absorption of dietary protein and dextrin in fishes. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **46**(2): 225—229.

[13] Hastings, W. H., 1976. Fish nutrition and fish feed manufacture. Proc. FAO Technical Conference on Aquaculture. pp. 568—573. May, Kyoto, Japan.

[14] Hilton, J. W., Atkingson, J. L. and S. J. Slinger, 1983. Effect of increased dietary fiber on the growth of rainbow trout *(Salmo gairdneri). Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **40**(1): 81—85.

[15] Jauncey, K., 1982. The effects of varying dietary protein level on the growth, feed conversion, protein utilization and body composition of juvenile tilapias (*Sarotherodon mossambicus). Aqua-*

culture, **27**(1): 43—54.

[16] Jobling, M. and A. Wandsvik, 1983. Quantitative protein requirements of arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L). *J. Fish Biol.*, **22**(6): 705—712.

[17] Ketola, H. G., 1982. Amino acid nutrition of fishes: requirements and supplementation of diets. *Comp. Biochem. Physiol.*, **73**B(1): 17—24.

[18] Lall, S. P. and F. J. Bishop, 1976. Studies on the nutrient requirements of rainbow trout, *Salmo gairdneri*, grown in sea water and fresh water. Proc. FAO Technical Conference on Aquaculture. pp. 580—584. May, Kyoto, Japan.

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

[20] Nail, M. L., 1962. The protein requirement of channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque). *Proc.* 16th Annu. Conf. S. E. Ass. Game Fish Comm. Columbia, South Carolina, pp. 307—316.

[21] Nose, T. and S. Arai, 1976. Recent advances in studies on mineral nutrition of fish in Japan. Proc. FAO Technical Conference on Aquaculture. pp. 584—590. May, Kyoto, Japan.

[22] Ogino, C., Chiou, T. Y. and I. Takeuchi, 1976. Protein nutrition in fish-VI. Effects of dietary energy sources on the utilization of protein by rainbow trout and carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **42**(2): 213—218.

[23] Reinitz, G., 1983. Relative effect of age, diet and feedig rate on the body composition of young rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, **35**(1): 19—27.

[24] Sen, P. R., Rao, N. G. S., Ghosh, S. R. and M. Rout, 1978. Observations on the protein and carbohydrate requirements of carps. *Aquaculture*. **13**: 245—255.

STUDIES ON THE NUTRITIONAL REQUIREMENTS FOR OPTIMUM GROWTH OF MUD CARP *CIRRHINUS MOLITORELLA* (C. ET V.)

Mao Yongqing　Cai Fasheng and Lin Ding

(Ichthyology Laboratory, Zhongshan University, Guangzhou)

Abstract

The nutritional requirements of protein, fat, carbohydrate, mineral mix and cellulose for the optimum growth of mud carp (average weight: 5.4±0.2 gm./fish) were studied. The $L_{18}(6\times3^6)$ table of orthogonal design method was employed to formulate eighteen diet combinations. Feeding experiments were conducted in 70×45×40 cm aquaria of 126 L in capacity under the following conditions: 1) water flow maintained at 62 L/hr; 2) water temperature averaged 30.8±1.2°C; 3) dissolved oxygen being 5.11 ±1.25 mg. O_2/L and pH, 7.8±1.0. The data of the experiments were analysed with the method of analyses of variance and the multiple method of Tukey's Q procedure.

The results of feeding experiment show that the effects of nutients on the specific growth rate, condition factor and body protein gain ratio ranked in the following order: protein>carbohydrate>mineral mix>fat. Thus, protein ($P<0.005$) and carbohydrate ($P<0.025$ except condition factor) were found to be the main nutrients, while the effects of fat and mineral mix were not so pronounced in the present experiment. The nutritional requirements for the optimum growth were protein: 0.70—0.80 gm., fat: 0.10 gm., carbohydrate: 0.50 gm. with an ingredient of 14% minerl mix and 17% cellulose in the diet per 100 gm. fish (wet weight)/day.

Although fat composition and moisture content fish boty show correlation with the fat content of the food, the nutritional protein levels do have a stronger effect on the fat and moisture contents of the body ($P<0.025$ and $P<0.01$ respectively.) When the fish was fed with increasing protein levels, body fat increased but body. moisture decreased. There was a negative correlation between body fat (Y) and moisture (X), the formula being $Y=60.3063-0.7643X$. Fat and moisture together amounted to 78.33± 0.25%. in the fish.

The maintenance nitrogen for metabolism was found to be 14 mg. N/100 gm. fish (wet wright)/day obtained from the experiments with protein-free diet.

Key words Cirrhinus molitorella, Nutrients, Orthogonal design, Body composition.