

# 日本沼虾饲料最适蛋白质、脂肪含量 及能量蛋白比的研究\*

虞冰如

沈 竑

(上海水产大学)

(国家海洋局东海环境监测中心)

**提 要** 本文研究了日本沼虾(*Macrobrachium nipponense*) 饲料的最适蛋白质含量、脂肪含量及能量蛋白比。试验用饲料由酪蛋白、糊精、混合油、复合维生素和无机盐混合物等组成。本试验用的日本沼虾体重为  $1.77 \pm 0.23$  克, 试验期间水温为  $21-25^{\circ}\text{C}$ 。用增重率、饲料系数和肝胰脏  $\alpha$ -淀粉酶活力等作为评价指标。试验结果表明: 日本沼虾配合饲料适宜蛋白质含量为  $36.8-42.27\%$ , 适宜脂肪含量为  $6-12\%$ 。当配合饲料的蛋白质含量在适宜范围内, 饲料能量蛋白比(C/P)为 8 千卡/克蛋白左右, 每公斤配合饲料的总能量为 3006—3561 千卡是最为适宜的。当饲料总能量在一定范围内, 随着饲料碳水化合物含量的增加, 肝胰脏  $\alpha$ -淀粉酶活力增强。

**关键词** 日本沼虾, 配合饲料, 最适蛋白质含量, 最适脂肪含量, 能量蛋白比

日本沼虾(俗称青虾)是我国主要经济淡水虾类。近年来, 已投入养殖生产。但对它的营养学却研究甚少, 迄今尚未见有专门报道。为了寻求养殖日本沼虾较为理想的饲料配方, 迫切需要确定饲料中的最适蛋白质和脂肪含量。国内外一些学者在配合饲料的研究中, 得出能量蛋白比(C/P)也是制定饲料配方的重要依据。Garling(1976)<sup>[8]</sup>Takeuchi(1979)<sup>[9]</sup>Donna(1986)<sup>[7]</sup>和戴祥庆(1988)<sup>[5]</sup>等分别研究了斑点叉尾鲟、鲤鱼、红原螯虾(*Procambarus clarkii*)和青鱼配合饲料中的适宜能量蛋白比, 认为配合饲料能量蛋白比的研究具有理论和生产实践双重的意义。为此, 我们在1988年和1989年进行了日本沼虾饲料最适蛋白质、脂肪含量和能量蛋白比及肝胰脏  $\alpha$ -淀粉酶活力的研究。弄清这些指标, 有利于配合饲料的合理配制。

## 材 料 与 方 法

本试验分两个阶段进行。

试验虾: 取自上海市孙桥养殖场的日本沼虾, 体重为  $1.77 \pm 0.23$  克, 每试验组养虾数量均为 25 尾。

第一阶段试验, 从1988年4月25日至5月30日, 历时35天。水温为  $21-24^{\circ}\text{C}$ 。试验饲料以酪蛋白和清蛋白为蛋白源, 用糊精来调节蛋白质梯度。每组饲料中加入等量的混合油(鱼油: 豆油 = 1:1)、胆

\* 本试验承蒙王道尊、施正峰两位副教授的指导; 养殖系1988届学生姚蕾、杜春彩, 1989届学生宋自牧、张云平参加了部分工作。一并致谢。

收稿年月: 1989年10月; 1990年3月修改。

表1 第一阶段试验饲料的组成(%)

Table 1 Ingredients of the test diet in the first experimental stage

组别	酪蛋白	清蛋白	蛋白质 实测值	糊精	豆油	鱼油	复合 维生素	胆甾醇	无机盐 混合物	纤维素 粉	甘氨酸	褐藻 胶
1	5	6	6.98	60	3.5	3.5	4	1.5	6	5	1.5	4
2	15	6	15.98	50	3.5	3.5	4	1.5	6	5	1.5	4
3	20	6	22.49	45	3.5	3.5	4	1.5	6	5	1.5	4
4	25	6	26.84	40	3.5	3.5	4	1.5	6	5	1.5	4
5	30	6	30.35	35	3.5	3.5	4	1.5	6	5	1.5	4
6	35	6	37.17	30	3.5	3.5	4	1.5	6	5	1.5	4
7	40	6	42.27	25	3.5	3.5	4	1.5	6	5	1.5	4
8	45	6	44.85	20	3.5	3.5	4	1.5	6	5	1.5	4
9	50	6	52.68	15	3.5	3.5	4	1.5	6	5	1.5	4
10	60	6	60.60	5	3.5	3.5	4	1.5	6	5	1.5	4

甾醇、复合维生素和无机盐混合物,另添加1.5%的甘氨酸作为引诱剂。饲料配方详见表1。

第二阶段试验,从1989年5月7日至6月12日,历时36天。水温为21—25°C。试验是在第一阶段试验结果的基础上,把饲料中蛋白质分为36%、41%、46%三个水平,每个水平包括3%、6%、9%、12%和15%五个脂肪含量,共15组。脂肪是用等量鱼油和豆油混合而成。用纤维素粉调节脂肪梯度,用糊精调节蛋白质梯度。饲料配方详见表2。

表2 第二阶段试验饲料成分表(%)

Table 2 Ingredients of the test diet in the second experimental stage

组别	酪蛋白	清蛋白	蛋白质 实测值	混合油	实测油值	纤维 素粉	糊精	饲料能量 (千卡/千 克饲料)	C/P 值 (千卡/克 蛋白)
1	30	6	38.12	3	3.10	13	25	2804	7.36
2	30	6	37.24	6	6.40	10	25	3066	8.23
3	30	6	37.87	9	9.60	7	25	3379	8.92
4	30	6	37.47	12	11.97	4	25	3522	9.40
5	30	6	37.52	15	15.48	1	25	3894	10.38
6	35	6	40.96	3	3.32	13	20	2737	6.68
7	35	6	40.99	6	6.30	10	20	3006	7.33
8	35	6	41.03	9	9.57	7	20	3303	8.05
9	35	6	42.94	12	11.59	4	20	3561	8.29
10	35	6	41.78	15	15.07	1	20	3828	9.16
11	40	6	47.93	3	3.20	13	15	2805	5.85
12	40	6	45.96	6	6.30	10	15	3005	6.54
13	40	6	47.53	9	8.95	7	15	3307	6.96
14	40	6	47.40	12	12.03	4	15	3579	7.55
15	40	6	47.39	15	15.61	1	15	3847	8.12

\* 每组加入等量的维生素(4%)、无机盐混合物(12%)、胆甾醇(1.5%)、甘氨酸(1.5%)、褐藻胶(3.85%)、三氧化二钴(0.15%)。

\*\* 饲料热量值的计算:每克脂肪、蛋白质、碳水化台物的热量值分别为9、4、4千卡,纤维素不计算能量。

试验水箱:聚氯乙烯水箱,规格47×36.5×20cm<sup>3</sup>;水体积为22升。

水质:经过曝气的自来水。溶解氧为4.6~6.8mg/L,氨态氮小于0.04mg/L, pH为7.3—7.4。

喂养方法：每日投饵量为虾体重的 2.5%，早晚投饵，确保投喂的饲料被吃完。每过一周，称一次虾重，调整投饵量。每天排污一次，换 1/3 新水。

测定项目：① 用凯氏定氮法测定粗蛋白；索氏抽提法测定粗脂肪；以三氧化二铬为指示物质，测定日本沼虾对饲料的总消化率。② 肝胰脏中  $\alpha$ -淀粉酶活力的测定是每组取 13 尾日本沼虾的肝胰脏，低温捣碎，高速冷冻离心(12000rpm, 10 分钟,  $-4^{\circ}\text{C}$ )，然后取上清液定容为粗酶液，按文献[1]的方法分析  $\alpha$ -淀粉酶活力。

## 结果与讨论

### 一、日本沼虾饲料蛋白质的最适需要量

从表 3 中可以看出，饲料中蛋白质含量的不同对日本沼虾生长有影响。以增重率为指标，求直线回归和抛物线回归方程，得日本沼虾的蛋白质适宜需要量范围，如图 1 所示。当饲料的蛋白质含量在 36.8% 以下时，虾体增重率随着饲料蛋白质含量的增加而近似直线上升，回归方程  $Y_1 = 0.6738x - 4.02996$  ( $r = 0.8160$ )。当饲料中蛋白质含量超过 36.8% 时，虾体增重率与饲料中蛋白质含量之间的关系近似抛物线，拟合方程为  $Y_2 = -0.02x^2 + 2.0848x - 28.87$  ( $r = 0.88$ )。根据这两曲线的交点，可得出日本沼虾对饲料蛋白质适宜含量的下限为 36.8%；由抛物线顶点为其最适蛋白含量的上限，即 52.12%。但是，从实际试验结果(表 3)来看，当饲料蛋白质含量为 42.27% 时，虾体增重率最大(38.67%)，饲料系数最低(2.19)。此时，再增加饲料蛋白质含量，虾体增重率反而降低。因此，日本沼虾对饲料蛋白质的适宜范围 36.8—42.27%。这一结论与罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*) 饲料最适蛋白质需求量为 35% 以上<sup>[6]</sup>是相类似的。

表 3 第一阶段试验结果表

Table 3 Results from the first stage test

组别	饲料蛋白质含量(%)	放养重量(克/尾)	起捕重量(克/尾)	增重(克/尾)	增重率(%)	消耗饲料总量(克)	饲料系数
1	6.93	1.52	1.88	-0.14	-9.21	24.4	/
2	15.88	1.46	1.54	0.08	5.48	25.6	12.76
3	22.49	1.56	1.70	0.14	8.97	29.0	8.27
4	26.84	1.52	1.64	0.12	7.89	15.6	5.21
5	30.35	1.48	1.69	0.21	14.19	19.4	5.69
6	37.17	1.66	2.05	0.39	23.49	21.7	2.23
7	42.27	1.50	2.08	0.58	38.67	31.8	2.19
8	44.85	1.47	1.96	0.49	33.33	30.0	2.45
9	52.68	1.55	1.97	0.42	27.10	26.2	2.49
10	60.60	1.80	2.06	0.46	25.75	30.1	2.62

饲料系数和饲料蛋白质含量的拟合方程为  $Y = 0.012x^2 - 0.99x + 25.04$  ( $r = 0.98$ ) 详见图 2。由此方程可以得到，当饲料蛋白质含量为 41.25% 时，饲料系数有极小值。当饲料蛋白质在 36.8% 以下范围内，饲料系数随着饲料蛋白质含量的增加而迅速下降；饲料蛋白质含量为 36.8—42.27% 时，曲线波动不大，饲料系数较低；当饲料蛋白质含量超过 42.27% 时，曲线又上升，饲料系数增高。

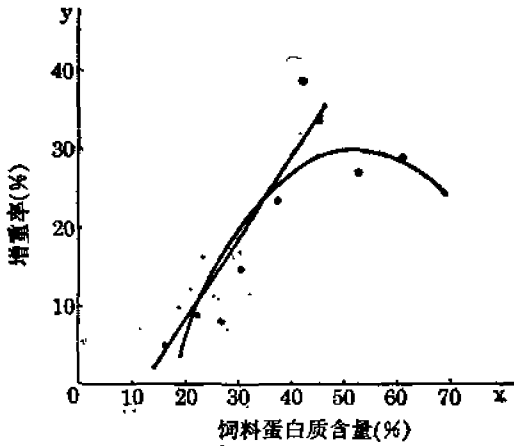


图1 第一阶段试验饲料蛋白质含量(x)与增重率(Y)的关系

Fig. 1 The relation between the diet protein content (x) and the weight gain percent (Y) during the first stage test.

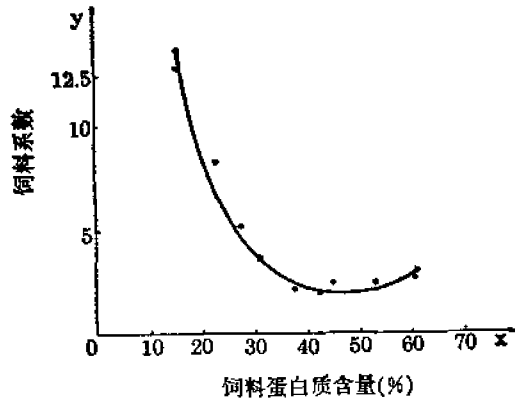


图2 饲料蛋白质含量(x)与饲料系数(Y)的关系

Fig. 2 The relation between the diet protein content(x) and food conversion (Y).

从以上两曲线方程的相关系数大小可以看出,图1 ( $r = 0.88$ )拟合性要比图2 ( $r = 0.98$ )差。因此由图1抛物线顶点作为饲料蛋白质适宜含量的上限,要比实际的高。为此,饲料蛋白质适宜含量范围定为36.8—42.27%是合理的。

## 二、饲料中最适脂肪含量

第二阶段试验结果表明,饲料蛋白质和碳水化合物含量在一定时,饲料中脂肪含量的变化影响了日本沼虾的增重率和饲料系数(见表2,4)。由表可见,当饲料蛋白质含量为41%时,五组虾的平均增重率最大,饲料系数最低(见图3)。从图中饲料脂肪含量与增重率的关系( $Y = 23.807x^{0.11798}$ )和饲料脂肪含量与饲料系数的关系( $Y = 3.013x^{-0.1560}$ )可以看出,饲料脂肪含量在0—6%范围内,随着饲料脂肪含量的升高,日本沼虾增重率显著上升,而饲料系数明显下降;脂肪含量在6—12%时,增重率和饲料系数变化都比较平稳,其中脂肪含量在9%,增重率达最大值,饲料系数最低;当饲料脂肪含量超过12%时,出现增

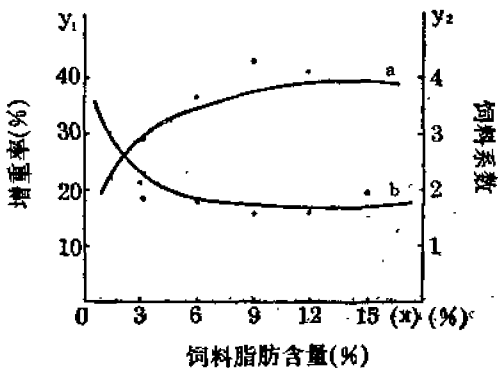


图3 饲料脂肪含量(x)与增重率( $Y_1$ )、饲料系数( $Y_2$ )的关系

Fig. 3 The relation among weight gain percent ( $Y_1$ ), food conversion ( $Y_2$ ) and diet fat content(x)

a 为增重率变化曲线;  
b 为饲料系数变化曲线。

重率下降,饲料系数上升的趋势。由此可以认为,日本沼虾饲料脂肪适宜含量为6—12%,最佳含量为9%。

### 三、C/P 值和增重率的关系

从表 2,4 可以看出,当饲料蛋白质含量为 41.03%,饲料总能量为 3303 千卡/千克饲料,C/P 值为 8.05 千卡/克蛋白时,虾体增重率最大(43.04%);第二阶段试验中 3、4、5 三组的饲料蛋白质含量为 37.62%(均值),平均 C/P 值为 9.57 千卡/克蛋白时,虾体增重率平均为 28.68%,说明饲料中增加一定量的能量物质,可以节约饲料蛋白质;而当饲料蛋白质为 47.20%,第 11—15 组的平均增重率仅为 30.09%,经济效益较差,生产上不合算。因此,我们认为,日本沼虾配合饲料蛋白质含量在适宜范围内(36.8—42.27%),能量蛋白比(C/P)为 8 千卡/克蛋白左右,每千克饲料的总能量为 3006—3561 千卡时,日本沼虾的增重率大,饲料系数低。

表 4 第二阶段试验结果表

Table 4 Results from the second stage test

组别	放养重量 (克/尾)	起捕重量 (克/尾)	增重 (克/尾)	增重率 (%)	消耗饲料 总量(克)	饲料系数	肝脏脏 $\alpha$ - 淀粉酶*	总消化率 (%)
1	1.98	2.33	0.35	17.68	90.1	3.44	815.6	68.10
2	2.00	2.39	0.39	19.50	30.7	3.15	801.5	73.60
3	1.86	2.39	0.53	28.49	29.7	2.24	796.4	72.61
4	1.69	2.18	0.49	28.99	26.2	2.14	785.5	73.05
5	1.75	2.25	0.50	28.57	28.0	2.24	768.5	70.14
6	1.66	2.15	0.49	29.52	26.7	2.18	794.2	72.14
7	1.58	2.15	0.57	36.08	26.0	1.83	773.3	68.98
8	1.65	2.36	0.71	43.03	28.0	1.58	761.6	77.71
9	1.80	2.54	0.74	41.11	30.3	1.64	743.4	72.87
10	1.89	2.51	0.62	32.80	30.8	1.99	789.0	70.36
11	1.63	2.10	0.47	28.83	26.1	2.22	765.4	70.4
12	1.62	2.14	0.52	32.10	26.3	2.02	741.6	69.98
13	1.74	2.34	0.60	34.48	28.7	1.91	723.6	72.50
14	1.77	2.32	0.55	31.07	28.6	2.08	694.5	69.06
15	1.75	2.17	0.42	24.00	26.3	2.61	654.2	70.14

\* 单位 =  $\frac{n \times O.D_{420} \text{ 读数}}{15 \times 1 \times 1/10}$  其中, n——粗酶液的总稀释倍数; 15——酶解时间; 1——反应酶液毫升数; 10——反应总体积。

### 四、饲料碳水化合物含量对日本沼虾生长的影响

在最适饲料蛋白质范围内,15 组配合饲料的总消化率没有多大差异,都在 70%左右(见表 4)。说明在最适饲料蛋白质范围内,饲料碳水化合物含量为 15—25%,对饲料总消化率影响不大。从第一阶段试验结果(见表 3)也可以看出,当饲料蛋白质含量为 42.27%,碳水化合物含量为 25%时,虾体增重率最大,达 38.67%(第 7 组)。

鱼类由于其食性的不同,利用糖源的能力也有较大差异。例如在不降低鱼体生长速度的前提下,饲料中糊精的最高含量,鳊鱼为 10%,真鲷为 20%,鲤鱼为 30%<sup>[9]</sup>。从我们

表5 饲料碳水化合物含量与 $\alpha$ -淀粉酶活力的关系Table 5 The relation between carbohydrate content in the diet and  $\alpha$ -amylase activities

饲料总能量*	2730—2860			3000—3060			3300—3370			3520—3570			3820—3890		
糊精(%)	25	20	15	25	20	15	25	20	15	25	20	15	25	20	15
$\alpha$ -淀粉酶活力**	815.6	794.2	765.4	801.5	773.3	741.6	796.4	761.6	723.6	785.5	743.4	694.5	768.5	789.0	654.2

\* 单位为千卡/千克饲料。

\*\* 与表4相同。

的试验结果来看(见表4),肝胰脏 $\alpha$ -淀粉酶活力在一定范围内随饲料碳水化合物含量的增加而呈现增高的趋势。因此,日本沼虾对糊精的利用率类似于鲤鱼。这与日本沼虾杂食性且略偏食动物性饵料<sup>[3]</sup>有关。众所周知,不同食性的水产动物消化道内淀粉酶活性有显著差异,导致饲料中碳水化合物的最佳量也因食性不同而有很大的差异。杂食性鲤鱼、日本沼虾消化道的淀粉酶活力较高,对淀粉的消化吸收率也高,因此对碳水化合物作为能源的利用率也较高<sup>[4]</sup>。由表5可以看出,当饲料总能量一定时,饲料碳水化合物含量越高,则 $\alpha$ -淀粉酶活力越强,这可以认为是日本沼虾对饲料碳水化合物含量变化的一种适应性反应。

## 结 论

1. 日本沼虾饲料最适蛋白质含量为36.8—42.27%。适宜脂肪含量为6—12%。
2. 在饲料适宜蛋白质、脂肪范围内,C/P值为8千卡/克蛋白左右,饲料总能量为3006—3561千卡/千克饲料时,日本沼虾的增重率大,饲料系数低。
3. 当饲料总能量一定时,日本沼虾肝胰脏 $\alpha$ -淀粉酶活力随着饲料碳水化合物含量的增加而提高。

## 参 考 文 献

- [1] 中山大学,1978.生物化学技术导论,57—62.人民教育出版社。
- [2] 长江水产研究所,1965.多才青虾的生物学及池塘养殖的研究.调查研究报告(第三十号),31—35。
- [3] 刘镜铭等,1986.鱼类对脂肪和糖类的需要.国外水产,(5):23—26。
- [4] 荻野珍吉(陈国铭 黄小秋译),1987.鱼类的营养和饲料,13—47.海洋出版社。
- [5] 戴祥庚等,1988.青鱼饲料最适能量蛋白比的研究.水产学报,12(1):35—41。
- [6] Balazs, G. I. et al., 1974. Effect of protein source and level on growth of the captive freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. Proc. World Maricult. Soc., 5, 1—4。
- [7] Janta, M. H. et al., 1986. Optimum ratio of dietary protein to energy for red tilapia (*Oreochromis mossambicus*). The Progressive Fish Culturist, 49(4): 233—237。
- [8] Garling, D. L., JR and R. P. Wilson, 1976. The optimum dietary protein to energy ratio for channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. J. Nutr., 106: 1368—1375。
- [9] Takeuchi, T. et al., 1979. Optimum ratio of energy to protein for carp. BJCSF, 45: 583—587。

**ON THE APPROPRIATE CONTENTS OF PROTEIN,  
FAT AND CALORIE-PROTEIN RATIO IN THE  
DIET FOR FRESHWATER SHRIMP  
(*MACROBRACHIUM NIPPONENSE*)**

Yu Bingru

(*Shanghai Fisheries University*)

Shen Hong

(*East China Environmental Monitoring Center, State Oceanic Administration, Shanghai*)

**ABSTRACT** The appropriate protein content, fat content and calorie-protein ratio in the diet for the freshwater shrimp have been studied. The experimental diets were composed of casein, dextrin, mixed oils, mixed vitamins and minerals. The shrimp used in the experiment were  $1.77 \pm 0.23$  grams in weight, and reared at the water temperature of 21 and 25°C. Taking the weight gain, food conversion and  $\alpha$ -amylase activities of liver-pancreas as evaluation indexes, the results of the experiment indicate that 36.8-42.27% protein content, 6-12% fat content about 8 Kcal/per gram protein calorie-protein ratio (C/P) and 3006-3561 Kcal/Kg in the formulated diet seems suitable. When the total calorie of the formulated diet is given a certain range, the  $\alpha$ -amylase activities of liver-pancreas are enhanced with the increase of carbohydrate content in the diet.

**KEYWORDS** *Macrobrachium nipponense*, formulated diet, optimum content of diet protein, optimum content of diet fat, calorie-protein ratio