

中国对虾配饵中蛋白质、糖、纤维素、脂肪的适宜含量及日需量研究

徐新章 李爱杰
(江西省水产科学研究所) (青岛海洋大学)

提要 本文应用正交设计法试验了中国对虾 (*Penaeus orientalis*) 配饵中蛋白质、糖、纤维素、脂肪的适宜含量及其日需量。体重为 2.87—3.44g 的幼虾,其配合饵料中各营养素的适宜含量为:粗蛋白 44%、粗脂肪 4%、糖 26%、粗纤维 4.5%。粗脂肪含量对蛋白质的利用有着明显的制约作用。在本试验条件下,每 kg 对虾日需蛋白质 25.96g、糖 15.34g、粗纤维 2.66g、粗脂肪 2.36g。日投饵率为虾体重的 5.9%,配饵总能为 $13.23 \times 10^6 \text{J/kg}$, c/p 为 71.8。

本研究应用正交设计法试验了中国对虾配饵中蛋白质、糖、纤维素、脂肪的适宜含量及其日需量。由于配饵中的蛋白质、糖、纤维素和脂肪在交互作用下将产生综合性的试验结果,比单因素梯度法的试验结果更适合中国对虾对营养需要的实际。因此,本研究结果对确定对虾配饵营养成分的标准和配方的研制具有一定的指导意义。

试验结果的分析指标为体重、体长生长比速、蛋白质效率 (PER)、体蛋白质增重率及饵料系数,并以体重、体长生长比速和饵料系数为主要分析指标。

一、材料与方 法

1. 试验虾 取自青岛海洋大学太平角海滨试验场,对虾体长 6.22—6.67cm,体重 2.87—3.44g。

2. 放养 将对虾放养于玻璃钢桶内,桶内放入比重 1.022 的海水 0.3m^3 ,每桶放虾 15 尾,室内充气饲养,试验期间海水温度 21—23℃。

3. 因素水平表 本试验选用 $L_9(3^4)$ 表,即四因素三水平,共九组,每组二平行。试验安排如表 1、2。

表 1 各营养素的因素及其水平设计
Tab. 1 Factors and their lever designs of nutritional components

因 素 水 平	蛋白质 (%)	糖 (%)	纤维素 (%)	脂肪 (%)
1	36	31	4.0	8
2	40	26	4.5	6
3	44	21	5.0	4

各组配饵以磷酸二氢钾调至钙磷比为 1:2,钙磷总量为 4.5%。

4. 饵料配制 根据 $L_9(3^4)$ 表配制出九组饵料。配饵原料为黄岛区对虾养殖场的鱼粉、虾糠、花生饼粉和市售杂合粉,前三种原料均过 40 目筛。原料成份分析:蛋白质采用凯氏定氮法,脂肪为无水乙醚索氏提取法,纤维素为酸碱消化重量法,灰分为马福炉 (600℃) 灼烧法,钙为 EDTA 容量法,磷为钼蓝法 (以 721 分光光度计测定) 进行分析,水分为 105℃ 烘至恒重。将各原料成份数据输入微机,按各饵料组的要求进行计算,不足的脂肪、纤维素和磷分别以市售花生油、纤维素粉和磷酸二氢钾补充,每组饵料中的 Ca/P 比控制为 1:2^[1],用 1% 的羧

表 2 各营养素的饵料组成
Tab. 2 Composition of nutritional diets

因素 试料号	蛋白质 (%)	糖 (%)	纤维素 (%)	脂肪 (%)
1	36	31	4.0	8
2	36	26	4.5	6
3	36	21	5.0	4
4	40	31	4.5	4
5	40	26	5.0	8
6	40	21	4.0	6
7	44	31	5.0	6
8	44	26	4.0	4
9	44	21	4.5	8

甲基纤维素作粘合剂。配饵中还添加了自配混合维生素。用绞肉机制成 $\phi 3\text{mm}$ 的颗粒饵料, 于 60°C 恒温箱中烘至含水分 10% 左右, 冷却后装入塑料袋扎紧备用。

5. 投饵与残饵量测定 每天投饵两次, 上午 8 时, 下午 4 时, 投饵量根据对虾摄食情况随时调整。在每次投饵前用虹吸管收集残饵, 同时排污换水, 换水 2/3。吸出的残饵用滤纸吸去表面水, 称重, 计算摄饵量。摄饵量的计算方法如下:

$$\text{摄饵量} = (\text{投饵量} - \text{残饵量} \times \text{饵料浸泡系数}) \times (1 - \text{浸泡前配饵水分})$$

饵料浸泡系数测定: 每组配饵根据投喂饵料的间隔时间测定两次, 即 8h, 16h 各测定一次。

$$\text{饵料浸泡系数} = \frac{\text{浸泡前饵料重量 (g)}}{\text{浸泡后饵料重量 (g)}}$$

6. 虾体蛋白质含量测定 放养前随机取样五尾, 于 105°C 恒温箱中烘干, 测定其蛋白质含量(干基), 并计算虾体蛋白质总量。试验结束时, 每组配饵(包括平行组)均随机取虾五尾, 同法测定蛋白质含量, 并计算虾体蛋白质总量。

7. 试验期 1987 年 9 月 10 日放虾, 9 月 11 日开始投喂, 10 月 1 日收虾, 共 20 天。

二、试验结果

1. 对虾体重、体长生长比速 试验结果列

入表 3。由表 3 可见, 在本试验条件下, 当配饵中粗蛋白含量为 44%、糖 26%、粗纤维 4.5%、粗脂肪 4% 时, 对虾的增重增长都达到最大值。20 天可增重 2.03g/尾、增长 1.53cm/尾。

对虾体重、体长生长比速的计算方法分别为:

$$\text{体重生长比速} = [(G_t - G_0)/t] \times 100$$

$$\text{体长生长比速} = [(L_t - L_0)/t] \times 100$$

式中 G_t 为试验结束时体重 (g)

G_0 为试验开始时体重 (g)

L_t 为试验结束时体长 (cm)

L_0 为试验开始时体长 (cm)

t 为试验天数

试验结果用直观法进行指标分析, 分析结果见表 4、表 5。

从表 4、表 5 可以看出, 影响对虾体重、体长生长的因素主次顺序是相同的。第一限制因素是脂肪, 其次是蛋白质, 再次是糖类, 纤维素的影响最小。其极差值相差不大, 处于无关紧要的地位。

2. 蛋白质效率 (PER) 蛋白质效率的计算方法是 [体重增加量 (g)/蛋白质摄取量 (g)] $\times 100$ 。

蛋白质效率标志着对虾摄食的蛋白质在体内转化程度的好坏, 高者转化的好, 低者转化的差。试验结果表明: 36% 蛋白质组的蛋白质效率最高, 44% 组次之, 40% 组最差, 在蛋白质效率中未见有规律性的变化。影响蛋白质效率的第一限制因子仍为脂肪 (见表 6)。纤维素在蛋白质效率中有一定的作用, 能促进蛋白质的消化吸收, 而糖的影响却处在最次要的地位上。纤维素和糖的含量仍保持在第二水平, 脂肪作为第一限制因子仍保持在第三水平上。

3. 虾体蛋白质增重率 虾体蛋白质增重率是试验结束时虾体蛋白质总量与试验前虾体蛋白质总量之差所占试验前虾体蛋白质总量的百分数, 以此作为评定指标。其计算方法为 $[(P_t - P_0)/P_0] \times 100$ 。由试验结果可见, 虾体蛋白质增重率与饵料中蛋白质含量有着密切的关系,

表 3 饲养实验结果

Tab. 3 Results of feeding experiments

试 号	内 容	试验前(平均值)				试验后(平均值)				平均增长 cm/尾	平均增重 g/尾
		总长 cm	均长 cm/尾	总重 g	均重 g/尾	总长 cm	均长 cm/尾	总重 g	均重 g/尾		
1		93.25	6.22	43.15	2.87	108.95	7.26	54.30	3.62	1.04	0.75
2		95.10	6.34	44.70	2.98	114.35	7.62	65.00	4.33	1.28	1.35
3		94.10	6.27	43.50	2.90	114.20	7.61	64.00	4.33	1.34	1.43
4		94.45	6.29	44.00	2.93	112.45	7.50	65.00	4.33	1.21	1.40
5		95.35	6.35	44.90	2.99	111.95	7.46	59.30	3.95	1.11	0.96
6		100.10	6.67	50.60	3.37	114.20	7.61	65.00	4.33	0.94	0.96
7		100.05	6.67	51.70	3.44	116.60	7.77	70.25	4.08	1.10	1.24
8		98.15	6.54	48.00	3.20	121.00	8.07	78.50	5.23	1.53	2.03
9		96.70	6.44	45.00	3.00	114.85	7.66	64.30	4.29	1.22	1.29

表 4 饵料营养素及其水平对中国
对虾体重生长比速的影响Tab. 4 Effect of dietary nutritional components and their levels on specific gravity growth rate of *Penaeus orientalis*

因素*	A	B	C	D	试验结果 (%)
试料号					
1	1	1	1	1	3.75
2	1	2	2	2	6.75
3	1	3	3	3	7.15
4	2	1	2	3	7.00
5	2	2	3	1	4.80
6	2	3	1	2	4.80
7	3	1	3	2	6.20
8	3	2	1	1	10.15
9	3	3	2	3	6.45
指标值	1	5.88	5.65	6.23	5.00
为各水平	2	5.53	7.23	6.73	5.92
平均值	3	7.60	6.13	6.05	8.10
极差		2.07	1.58	0.68	3.10
优水平		A ₃	B ₂	C ₂	D ₃
因素主次 顺序	D ₃ , A ₃ , B ₂ , C ₂				

* A, B, C, D 分别代表蛋白质、糖、纤维素与脂肪, 其右下角的阿拉伯数字表示水平数 (表 5, 6, 7, 9, 10 同此)。

表 5 饵料营养素及其水平对中国对虾体长
生长比速的影响Tab. 5 Effect of dietary nutritional components and their levels on specific length growth rate of *Penaeus orientalis*

因素	A	B	C	D
水平				
指标值	1	6.10	5.58	5.85
为各水平	2	5.43	6.53	6.18
平均值	3	6.42	5.83	5.92
极差		0.99	0.95	0.33
优水平		A ₃	B ₂	C ₂
因素主次 顺序	D ₃ , A ₃ , B ₂ , C ₂			

蛋白质含量低者, 体蛋白增重率低。反之, 蛋白质含量高者, 体蛋白质增重率高, 并有规律性上升趋势。36% 蛋白质含量组, 体蛋白质增重率最低, 44% 含量组增重率最高 (见表 7)。体蛋白质增重率的各因素优水平与体重体长比速相同, 只是脂肪以第二限制因子出现, 糖和纤维素以第三、第四限制因子影响到体蛋白质增重率。

4. 饵料系数 饵料系数的计算是以总投饵量减去残饵量作为摄食量, 以摄食量除以虾体增重量即为该饵料的饵料系数。试验结果如表 8。

表6 饵料营养素及其水平对蛋白质效率的影响

Tab. 6 Effect of dietary nutritional components and their levels on PER

因素	A	B	C	D
水平				
指标值为1	99.33	84.00	81.33	75.00
各水平平均值为2	76.33	98.67	102.67	82.00
均值为3	92.00	85.00	83.67	110.67
极差	23.00	14.67	21.34	35.67
优水平	A ₁	B ₂	C ₂	D ₃
因素主次顺序	D ₃ , A ₁ , C ₂ , B ₂			

表7 饵料营养素及其水平对虾体蛋白质增重率的影响

Tab. 7 Effect of dietary nutritional components and their levels on protein gain ratio of prawn body

因素	A	B	C	D
水平				
指标值为1	44.60	60.20	60.51	50.28
各水平平均值为2	44.93	67.44	61.87	59.37
均值为3	91.90	53.79	59.06	71.79
极差	47.30	13.65	2.81	21.51
优水平	A ₃	B ₂	C ₂	D ₃
因素主次顺序	A ₃ , D ₃ , B ₂ , C ₂			

通过饵料系数的指标分析可以看出,影响饵料系数的第一限制因素仍为脂肪(第3水平),第二限制因素为纤维素(第2水平),第三限制因素为蛋白质(第3水平),最次要的影响因素为糖(第2水平)。从指标分析看,其结果与体重生长比速的影响水平相同,见表9。

5. 中国对虾对配饵的日需量 通过对各种因素不同水平的比较和确定最佳配方后,便可计算每 kg 对虾对配饵中各营养素的日需量。通过计算,每 kg 对虾日需粗蛋白 25.96 g、糖 15.34g、粗纤维 2.66g、粗脂肪 2.36g。日投饵率为虾体重的 5.9% 就可以满足中国对虾对蛋

表8 对虾摄饵量、虾体增重及饵料系数

Tab. 8 Feeding quantity, gravity gain of whole body and feed conversion

项目	残饵量	投饵量	摄饵量	虾体增重	饵料系数
试料号	(g)	(g)	(g)	(g)	
1	28.17	71.50	43.33	11.20	3.87
2	22.68	71.50	48.82	20.30	2.40
3	19.27	72.75	53.48	20.50	2.60
4	21.95	71.50	49.55	21.00	2.36
5	17.25	71.50	54.25	14.40	3.77
6	9.83	72.50	62.67	14.40	4.35
7	14.47	71.50	57.03	18.50	3.08
8	13.35	73.50	60.15	30.50	1.97
9	20.60	71.50	50.90	19.30	2.64

表9 饵料营养素及其水平对饵料系数的影响

Tab. 9 Effect of dietary nutritional components and their levels on feed conversion

因素	A	B	C	D
水平				
指标值为1	2.96	3.11	3.40	3.43
为各水平平均值为2	3.49	2.71	2.47	3.28
均值为3	2.57	3.20	3.16	2.31
极差	0.92	0.49	0.93	1.12
优水平	A ₃	B ₂	C ₂	D ₃
因素主次顺序	D ₃ , C ₂ , A ₃ , B ₂			

白质、糖、纤维素、脂肪的日需量。按蛋白质、糖、脂肪的热能分别为 4, 4, 9 计算, 对虾配饵的总能为 $13.23 \times 10^6 \text{J/kg}$, 其能蛋比 (C/P) 为 71.8。

三、讨论与结论

1. 本试验对对虾配饵主要指标进行了方差分析,以验证直观分析法的正确与否,方差分析结果列入表 10。方差分析结果极为显著,而且与各分析指标的因素主次顺序完全相符,表明直观分析法所求得各因素的优水平及因素主次顺序完全正确。反映了本试验的真实性。同时可以看出,实测 F 值与临界 F 值相差极大,说

明试验误差极小,所得分析结果可靠。

2. 众所周知,动物体的生长主要依赖于蛋白质,它是构成动物机体的主要成份,然而本试验结果表明,适宜的蛋白质含量是在脂肪(4%)、糖(26%)共同作用下体现出其适宜性,改变脂肪或糖的含量,蛋白质的适宜含量也会改变。本试验第7—9三组饵料,其蛋白质含量均为44%而7,9两组饵料对虾体的增长远不如第8号饵料,其原因就是第7,9两组饵料的脂肪含量分别为6%和8%,糖分别为31%和21%,影响了对虾的生长。这两组对虾的体重生长比速分别为6.2%和6.45%,比第8组的10.15%大为逊色。第3,4号饵料,其蛋白质含量分别为36%,40%,糖分别为21%和31%,它们的脂肪含量均为4%,然而第3组低蛋白组(36%)的生长比速(7.15%)比第4组(蛋白质

糖26%、粗纤维4%(略低于优水平4.5%)、脂肪4%。从体重生长比速看,除纤维素略低外,其他因素的水平值均为本试验结果的优水平,尽管纤维素略低于优水平,但它是影响体重生长比速最次要的因素。在饵料系数分析指标中,纤维素尽管为第二限制因素,但它的分析指标只比蛋白质的分析指标多0.01,因此也可将蛋白质视作第二限制因素。就体重生长比速、体长生长比速、虾体蛋白质增重率方面,其指标值分别为10.15%、7.65%、110.21%,无疑都是最高的。在饵料系数指标中,第8号饵料系数最低,仅为1.97。综合各水平指标,可以认为,第8号饵料配方是本试验条件下的最佳配方。

蛋白质的最适含量,各研究工作者所得结论多有不同。天津农学院¹⁾认为配饵中的蛋白质含量以31.8%为适宜。梁亚全等²⁾实验指出:对虾体重为0.14—0.9g时,配饵中蛋白质含量在27.1—42.8%(中值为35.5%)范围内能促进稚虾良好生长;当虾体重为0.89—2.86g时,饵料蛋白质含量为35.3—51.6%(中值为43.5%)增重率较高;当虾体重为1.7—10.85g时,饵料蛋白含量为40.4—61.1%(中值为50.8%)较为适宜。弟子丸修等³⁾研究日本对虾报道,以体重和饵料效率作为指标,配饵中蛋白质含量以52—57%为最好。本试验结果与上述所得结论不同,而和作者⁴⁾以蛋白质作为单项因素所做的试验结果相同,有重复性,因而试验结果是可信的。

对虾对脂肪的利用能力不高,脂肪在配饵中的含量较低,仲维仁等³⁾认为以3%为宜;徐明启⁴⁾实验认为在配饵中加入8%的豆油对虾的增重率最高,他们的试验皆为单因素试验。本实验以多因素观察其综合效果,结果以4%为最佳,接近于仲维仁等的试验结果。脂肪含量

表 10 方差分析结果

Tab. 10 Results of the analysis of variance

因素 F 值	分析指标	体重生长 比速	体长生长 比速	饵料系数
A		1.8×10^9	3.7×10^8	3.2×10^9
B		9.8×10^8	3.6×10^8	9.9×10^8
C		1.8×10^8	4.6×10^7	3.4×10^9
D		3.8×10^9	7.5×10^8	5.5×10^9
临界值 $\lambda = 0.01$		4.46	4.46	4.46
显著性		**	**	**

含量为40%)的生长比速(7.0%)还高,而这二组的生长比速均比高蛋白质含量(44%)的第7,9二组高,反而变成了低蛋白含量组的生长比速高于高蛋白质含量组。这充分说明了配饵中脂肪含量对蛋白质的吸收利用所带来的影响是不可低估的。在研制配饵时,必须考虑脂肪和糖的含量对蛋白质的吸收利用所带来的影响。如果不考虑其他营养成分的影响来阐述蛋白质的适宜含量往往是不恰当的。

3. 第8号饵料的营养成分为蛋白质44%、

1) 天津农学院水产系对虾饵料组,1985。对虾人工配合饵料的研究。

2) 梁亚全、季文娟,1986。对虾不同发育阶段对饵料蛋白质的需要量。海洋水产研究。

3) 仲维仁等,1985。对虾配合饵料配方及有关问题。

4) 徐明启,1985。配饵中类脂质对虾生长的影响。

高于4%,则增长效果下降。碳水化合物为对虾的重要能源,有节省蛋白质的作用,在配饵中的适宜含量,梁亚全等¹⁾指出,20%的糊精对对虾具有良好的增重率;仲维仁等²⁾认为对虾对碳水化合物的需要量在20—30%之间。本试验以26%为最适含量,高于或低于26%,对虾皆生长不好。以上各数据可作为制定对虾配饵主要营养成分标准的参考。

4. 本实验的最佳饵料配方中的蛋白质含量为44%,是本实验中的高限水平;脂肪含量的优水平为4%,为本实验的低限水平。当蛋白

质高于44%,脂肪含量低于4%时,其喂虾效果是否更好,有待于进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 李爱杰、黄宝潮、楼伟风等, 1986。饵料中钙磷含量及比值对东方对虾生长的影响。山东海洋学院学报 16(4): 10—17。
- [2] 李爱杰、宋学君、楼伟风, 1986。不同蛋白质含量对中国对虾生长的影响。齐鲁渔业 3: 19—22。
- [3] Deshimaru, O. and Y. Yone, 1978. Optimum level of dietary protein for prawn. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 44(12): 1395—1397.

STUDIES ON THE DAILY REQUIREMENTS AND OPTIMUM CONTENTS OF PROTEIN, CARBOHYDRATE, FIBER AND FAT IN THE COMPOUND DIET OF *PENAEUS ORIENTALIS*

Xu Xinzhang

(Jiangxi Province Fisheries Institute)

Li Aijie

(Ocean University of Qingdao)

Abstract

1. Method of orthogonal design was employed in the experiments in which orthogonal table $L_9(3^4)$ was designated. The experimental results indicated that the optimum contents of various nutrition in the compound diet of the body weight of *Penaeus orientalis* averaged 2.87—3.44g were found to be: crude fat 4.0%, protein 44%, Carbohydrate 26%, crude fiber 4.5%, Calcium and Phosphorus together 4.5%, Ca/P ratio was 1:2.

Crude fat content obviously had restrictive effect on the transformation of protein. Next, Carbohydrate content also had certain effect on the transformation of protein. Crude fiber had small effect.

2. Under this experimental condition, the daily requirements of the nutritional composition of diet per kg *Penaeus orientalis* were found to be: protein 25.96g, Carbohydrate 15.34g, crude fiber 2.66g, crude fat 2.36g. The daily feeding efficiency was 5.9% of the body weight of *Penaeus orientalis*. Heat energy of the compound diet was $13.23 \times 10^6 \text{J/kg}$. c/p was 71.8.

1) 梁亚全、徐明启, 1984。对虾的糖类需要。