

中华绒螯蟹配合饲料中蛋白质、脂肪、纤维素的适宜含量*

钱国英 朱秋华

(浙江万里学院, 宁波 315101)

摘 要 试验采用正交 $L_{18}(3^7)$ 表, 用酪蛋白、结晶纤维素、鱼油分别作为蛋白源、纤维素源和脂肪源, 制成含蛋白质 36%、40%、44%, 脂肪 4%、6%、8%, 纤维素 3%、5%、7% 的试验饲料, 在水族箱中对体重 19~25 g 的中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*) 配合饲料中蛋白质、脂肪、纤维素的适宜含量进行研究。结果表明, 配合饲料中含 40%~44% 蛋白质、4%~6% 脂肪、3% 纤维素具有显著的促增重效果, 高的生长比率, 良好的饲料系数和蛋白质效率($P<0.01$), 交互作用极显著($P<0.01$); 5% 和 7% 纤维素都显著地降低了生长比率、蛋白质效率、蛋白质表观消化率, 使饲料系数极显著升高($P<0.01$)。

关键词 中华绒螯蟹, 配合饲料, 蛋白质, 脂肪, 纤维素, 含量

蛋白质、脂肪、纤维素是动物的主要营养物质。其需求量的研究, 是确定营养标准的基础。关于中华绒螯蟹对营养需求方面的报道还很少, 现有的资料主要是对幼体阶段考虑单一营养物作用的结果^[1,2]。本试验用正交设计法考虑营养物质间的交互作用, 研究了中华绒螯蟹配合饲料中蛋白质、脂肪、纤维素的适宜含量, 旨在全面、实际地反映中华绒螯蟹对蛋白质、脂肪、纤维素的营养需要及各营养素之间的相互关系, 为营养标准的确立和饲料配方的研制提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验蟹

取自浙江上虞海涂养殖场, 体重 19~25 g。将蟹随机分成 18 组, 每组 20 只, 分别置于 18 只水族箱中。连续充气增氧, 每天排污 1 次, 换水 1/3。适应期 1 周, 正试期 20 d。试验期间水温 22~25℃。

1.2 试验设计

选用 $L_{18}(3^7)$ 表安排试验, 表头设计及因素与水平见表 1 和表 2。

1.3 饲料配制及投喂

以酪蛋白、结晶纤维素、鱼油为原料, 按表 3 配合成 18 种试验饲料。各组饲料添加 1% 自配混合维生素和 4% 混合矿物质^[3], 另加 1% Cr_2O_3 , 不足份额由糊精填充。用绞肉机制成 $\phi 3.5\text{ mm} \times 6\text{ mm}$ 的颗粒饲料, 60℃ 恒温干燥至恒重, 密封冷却后冷藏备用。

表 1 表头设计

Table 1 Test design

列号 number	1	2	3	4	5	6	7
因素 factor	蛋白质(A) protein	脂肪(B) lipid	A×B A×B	空列 empty	纤维素(C) fiber	A×C A×C	空列 empty

表 2 各营养素的水平

Table 2 Nutritional component levels

水平 level	蛋白质 protein	脂肪 lipid	纤维素 fiber	%
1	36	4	3	
2	40	6	5	
3	44	8	7	

日投饲 2 次, 上午 9 时, 下午 4 时。投饲量视蟹摄食情况随时调整。投饲 2 h 后, 用虹吸管收集残料。用滤纸吸去表面水, 60℃ 恒温干燥至恒重。计算摄食量。

1.4 测定指标及方法

收稿日期: 1998-12-07

* 浙江省教委资助项目(981193)

蛋白质测定采用半微量凯氏定氮法^[4]; 总能采用 (PAD):Cr₂O₃ 间接测定法^[4]。
绝热式弹式测热器测定燃烧热^[4]; 蛋白质表观消化率

表 3 试验饲料的组成

Table 3 Composition of experimental diets

试验号 number	酪蛋白 casein	结晶纤维素 cellulose	鱼油 fish oil	糊精 dextrin	蛋白质含量 protein	能量/(kJ·kg ⁻¹) gross energy	能量蛋白比 energy/protein ratio
1	39.30	3	4	47.70	35.96	17 462	48.56
2	39.30	5	6	43.70	36.03	17 730	49.20
3	39.30	7	8	39.70	35.98	18 014	50.07
4	43.67	5	4	41.33	39.99	17 465	43.67
5	43.67	7	6	37.33	40.03	17 758	44.31
6	43.67	3	8	39.33	40.08	18 076	45.16
7	48.03	7	4	34.97	44.01	17 494	39.75
8	48.03	3	6	36.97	44.05	17 812	40.44
9	48.03	5	8	32.97	44.01	18 104	41.14
10	39.30	5	4	45.70	36.01	17 429	48.40
11	39.30	7	6	41.70	36.05	17 722	49.16
12	39.30	3	8	43.70	36.03	18 040	50.07
13	43.67	3	4	43.33	40.02	17 474	43.66
14	43.67	5	6	39.33	39.95	17 767	44.47
15	43.67	7	8	35.33	39.95	18 060	45.21
16	48.03	7	4	34.97	44.00	17 493	39.76
17	48.03	3	6	36.97	43.91	17 810	40.56
18	48.03	5	8	32.97	43.96	18 105	41.18

表 4 饲养试验结果

Table 4 Results of feeding experiment

试验号 number	试验始均重/g initial mean weight	试验末均重/g final mean weight	总增重/g weight gain	平均增重/g average weight gain	摄食量/g feeding quantity	生长比率 SGR	蛋白质效率 PER	饲料系数 FCR	蛋白质表观 消化率/% PAD
1	21.35	29.90	171.0	8.55	365.0	1.68	1.41	2.08	96.2
2	21.34	29.30	159.2	7.96	367.8	1.59	1.20	2.31	95.1
3	20.56	28.09	151.6	7.53	368.4	1.56	1.14	2.43	90.8
4	23.17	32.51	186.8	9.34	326.9	1.69	1.43	1.75	93.6
5	22.22	30.29	161.4	8.07	374.4	1.55	1.08	2.32	92.6
6	23.96	32.77	176.2	8.81	361.2	1.57	1.22	2.05	95.7
7	21.74	29.99	165.0	8.25	359.7	1.61	1.04	2.18	91.3
8	20.53	30.68	197.0	9.85	332.9	1.96	1.33	1.69	96.3
9	21.69	30.47	175.6	8.78	361.7	1.70	1.10	2.06	94.2
10	24.01	32.16	163.0	8.15	373.3	1.46	1.21	2.29	93.5
11	21.98	29.72	154.8	7.74	373.1	1.51	1.15	2.41	92.9
12	21.76	29.95	163.8	8.19	362.0	1.58	1.26	2.21	95.1
13	23.21	33.08	197.4	9.87	321.8	1.77	1.53	1.63	96.9
14	21.65	39.35	184.0	9.20	318.3	1.77	1.45	1.73	91.8
15	22.09	29.97	157.6	7.88	378.2	1.53	1.04	2.40	90.5
16	21.86	30.39	170.6	8.53	363.4	1.65	1.07	2.13	89.7
17	23.57	33.59	200.4	10.02	322.6	1.77	1.41	1.61	95.3
18	21.87	31.04	183.4	9.17	337.5	1.75	1.24	1.84	93.5

体重生长比率(SGR) = $100(\ln W_t - \ln W_0)/t$

式中: W_t - 试验结束时平均体重;

W_0 - 试验开始时平均体重;

t - 试验天数。

蛋白质效率(PER) = 体重增加量/蛋白质摄入量

饲料系数(FCR) = 饲料摄入量/体重增加量

能量蛋白比 = 1 kg 饲料中所含总能(kJ)/1kg 饲料中粗蛋白质含量(kg)

多重比较采用最小显著差数法(LSD)法^[5]。

2 结果

饲养试验的基础测定值见表4。各组的成活率均为100%。

2.1 不同营养水平对蟹增重和生长比率的影响

对蟹增重的方差分析($F_{0.05}(2, 17) = 3.59$ $F_{0.01}(2, 17) = 6.61$)。结果表明,蛋白质、脂肪、纤维素3个水平之间的差异极显著($P < 0.01$);蛋白质与脂肪和纤维素的交互作用也极显著($P < 0.01$)。

将3个水平的增重平均数进行多重比较(表5),结果表明,蛋白质3个水平之间都差异显著,44%的蛋白质的增重效果显著地高于其它2个水平;4%和6

%脂肪的增重效果也极显著地好于8%的脂肪($P < 0.01$);纤维素3个水平之间增重效果的差异也极显著($P < 0.01$),纤维素含量越低效果越好。

由表6可以看出,最优组合为 A_3B_2 , A_2C_1 和 A_3C_1 ,其平均数显著高于其余处理组合的平均数。

表5 各营养水平的增重效果比较(LSD法)

Table 5 Comparison of weight gain between nutrient levels

因素 factor	1,2 水平差数 difference between levels 1, 2	2,3 水平差数 difference between levels 2, 3	1,3 水平差数 difference between levels 1, 3
蛋白质 protein	0.84**	0.24**	1.08**
脂肪 lipid	0.03	0.42**	0.39**
纤维素 fiber	0.45**	0.77**	1.21**

注: $LSD_{0.05} = 0.1885$ $LSD_{0.01} = 0.2854$

*表示差异显著($P < 0.05$)。Significant difference. **表示差异极显著($P < 0.01$)。Extremely significant difference. (下同 the same below.)

表6 各处理组合增重平均数间的比较

Table 6 The comparison of mean weight gain between treatment groups

组合 group	均值 mean weight gain	差数 difference							
		A_1B_2	A_1B_3	A_2B_3	A_1B_1	A_3B_1	A_2B_2	A_3B_3	A_2B_1
A_3B_2	9.94	2.09**	2.08**	1.60**	1.59**	1.55**	1.30**	0.96**	0.33**
A_2B_1	9.61	1.76**	1.75**	1.27**	1.26**	1.22**	0.97**	0.63**	
A_3B_3	8.98	1.13**	1.12**	0.64**	0.63**	0.59**	0.34**		
A_2B_2	8.64	0.79**	0.78**	0.30*	0.29*	0.25			
A_3B_1	8.39	0.54**	0.53**	0.05	0.04				
A_1B_1	8.35	0.50**	0.49**	0.04					
A_2B_3	8.34	0.49**	0.48**						
A_1B_3	7.86	0.01							
A_1B_2	7.85								
		A_1C_3	A_2C_3	A_3C_2	A_1C_1	A_3C_3	A_3C_2	A_2C_2	A_2C_1
A_3C_1	9.34	1.70**	1.36**	1.28**	0.97**	0.95**	0.36**	0.07	0
A_2C_1	9.34	1.70**	1.36**	1.28**	0.97**	0.95**	0.36**	0.07	
A_2C_2	9.27	1.63**	1.29**	1.21**	0.90**	0.88**	0.29*		
A_3C_2	8.98	1.34**	1.00**	0.92**	0.61**	0.59**			
A_3C_3	8.39	0.75**	0.41**	0.33*	0.02				
A_1C_1	8.37	0.73**	0.39**	0.31*					
A_1C_2	8.06	0.42**	0.08						
A_2C_3	7.98	0.34*							
A_1C_3	7.64								

注: $LSD_{0.05} = 0.2666$ $LSD_{0.01} = 0.4038$

表7 各营养水平的生长比率比较(LSD法)

Table 7 Comparison of SGR between nutrient levels

因素 factor	1,2 水平差数 difference between levels 1, 2	2,3 水平差数 difference between levels 2, 3	1,3 水平差数 difference between levels 1, 3
蛋白质 protein	0.09	0.09	0.18**
纤维素 fiber	0.06	0.09	0.15**

$LSD_{0.05} = 0.0979$ $LSD_{0.01} = 0.1483$

综合表5和表6的分析结果,饲料中蛋白质含量为40%~44%,脂肪为6%,纤维素为3%时,中华绒螯蟹获最大的增重效果。

对生长比率进行的方差分析($F_{0.05}(2, 17) = 3.59$ $F_{0.01}(2, 17) = 6.61$)结果表明,不同的蛋白质和纤维素水平对SGR的影响差异极显著($P < 0.01$),其差异主要存在于1,3水平之间(表7),即44%的蛋白质

和3%的纤维素比36%的蛋白质和7%的纤维素能获得显著增大的SGR($P < 0.01$)。

2.2 不同营养水平对蛋白质效率、饲料系数和蛋白质表现消化率的影响

对不同营养水平的PER、FCR和PAD方差分析($F_{0.05}(2, 17) = 3.59$ $F_{0.01}(2, 17) = 6.61$)结果表明,蛋白质和纤维素的3个水平之间对该3项指标的影响都极显著($P < 0.01$);脂肪的3个水平只对PER的影响极显著($P < 0.01$),而对FCR和PAD影响不显著($P > 0.05$);蛋白质与脂肪和纤维素的交互作用对PER和FCR的影响极显著($P < 0.01$),对PAD也有显著影响。

分别将各因素3个水平的平均数进行多重比较(表8),结果表明,40%蛋白质的PER极显著高于其它2个水平;4%和6%脂肪的PER极显著地高于8%水平;3%纤维素的PER也极显著地高于5%和7%水平($P < 0.01$)。在FCR方面,44%蛋白质水平极显著地低于36%和40%水平;3%纤维素也显著地低于5%和7%水平($P < 0.01$)。

表8 各因素3个水平间蛋白质效率、饲料系数和表现消化率的多重比较(LSD法)

Table 8 Comparison of PER, FCR and PAD between nutrient levels (LSD)

指标 index	因素 factor	1,2 水平差数 difference between levels 1, 2	2,3 水平差数 difference between levels 2, 3	1,3 水平差数 difference between levels 1, 3
PER	蛋白质 protein	0.06**	0.09**	0.03**
	脂肪 lipid	0.01	0.10**	0.11**
	纤维素 fiber	0.09**	0.17**	0.26**
FCR	蛋白质 protein	0.29**	0.06**	0.35**
	纤维素 fiber	0.14**	0.31**	0.47**
PAD	纤维素 fiber	2.38**	2.32**	4.70**

注:PER $LS_{0.05} = 0.0179$ $LS_{0.01} = 0.0271$; FCR $LS_{0.05} = 0.1139$ $LS_{0.01} = 0.1724$; PAD $LS_{0.05} = 0.7444$ $LS_{0.01} = 1.1277$

3 讨论

3.1 中华绒螯蟹对饲料蛋白质的适宜含量

从饲料蛋白质水平变化对蟹体增重效果、生长比率和饲料系数等几项指标的影响来看,蛋白质水平44%时增重效果好,生长比率高,饲料系数低,3个水平间差异极显著($P < 0.01$)。但考虑到蛋白质水平在40%时PER为最好,44%时PER反而呈下降趋势,加之40%和44%的蛋白质水平与6%脂肪、3%的纤维素均有较好的交互作用,故中华绒螯蟹饲料中蛋白质水平建议为40%~44%为宜。这一结果与韩小莲

等^[1]以贻贝、糠虾、乌贼、玉米蛋白粉、黄豆粉为主要蛋白源,对大眼幼体至Ⅱ期幼蟹阶段试验的适宜蛋白质含量为45%的结果和陈立侨等^[2]用酪蛋白、明胶和酵母粉为蛋白源,对6~10g的河蟹蟹种试验的适宜蛋白质含量为40%的结果相符。

3.2 中华绒螯蟹对饲料中脂肪的适宜含量

饲料中的脂肪是良好的能源物质,适当添加不仅可有效地促生长,还可起到节约蛋白质的作用。本试验的脂肪水平从4%、6%向8%递增时,对蟹体增重和蛋白质效率的影响具有显著的差异,其中8%脂肪水平的增重效果与蛋白质效率显著较差($P < 0.01$);同时6%的脂肪与40%~44%蛋白质和3%纤维素具有显著的促生长的交互作用。这个现象可解释为,当饲料中可消化能较低时,添加油脂可节约饲料蛋白质,但这种作用仅限于把蛋白质的分解功能降低到最低限度,无法替代蛋白质的其它功能。如果饲料中可利用能已满足蟹的需求,过多地加入脂肪会对蟹的生长带来负作用。本试验饲料的总能在17429~18105 kJ/kg范围内,能值较高,其能量蛋白比与蟹体增重之间呈显著的负相关关系($r = -0.6307$, $P < 0.01$)。

这一结果从另一侧面证明了前面的解释。陈立侨^[2]也发现,不适宜的非蛋白能量的高蛋白饲料会抑制蟹的快速生长。Danna^[6]对蟹生长的研究也有类似的结果。因此,本研究推荐中华绒螯蟹饲料中脂肪的适宜含量为4%~6%,这与刘学军^[7]用人工配合饲料养殖河蟹的高产试验中的5.2%的结果相近。

3.3 中华绒螯蟹对饲料中纤维素的适宜含量

中华绒螯蟹是杂食性的甲壳动物^[8,9],尽管不能或极少利用纤维素,但饲料中适量的纤维素对维持正常的消化功能是必需的,有助于消化道的蠕动和消化酶的分泌,有助于饲料中蛋白质等营养物质的消化吸收。但添加量过高,则效果适得其反。本试验表明,饲料中的纤维素水平为3%时,中华绒螯蟹的增重、SGR、PER、PAD最佳,FCR最低,且与蛋白质、脂肪呈最佳的交互作用。随着配合饲料中纤维素含量的增加,不但显著地影响了蟹对蛋白质的消化率和饲料效率,而且使蛋白质的利用率也显著下降($P < 0.01$),从而影响了蟹的增重和生长比率($P < 0.01$)。从极差的大小分析蛋白质、脂肪、纤维素对蟹增重、PER、FCR、PAD几项指标影响的主次(见表5、表8中1,3水平差数),纤维素也是主要影响因素。从这些结果看,中华绒螯蟹配合饲料中的纤维素含量不宜超过3%。

参 考 文 献

- 1 韩小莲,赵春龙,张志恩.河蟹幼体配合饲料的研究.河北渔业,1991(1):12~14
- 2 陈立桥,堵南山,赖伟.中华绒螯蟹配饵中适宜能量蛋白比的研究.首届全国水产学术研讨会论文集.上海:同济大学出版社,1995.8~14
- 3 钱国英.沼虾饲料中添加贻贝油的促生长作用.浙江工业大学学报,1995,3:113~116
- 4 北京农业大学.家畜饲养学实验指导.北京:农业出版社,1979
- 5 高山林.生物统计学.北京:农业出版社,1994
- 6 Danna M H. Optimum ratio of dietary to energy for red crayfish (*Procambarus clarkii*). The Progressive Fish Culturist, 1986, 48(4):233~237
- 7 刘学军,张丙群,张玉兰.人工配合饲料养殖河蟹高产技术试验.淡水渔业,1990,20(5):20~22
- 8 顾景玲.中华绒螯蟹摄食及食性调查.甲壳动物学论文集(第二辑).北京:科学出版社,1990.99~101
- 9 朱晓鸣,崔奕波,光寿红.中华绒螯蟹对三种天然饵料的选食性及消化率.水生生物学报,1997,21(1):94~96

Optimal levels of protein, lipid and fiber for *Eriocheir sinensis*

Qian Guoying Zhu Qihua

(Zhejiang Wanli College, Ningbo 315010)

Abstract An experiment was conducted to study the optimal levels of dietary protein, lipid and fiber for the fingerling *Eriocheir sinensis*, designed by $L_{18}(3^7)$. The semi-purified diets consist of casein, fish oil, fiber, mixed vitamins and minerals. There are 3 levels for each protein, lipid and fiber respectively. The initial body weight of the crab was 19~25 g. The significantly ($P<0.01$) higher body weight gain, specific growth rate (SGR), feed conversion ratio (FCR) and protein efficiency ratio (PER) was observed in the crabs feeding the diets at 40%~44% dietary protein, 4%~6% dietary lipid and 3% dietary fiber levels. A significantly ($P<0.01$) higher interaction was observed between them. The significantly lower values of body weight gain, SGR, PER, apparent digestibility of protein (PAD) and higher FCR were observed in crabs feeding at 5%~7% dietary fiber levels ($P<0.01$). It comes to the conclusion that the optimal levels of dietary protein, lipid and fiber for the crab are 40%~44%, 4%~6% and 3% respectively.

Key words *Eriocheir sinensis*, formulated diet, protein, lipid, fiber