

克氏螯虾饲料中适宜的蛋白质含量和能量蛋白比研究

何吉祥^{1,2}, 王志耕¹, 梅林¹, 姚成虎¹, 董娟娟¹, 黄霞¹

(1. 安徽农业大学动物科技学院, 安徽 合肥 230036 2 安徽省农业科学院水产研究所, 安徽 合肥 230031)

摘要: 采用 3×3 因子试验法, 设计了 3 种不同蛋白质水平 (26%、29%、32%) 及能量蛋白比水平 (36、40、44 kJ/g) 的 9 种试验饲料, 对体重 (2.39 ± 0.37) g 的克氏螯虾 (*Procambarus clarkii*) 的适宜蛋白质含量及其蛋白能量比进行了研究。生长试验期 42 d。结果表明, 克氏螯虾幼虾配合饲料中适宜蛋白质含量为 29.49% ~ 32.24%, 饲料的适宜能量蛋白比范围为 34.67 ~ 37.46 kJ/g。当试验饲料蛋白质含量为 31.86%, 能量蛋白比为 35.85 kJ/g 时, 试验虾获得最大增重率、最低的饲料系数、最高的蛋白质效率及最大的特定生长率。

关键词: 克氏螯虾; 配合饲料; 蛋白质含量; 能量蛋白比

中图分类号: S963 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2009)03-0077-04

近几年, 克氏螯虾池塘、稻田、滩地养殖发展很快, 但大都采用谷物、野杂鱼、动物内脏等饲料投喂。随着克氏螯虾养殖规模的扩大, 集约化程度的不断提高, 仅靠天然饵料远远不能满足克氏螯虾养殖发展的需要, 研究与开发克氏螯虾人工全价饲料具有重要的意义。有关克氏螯虾的营养需求已有初步的报道(吴东等, 2007), 本试验对鱼类营养中 2 个重要要素—能量及蛋白比对克氏螯虾生长的影响进行了研究, 以期确定其人工配合饲料中适宜能量蛋白比, 为其人工饲料配制提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用虾取自安徽省水产研究所, 系池塘自然繁殖的野生克氏螯虾。平均体重 (2.39 ± 0.37) g 在试验室驯养 7 d 投以另外配制的精饲料使其适应, 挑选健康、食欲旺盛的克氏螯虾为试验材料, 试验前停食 1 d。

1.2 试验饲料

试验饲料蛋白质设置 3 个水平 (26%、29%、32%), 能量蛋白比设置 3 个水平 (36 kJ/g、40 kJ/g、44 kJ/g), 以糊精调节能量, 微晶纤维素调至 100%, 共计 9 种不同能量蛋白比饲料。试验所用复合维生素购自广州智特奇公司, 复合矿物质自配。9 种饲

料配比及营养指标列于表 1。各种原料粉碎后过 40 目分析筛, 试验饲料均按配比精确称量, 混合搅拌均匀, 用 50 mL 的塑料注射器加工成直径 1.5 mm 的颗粒饲料, 60℃ 恒温干燥后, 置于冰箱中保存备用。

1.3 饲养管理

饲养试验在室内规格为 65 cm × 42 cm × 35 cm 的玻璃箱中进行。挑选体质健壮、大小基本相同的克氏螯虾幼虾, 称重后放入玻璃箱中, 每箱 12 尾, 每组饲料设置 2 个重复, 共 18 个玻璃箱, 各箱间随机排列。试验从 2007 年 6 月 22 日开始, 8 月 2 日结束, 试验期间水温 26 ~ 30℃, 全天 24 h 充气增氧, 每天排污 1 次, 换水 1/3, 试验用水为曝气后的自来水。每天 8:00-16:30 投饵, 日投饵率约为 3%, 每次投喂结束 2 h 后用虹吸法吸出残饵, 用滤纸吸去表面水, 60℃ 恒温干燥后保存在冰箱中, 计算摄食量。试验结束前停食 1 d 然后逐尾称重。

1.4 测定指标及分析方法

饲料蛋白质含量用凯氏定氮法测定, 粗脂肪含量用索氏抽提法测定, 总糖的测定参照李如亮 (1998) 的方法, 粗灰分用灼烧法测定 (550℃), 水分用恒温干燥法测定 (105℃)。

$$\text{特定生长率 (SGR)} = \frac{(\ln W_t - \ln W_0)}{t} \times 100\%$$

增重倍数 = [(总终重 + 死亡虾重) - 总初重] / 总初重

饲料系数 (FCR) = 饲料摄取量 / 体重增加量

蛋白质效率 (PER) = 体重增加量 / 蛋白质摄取量

量

存活率 = 收获虾数 / 放养虾数 × 100%

式中: W_t 为试验结束时平均体重; W_0 为试验开

收稿日期: 2008-01-31

基金项目: 合肥市科技局招标项目 [合科(农)字 2005-3013 号]。

通讯作者: 王志耕, 男, 教授。E-mail: wzg56@yahoo.com.cn

作者简介: 何吉祥, 1975 年生, 男, 安徽怀宁人, 在读硕士研究生, 研究方向为动物营养与饲料学。E-mail: hejixiang813@126.com

始时平均体重; t 为试验天数。

采用 SAS 软件对数据进行统计分析。先对试验数据作方差分析, 若有显著差异, 再作 Duncan 氏多重比较, 显著水平采用 0.05, 若 $P < 0.05$, 则表示有显著差异。

2 试验结果

饲喂不同能量蛋白比饲料后, 克氏螯虾的增重率、特定生长率、饲料系数及蛋白质效率如表 2 所示。

表 1 试验饲料的成分
Tab 1 Composition of the experimental diet

项目	试验饲料编号								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
鱼粉 /%	27.7	27.7	27.7	31.5	31.5	31.5	35.3	35.3	35.3
豆粕 /%	23.1	23.1	23.1	26.5	26.5	26.5	29.9	29.9	29.9
麸皮 /%	9.8	9.8	9.8	6.6	6.6	6.6	3.4	3.4	3.4
面粉 /%	5	5	5	5	5	5	5	5	5
豆油 /%	1.1	2.6	4.1	0.9	2.4	3.9	0.7	2.2	3.7
鱼油 /%	1.1	2.6	4.1	0.9	2.4	3.9	0.7	2.2	3.7
糊精 /%	1.2	0.6	0	4.6	4.8	5.0	8.0	8.9	9.8
纤维素 /%	23.0	20.6	18.2	16.0	12.8	9.6	9.8	5.1	1.2
复合维生素 /%	2	2	2	2	2	2	2	2	2
复合矿物质 /%	4	4	4	4	4	4	4	4	4
黏合剂 (CMC) /%	2	2	2	2	2	2	2	2	2
粗蛋白 /%	25.66	26.12	26.35	28.73	28.62	29.05	31.86	31.47	32.15
粗脂肪 /%	5.40	8.51	11.47	5.78	8.64	11.74	5.76	9.28	12.36
糖 /%	17.46	16.93	16.42	20.62	20.57	20.69	23.43	23.66	24.38
总能 /kJ·g ⁻¹	9.25	10.41	11.48	10.44	11.49	12.74	11.42	12.72	14.12
能量蛋白比 /kJ·g ⁻¹	36.05	39.85	43.56	36.32	40.13	43.78	35.85	40.42	43.90

注: 饲料总能值的计算 (the calculation of dietary calorie): 每 1 g 脂肪、蛋白质、碳水化合物的热量值分别为 9.4、4.4 kcal。纤维素不计算能量; 1 kcal = 4.187 × 10³ J。

表 2 试验结果统计

Tab 2 Results of the experiment

饵料	初重 / g	末重 / g	净增重 / g	增重 倍数	特定生长率 / %	饲料 系数	蛋白质 效率	成活率 / %
1	2.32 ± 0.38	7.43 ± 1.14	5.10 ± 0.15	1.78 ± 0.01 ^{cd}	2.77 ± 0.02 ^{bed}	2.20 ± 0.03 ^a	1.77 ± 0.02 ^c	62.5
2	2.38 ± 0.36	7.64 ± 0.96	5.26 ± 0.10	1.89 ± 0.10 ^{ecd}	2.78 ± 0.03 ^{bed}	2.08 ± 0.12 ^{ab}	1.84 ± 0.10 ^{bc}	79.2
3	2.39 ± 0.42	7.71 ± 1.45	5.33 ± 0.14	1.64 ± 0.09 ^c	2.79 ± 0.01 ^{bed}	2.11 ± 0.16 ^{ab}	1.82 ± 0.13 ^{bc}	70.8
4	2.40 ± 0.33	7.90 ± 1.37	5.50 ± 0.17	2.10 ± 0.03 ^{bc}	2.84 ± 0.03 ^b	1.78 ± 0.04 ^{cd}	1.95 ± 0.04 ^{abc}	87.5
5	2.40 ± 0.38	7.74 ± 1.52	5.45 ± 0.11	2.26 ± 0.03 ^{ab}	2.82 ± 0.01 ^{bc}	1.64 ± 0.09 ^{cd}	2.15 ± 0.11 ^{ab}	95.8
6	2.39 ± 0.40	7.43 ± 1.27	5.02 ± 0.29	1.95 ± 0.32 ^{cd}	2.69 ± 0.10 ^d	1.99 ± 0.24 ^{abc}	1.74 ± 0.21 ^c	79.2
7	2.38 ± 0.35	8.41 ± 1.02	6.03 ± 0.16	2.51 ± 0.07 ^a	2.99 ± 0.04 ^a	1.50 ± 0.04 ^e	2.10 ± 0.05 ^a	100
8	2.42 ± 0.34	8.04 ± 1.21	5.60 ± 0.22	2.01 ± 0.07 ^{bcd}	2.85 ± 0.03 ^b	1.75 ± 0.03 ^{cde}	1.80 ± 0.02 ^c	75.0
9	2.42 ± 0.43	7.56 ± 1.27	5.14 ± 0.10	2.04 ± 0.03 ^{bcd}	2.71 ± 0.01 ^{cd}	1.84 ± 0.15 ^{bed}	1.70 ± 0.14 ^c	91.7

注: 数据处理采用平均数 ± 标准差 (Mean ± SD), 且同列右上角标有相同字母者表示二者差异不显著 ($P > 0.05$), 不同字母者表示二者差异显著 ($P < 0.05$)。

从表 2 可以看出, 不同组别的饲料对克氏螯虾的生长及饲料利用率的影响差异显著。当饲料蛋白质含量为 31.86%, 能量蛋白比 (C/P) 为 35.85 kJ/g 蛋白 (7 号饲料) 时, 克氏螯虾获得最大增重倍数 (2.51 ± 0.07)、最大特定生长率 2.99% ± 0.04%, 最小饲料系数 (1.50 ± 0.04); 其次为蛋白质含量 28.62% 的 5 号饲料, 能量蛋白比 (C/P) 为 40.13 kJ/g 蛋白质效率最大 (2.15 ± 0.11); 7 号饲料的蛋白质效率次之 (2.10 ± 0.05); 其它各组饲料同以上 2 组相比, 饲喂效果均不甚理想。

从表 3 可见, 在蛋白质含量分别为 26%、29%、32% 的 3 个水平中, 随着蛋白质含量的增大, 克氏螯虾的增重倍数、特定生长率和蛋白质效率 (29%、32% 水平组差异不显著, $P > 0.05$) 增大, 饲料系数下降, 饲喂效果较优的蛋白质水平为 31.83%。在能量蛋白比 (C/P) 为 36.40、44 kJ/g 的 3 个水平中, 随着 C/P 值的增大, 克氏螯虾的增重倍数、特定生长率和蛋白质效率下降, 饲料系数增大, 饲喂效果较优的能量蛋白比水平为 36.07 kJ/g。分析结果表明, 7 号饲料的克氏螯虾生长效果最佳。

表 3 饲料蛋白质、能量蛋白比水平对克氏螯虾生长及饲料利用率的统计

Tab 3 The analysis statistics results of protein and energy – protein ratio on the growth and feed utilization for *Procambarus clarkii*

项目	因子	增重倍数	饲料系数	蛋白质效率	特定生长率
蛋白质	k_1 26.04%	1.77	2.13	1.81	2.77
	k_2 28.80%	2.10	1.83	1.91	2.78
	k_3 31.83%	2.19	1.69	1.87	2.85
	极差	0.42	0.44	0.10	0.08
	较优水平概率	$P_3 < 0.05$	$P_3 < 0.05$	$P_2 > 0.05$	$P_3 > 0.05$
能量蛋白比	k_1 36.07 kJ/g	2.13	1.83	1.94	2.87
	k_2 40.13 kJ/g	2.05	1.84	1.89	2.82
	k_3 43.75 kJ/g	1.88	1.98	1.75	2.73
	极差	0.25	0.15	0.19	0.14
	较优水平概率	$P_1 > 0.05$	$P_1 > 0.05$	$P_1 < 0.05$	$P_1 < 0.05$

为进一步探求克氏螯虾对蛋白质的适宜需求量,将表 3 中饲料蛋白质含量分别与之相对应的增重倍数、饲料系数、蛋白质效率指标进行回归分析,发现饲料中蛋白质含量与这些指标之间近似于抛物线分布。设蛋白质含量值为 X , 增重倍数为 Y_1 , 饲料系数为 Y_2 , 蛋白质效率为 Y_3 , 得到抛物线回归方程分别为:

$$Y_1 = -13.252 + 0.9901X - 0.0158X^2$$

$(R = 0.9999, P < 0.01)$

$$Y_2 = 13.5366 - 0.7345X + 0.01139X^2$$

$(R = 0.9999, P < 0.01)$

$$Y_3 = -5.9036 + 0.5308X - 0.009X^2$$

$(R = 0.9999, P < 0.01)$

根据回归方程计算,当 X 分别为 31.19%、32.24%、29.49% 时, Y_1 、 Y_2 、 Y_3 分别有极值。

采用相同的方法,将表 3 中饲料能量蛋白比 (C/P) 分别与之相对应的增重倍数、饲料系数、蛋白质效率、特定生长率指标进行回归分析,设能量蛋白比值为 X' , 增重倍数为 Y_1' , 饲料系数为 Y_2' , 蛋白质效率为 Y_3' , 特定生长率为 Y_4' , 得到抛物线回归方程分别为:

$$Y_1' = -2.9863 + 0.2862X' - 0.004X'^2$$

$(R = 0.9999, P < 0.01)$

$$Y_2' = 8.0187 - 0.3298X' + 0.0044X'^2$$

$(R = 0.9999, P < 0.01)$

$$Y_3' = -3.3887 + 0.2899X' - 0.0039X'^2$$

$(R = 0.9999, P < 0.01)$

$$Y_4' = 1.1027 + 0.104X' - 0.0015X'^2$$

$(R = 0.9999, P < 0.01)$

根据回归方程计算,当 X' 分别为 35.78、37.46、37.17、34.67 kJ/g 时, Y_1' 、 Y_2' 、 Y_3' 、 Y_4' 分别有极值。

3 讨论

3.1 克氏螯虾饲料中适宜的蛋白质含量

蛋白质是决定鱼类生长的关键营养物质,也是饲料成本中花费最大的部分。饲料中缺乏蛋白质,养殖鱼类会发生诸如生长缓慢、体重减轻及抗病力下降等症状。反之,鱼类饲料中蛋白质含量过高,不仅增加了饲料成本,还会加重鱼类机体的负担,影响鱼类生长,甚至导致蛋白质中毒,因而鱼类饲料中蛋白质存在适宜需求量的问题(关受江, 1992)。本次试验结果表明,克氏螯虾对蛋白质的最适需求量为 31.86%,进一步通过蛋白质含量与增重倍数、饲料系数、蛋白质效率之间的回归分析表明,克氏螯虾对蛋白质的适宜需求量为 29.49% ~ 32.24%。

吴东等 (2007) 以增重率、体长增长、饲料系数、蛋白质效率等作为判断指标,研究了体重约 4.55 g (220 尾 /kg) 的克氏螯虾配合饲料中适宜的蛋白质含量为 27% 和 33%, 其中 27% 蛋白水平组最佳。薛敏等 (1998) 在研究中国对虾 (*Penaeus chinensis*) 幼虾饲料中最佳蛋白能量比时认为,从生物学角度看,最佳值应该是一个区间。本试验以体重 (2.39 ± 0.37) g 的克氏螯虾为养殖对象,得出克氏螯虾配合饲料中适宜的蛋白质含量为 29.49% ~ 32.24%,较吴东等 (2007) 的研究结果稍高,与鱼类对蛋白质的需求一般会随着鱼体重的增加而减少的结论是一致的(朱小明等, 2001)。

3.2 克氏螯虾饲料中适宜的能量蛋白比

设计鱼类饲料配方时,饲料中蛋白质和能量应该保持平衡。当饲料能量相对蛋白质来说不足时,饲料蛋白会被用作能量来维持鱼的生存;反之,饲料中能量过高会降低鱼的摄食量,因而减少了最佳生长所必需的蛋白质和其它重要物质的摄入,适当的

能量和蛋白平衡在配合饲料中是必要的 (林黑着等, 1998)。

表 2 可见, 当饲料蛋白质含量为 26% 左右时 (1 2 3 组), 随着能量蛋白比的增大, 克氏螯虾的增重倍数、蛋白质效率呈先升后降的趋势, 特定生长率基本保持不变, 饲料系数则是先降后升, 但各饲料组间均无明显差异 ($P > 0.05$); 在 26% 蛋白水平时, 3 个能量蛋白比水平的克氏螯虾的增重倍数均较其它 2 个蛋白组低, 而饲料系数较高, 组间差异明显 ($P < 0.05$)。这可能是由于饲料中蛋白质含量偏低, 造成克氏螯虾蛋白质摄入不足, 影响了其生长。

本试验中, 当蛋白为 31.86%、能量蛋白比为 35.85 kJ/g (第 7 组) 时, 克氏螯虾的生长效果最佳, 其次为蛋白 29.05%、能量蛋白比为 40.13 kJ/g 的第 5 组, 2 组间除特定生长率差异明显外 ($P < 0.05$), 增重倍数、蛋白质效率及饲料系数均无明显差异 ($P > 0.05$)。在 29% 的蛋白组 (4 5 6 组), 随着能量蛋白比的进一步升高 (第 6 组), 增重倍数、蛋白质效率、特定生长率较第 5 组明显下降 ($P < 0.05$), 而饲料系数显著上升 ($P < 0.05$); 相似的情况也出现在 32% 的蛋白组 (7 8 9 组), 随着能量蛋白比的上升, 第 8 9 组的增重倍数、蛋白质效率、特定生长率较第 7 组显著下降 ($P < 0.05$), 饲料系数则升高。这表明, 29% 及 32% 的蛋白饲料基本可以满足克氏螯虾对蛋白质的需求, 但随着能值的升高,

饲料中能量蛋白比不平衡, 影响了克氏螯虾的生长。这可能是过高的能量限制了克氏螯虾对其它营养素的吸收利用, 从而导致其生长减缓, 饲料利用率下降 (Ai Qinghui et al 2004)。综合统计分析的结果, 克氏螯虾适宜的能量蛋白比为 34.67~37.46 kJ/g

参考文献:

- 关受江. 1992 鱼类营养及饲料学 [M]. 成都: 电子科技大学出版社, 5-19
- 李如亮. 1998 生物化学实验 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 9-10
- 林黑着, 江琦, 黄剑南, 等. 1998 鲢配合饲料适宜蛋白质含量及蛋白能量比的初步研究 [J]. 上海水产大学学报, 7 (3): 187-191
- 吴东, 夏伦志, 侯冠军, 等. 2007 3 种蛋白水平饲料对克氏螯虾生长和虾肉品质的影响 [J]. 淡水渔业, 37 (5): 36-40
- 薛敏, 李爱杰, 董双林, 等. 1998 中国对虾幼虾饲料中最佳蛋白能量比研究 [J]. 青岛海洋大学学报, 28 (2): 245-251
- 朱小明, 李少莆, 姜晓东. 2001 能量代谢研究对水产配合饲料研制和评价的应用价值 [J]. 台湾海峡, 20 (增刊): 30-35
- Ai Qinghui, Mai Kangsen, Li Huitao, et al 2004. Effects of dietary protein to energy ratios on growth and body composition of juvenile Japanese seabass *Lateolabrax japonicus* [J]. *Aquaculture*, 230: 507-516

(责任编辑 万月华)

Studies on the Appropriate Protein Requirement and Energy to Protein Ratio in Feed for *Procambarus clarkii*

HE Jixiang^{1,2}, WANG Zhigeng¹, MEI Lin¹, YAO Cheng-hu¹, DONG Juan-juan¹, HUANG Xia¹

(1 College of Animal Science and Technology, University of Anhui Agriculture, Hefei 230036, China)

2 Institute of Fisheries, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, China)

Abstract The juvenile *Procambarus clarkii* with initial mean body weight (2.39 ± 0.37) g were fed diets containing 26%, 29% and 32% crude protein at dietary energy to protein ratio levels of 36, 40 and 44 kJ/g protein in a 3×3 factorial experiment. The results show that the appropriate protein requirement and dietary energy to protein ratio ranges of *Procambarus clarkii* were 29.49% ~ 32.24% and 34.67~37.46 kJ/g protein respectively, the diet containing 31.86% protein with energy to protein ratio of 35.85 kJ/g protein was found to be the best one for juvenile *Procambarus clarkii* in the experiment.

Key words *Procambarus clarkii*; Formulated diet; Protein content; Energy to protein ratio