

中华鲟配合饲料适宜蛋白质含量及最佳蛋白能量比研究*

温小波 库天梅 罗静波

(湖北农学院动物科学系 荆州 434025)

摘要 以酪蛋白和明胶为蛋白源,添加豆油、鱼油、糊精、纤维素以及适量的维生素和矿物质混合剂配制试验饲料,饲料配成5个蛋白质水平,每个蛋白水平分别包括5个能量级,以体质量增长倍数、蛋白质效率和饲料系数为评判依据,对体质量为 $8.73\text{ g} \pm 0.79\text{ g}$ 的中华鲟(*Acipenser sinensis*)的适宜蛋白质含量及其蛋白能量比进行了研究。经过为期8周的试验,结果表明:中华鲟幼鲟配合饲料中的适宜蛋白质含量范围为35.7%~41.8%,饲料的最佳蛋白能量比范围为21.85~30.05 ng/J。当试验饲料蛋白质含量为40.3%,蛋白能量比为27.85 ng/J时,试验鲟鱼获得最大体质量增长倍数为 11.60 ± 1.20 ,最低的饲料系数为 1.68 ± 0.23 ,以及最高的蛋白质效率为 $1.58\% \pm 0.14\%$ 。

关键词 中华鲟(*Acipenser sinensis*),配合饲料,蛋白质含量,蛋白能量比

中图分类号 S963 **文献标识码** A **文章编号** 1000-3096(2003)04-0038-06

中华鲟(*Acipenser sinensis*)属硬骨鱼类,辐鳍亚纲,软骨鳞总目,鲟形目,是河口干流半洄游鱼类,主要分布于我国长江、黄河、闽江、钱塘江、珠江及其近海沿岸,为国家一级保护动物^[1]。

我国中华鲟人工繁殖已持续成功了10余年,但有关人工饲料的试验还较少报道^[2-4],尚无较为成熟的营养配方。目前养殖过程中,仔幼鱼的培育通常采用水蚯蚓、枝角类等活饵料,而成鱼则使用鳊鱼料或甲鱼料喂饲,缺乏中华鲟专用配合饲料。导致养殖过程中出现了饲料效率低、浪费大、生长速度慢等问题,既增加了养殖成本,又加大了养殖困难。因此,开展中华鲟人工配合饲料的研究显得十分重要。本文对中华鲟配合饲料中蛋白质含量及其蛋白能量比进行了研究,旨在为研制适宜的人工配合饲料提供参考,从而更好地保护中华鲟这一珍稀鱼类。

1 材料与方 法

1.1 试验用鱼及饲养

中华鲟幼鲟800尾取自某中华鲟养殖基地,暂养7d后随机选取体质健壮、无病无伤的幼鲟750尾作为试验鱼。试验鱼最大个体体质量10.25g,最小个体为7.53g,平均体质量为 $8.73\text{ g} \pm 0.79\text{ g}$ 。饲养试验在温室循环流水过滤水族箱中进行,每组饲料设3个重复水族箱,每箱放养10尾鲟鱼。养殖用水为曝气7d以上的地下水,水温在 $22.3 \sim 25.1\text{ }^\circ\text{C}$ 之间,24h

连续充气增氧,溶氧保持在6mg/L以上,pH为7.6左右,氨氮0.1mg/L以下。试验期间每天按鱼体质量的3%确定投饲量,分别在8:00和16:00分两次投喂,并根据前一天鱼的摄食情况调整当天的具体投食量。每7d分别对各水族箱的试验鱼称体质量,以便调整投饲量。每天第一次投饲前吸取残饵并清洗箱体,残饵于60℃恒温下烘干后称质量。试验于2001年11月20日至2002年2月14日进行,共8周。

1.2 试验饲料

以酪蛋白和明胶为蛋白源,配制成5个蛋白水平,每个蛋白水平上包括5个能量级,共25组。每组加入等量的鱼油、豆油、维生素和矿物质混合物,以不同量的糊精调制能量级差,以纤维素粉将所有成分调至100%,饲料组成见表1。所有原料混合均匀后,加入适量的水,用绞肉机制粒,粒径不超过2mm,制粒后于60℃恒温下烘干备用。

* 湖北省教育厅青年项目2001B03004号。

第一作者:温小波,出生于1967年,博士,副教授,从事水产动物营养与饲料研究。通信地址:湖北省荆州市荆秘路88号湖北农学院动物科学系,邮编434025, E-mail: wnxbo@sina.com

收稿日期:2002-10-08;修回日期:2003-01-15

表 1 试验饲料组成(%)

Tab.1 Ingredients of the experimental diets(%)

组别	酪蛋白	明胶	糊精	饲料能量($\times 10^3$ J/ g)		蛋白质含量(%)	
				设计值	实测值	设计值	实测值
1	24.5	3.6	4.0	8.37	8.52	25	24.7
2	24.5	3.6	13.0	10.05	10.24	25	25.1
3	24.5	3.6	24.0	11.72	11.87	25	24.5
4	24.5	3.6	35.0	13.39	13.51	25	24.6
5	24.5	3.6	43.0	15.07	15.24	25	23.5
6	28.7	4.5	4.0	9.21	9.40	30	29.3
7	28.7	4.5	13.0	10.89	11.04	30	28.7
8	28.7	4.5	24.0	12.56	12.76	30	28.2
9	28.7	4.5	35.0	14.23	14.45	30	30.3
10	28.7	4.5	43.0	15.91	16.07	30	27.7
11	32.6	5.7	4.0	10.05	10.33	35	33.8
12	32.6	5.7	13.0	11.72	11.87	35	33.1
13	32.6	5.7	24.0	13.39	13.58	35	34.3
14	32.6	5.7	35.0	15.07	15.25	35	34.6
15	32.6	5.7	43.0	16.75	16.88	35	33.4
16	36.3	6.6	4.0	10.89	11.15	40	37.5
17	36.3	6.6	13.0	12.56	12.76	40	38.9
18	36.3	6.6	24.0	14.23	14.47	40	40.3
19	36.3	6.6	35.0	15.91	16.18	40	38.3
20	36.3	6.6	43.0	17.58	17.78	40	39.1
21	41.1	7.3	4.0	11.72	11.95	45	44.3
22	41.1	7.3	13.0	13.39	13.59	45	43.2
23	41.1	7.3	24.0	15.07	15.34	45	44.7
24	41.1	7.3	35.0	16.75	16.90	45	45.1
25	41.1	7.3	43.0	18.42	18.64	45	43.7

注:1) 饲料中的其它成分(%): a. 鱼油, 1.5; b. 豆油, 1.5; c. 维生素混合物, 1; d. 矿物质混合物, 4; e. 纤维素粉, 将每一组试验饲料调至 100 %。

2) 饲料热量设计值的计算: 每克脂肪、蛋白质、碳水化合物的热量值分别为 3.77×10^4 , 1.67×10^4 , 1.67×10^4 J, 维生素不计能值。

1.3 样品采集及试验结果计算

试验开始及结束时, 分别对试验鱼称体质量, 并根据所得数据作以下计算:

体质量增长倍数 = (末体质量 - 初体质量) / 初体质量

蛋白质效率(%) = (末体质量 - 初体质量) / [(投饲量 - 残饵量) \times 饲料蛋白质含量] $\times 100$

饲料系数 = (投饲量 - 残饵量) / (末体质量 - 初体质量)

2 试验结果

在为期 8 周的养殖试验中, 试验鱼未发生疾病, 且成活率达 100 %, 具体养殖结果如表 2 所示。由表 2 可见, 试验饲料的蛋白质含量范围为 23.5 % ~ 45.1 %

(表 1), 蛋白能量比的范围为 15.41 ~ 37.05 ng/ J, 变化幅度较大。当蛋白能量比约为 22 ~ 30 ng/ J 时, 体质量增长倍数较大, 饲料系数相对较低, 在此范围之外, 则结果不甚理想。当蛋白能量比为 27.85 ng/ J, 蛋白质含量为 40.3 % (第 18 组) 时, 获得最大体质量增长倍数 11.60 ± 1.20 倍, 最低饲料系数 1.58 ± 0.23 和最大蛋白质效率 $1.58 \% \pm 0.14 \%$ 。在蛋白质含量分别为 25 %, 30 %, 35 % 和 40 % 的 4 个水平中, 随着蛋白质含量的增大, 体质量增长率和蛋白质效率增大, 饲料系数下降。

在蛋白质含量为 40 % 组中, 体质量增长倍数最大, 平均为 8.86 ± 1.33 倍; 饲料系数最低, 平均为 1.87 ± 0.56 ; 蛋白质效率最高, 平均为 $1.36 \% \pm 0.18 \%$ 。当蛋白质含量继续上升到 45 % 时, 体质量增

表 2 试验投喂结果

Tab.2 Results of feeding experiment

饲料	平均体质量(g)		净增体质量 (g)	体质量增长 倍数	饲料系数	蛋白质效率 (%)	蛋白能量比 (ng/J)
	初体质量	末体质量					
1	8.05 ± 0.45	41.23 ± 3.45	33.23 ± 2.37	4.17 ± 0.52	3.65 ± 0.14	1.10 ± 0.06	28.99
2	8.54 ± 0.67	65.43 ± 3.27	56.86 ± 2.45	6.63 ± 0.83	3.06 ± 0.20	1.32 ± 0.05	24.49
3	7.89 ± 0.76	37.39 ± 2.78	29.57 ± 2.59	3.77 ± 0.66	3.83 ± 0.32	1.08 ± 0.10	20.63
4	8.38 ± 0.43	34.57 ± 3.56	26.70 ± 3.17	3.12 ± 0.81	3.97 ± 0.43	0.99 ± 0.08	18.20
5	9.03 ± 0.42	33.19 ± 2.48	24.26 ± 2.24	2.60 ± 0.35	4.12 ± 0.35	0.98 ± 0.05	15.41
6	7.90 ± 0.65	45.67 ± 2.64	37.76 ± 2.89	4.71 ± 0.57	3.21 ± 0.29	1.13 ± 0.07	31.17
7	8.77 ± 0.35	73.75 ± 1.86	65.01 ± 2.13	7.30 ± 0.45	2.58 ± 0.23	1.33 ± 0.04	25.98
8	8.61 ± 0.52	67.03 ± 3.43	58.38 ± 2.37	6.74 ± 0.61	2.85 ± 0.27	1.23 ± 0.06	22.10
9	9.11 ± 0.27	63.48 ± 2.54	53.67 ± 2.55	5.82 ± 0.57	3.12 ± 0.14	1.07 ± 0.11	20.97
10	7.76 ± 0.73	42.39 ± 2.63	34.64 ± 2.78	4.43 ± 0.63	3.53 ± 0.25	1.05 ± 0.13	17.23
11	9.31 ± 0.31	66.65 ± 3.14	57.35 ± 2.76	6.07 ± 0.54	2.67 ± 0.33	1.18 ± 0.08	32.72
12	8.37 ± 0.65	82.29 ± 3.03	74.02 ± 2.38	8.83 ± 0.61	1.98 ± 0.41	1.53 ± 0.07	27.88
13	8.85 ± 0.17	78.82 ± 2.76	69.55 ± 2.66	7.89 ± 0.47	2.04 ± 0.27	1.39 ± 0.05	25.25
14	8.59 ± 0.54	73.41 ± 2.77	65.02 ± 2.53	7.53 ± 0.56	2.31 ± 0.34	1.24 ± 0.13	22.69
15	8.43 ± 0.48	64.35 ± 2.16	56.03 ± 2.41	6.64 ± 0.43	2.41 ± 0.25	1.21 ± 0.03	19.78
16	9.07 ± 0.39	73.65 ± 2.54	64.70 ± 2.55	7.13 ± 1.12	2.03 ± 0.31	1.27 ± 0.06	33.63
17	8.81 ± 0.25	89.27 ± 2.71	80.52 ± 2.19	9.15 ± 1.06	1.89 ± 0.25	1.37 ± 0.07	30.49
18	7.57 ± 0.52	95.61 ± 2.69	88.16 ± 2.54	11.60 ± 1.20	1.58 ± 0.23	1.58 ± 0.14	27.85
19	9.07 ± 0.29	88.36 ± 3.42	80.03 ± 2.58	9.21 ± 1.27	1.84 ± 0.36	1.40 ± 0.16	23.67
20	8.17 ± 0.63	65.78 ± 3.16	57.25 ± 2.39	7.07 ± 0.68	1.96 ± 0.28	1.39 ± 0.11	21.99
21	8.85 ± 0.35	66.72 ± 2.31	57.56 ± 2.51	6.54 ± 0.43	2.13 ± 0.33	1.07 ± 0.04	37.05
22	8.79 ± 0.33	70.13 ± 2.18	61.46 ± 2.42	7.04 ± 0.39	2.02 ± 0.25	1.16 ± 0.06	31.77
23	8.70 ± 0.43	74.92 ± 2.71	66.31 ± 2.69	7.56 ± 0.45	1.97 ± 0.18	1.12 ± 0.07	29.14
24	8.81 ± 0.42	87.81 ± 2.69	79.01 ± 2.37	8.96 ± 0.52	1.82 ± 0.24	1.22 ± 0.14	26.68
25	9.15 ± 0.28	74.63 ± 2.96	65.49 ± 2.48	7.13 ± 0.36	1.85 ± 0.28	1.25 ± 0.09	23.44

长率和蛋白质效率并不上升,反而有所降低,而饲料系数则有所提高。

为进一步探讨体质量增长倍数、饲料系数和蛋白质效率随蛋白能量比的变化,以蛋白能量比为横坐标,分别以 25 个试验组的体质量增长倍数、饲料系数和蛋白质效率的平均值为纵坐标作图如图 1、2 和 3 所示。从图中可见,3 个图中的散点均基本呈二次抛物线状态分布。以蛋白能量比为 X,对应各组的体质量增长倍数、饲料系数和蛋白质效率分别为 Y_1 、 Y_2 和 Y_3 ,通过统计计算,获得如下方程式:

$$Y_1 = -0.034 X^2 + 1.894 X - 18.763, (n = 750, r = 0.6718, P < 0.01)$$

$$Y_2 = 0.009 X^2 - 0.543 X + 10.251, (n = 750, r = 0.6455, P < 0.01)$$

$$Y_3 = -0.003 X^2 + 0.158 X - 0.821, (n = 750, r = 0.6617, P < 0.01)$$

根据回归方程可计算出,当蛋白能量比为 28.42

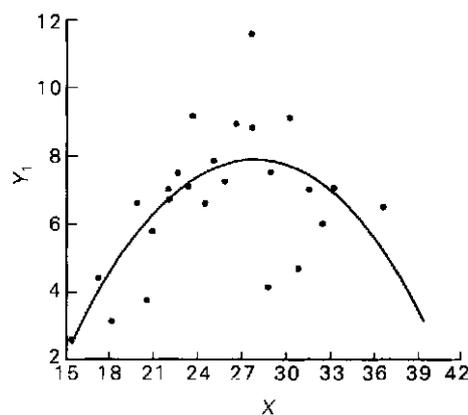


图 1 体质量增长倍数(Y_1)与能量蛋白比(X)的关系
Fig.1 The relation between the protein/energy ratio (X) and times of weight gain (Y_1)

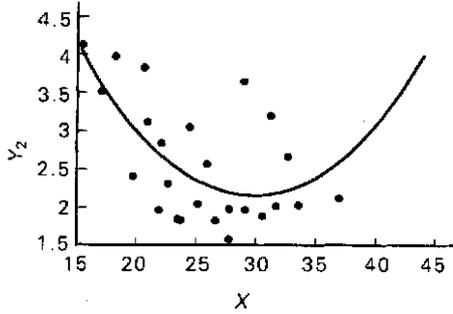


图2 饲料系数(Y_2)与能量蛋白比(X)的关系
Fig.2 The relation between the protein/energy ratio (X) and feed conversion rate (Y_2)

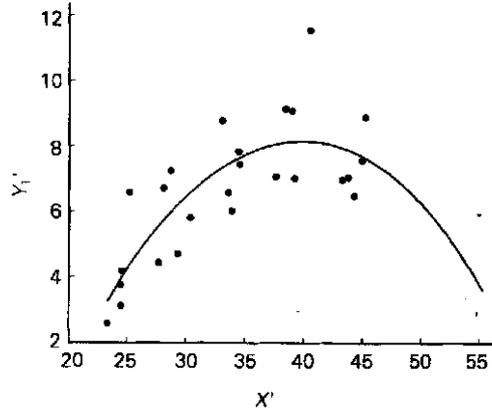


图4 体质量增长倍数(Y_1)与蛋白质含量的关系(X')
Fig.4 The relation between the protein content (X') and times of weight gain (Y_1)

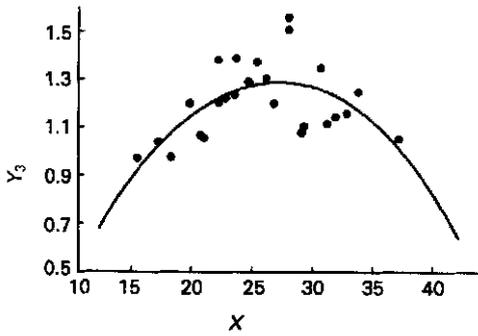


图3 蛋白质效率(Y_3)与能量蛋白比(X)的关系
Fig.3 The relation between the protein/energy ratio (X) and protein efficient rate (Y_3)

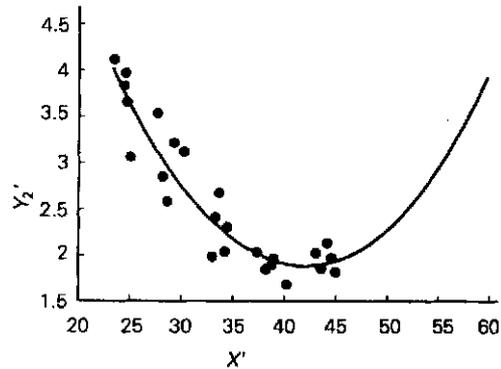


图5 饲料系数(Y_2')与蛋白质含量(X')的关系
Fig.5 The relation between the protein content (X') and feed conversion rate (Y_2')

ng/J时,体质量增长倍数达到极大值;当蛋白能量比为30.05 ng/J时,饲料系数达到极小值;当蛋白能量比为21.85 ng/J时,蛋白质效率达到极大值。采用相同的方法研究饲料蛋白质含量对体质量增长率、饲料系数和蛋白质效率的影响,作图如图4,5和6所示。与蛋白能量比的情况类似,3个图中的散点同样基本呈二次抛物线状态。以蛋白质含量为 X' ,对应各组的体质量增长倍数、饲料系数和蛋白质效率的平均值分别为 Y_1 、 Y_2 和 Y_3 ,通过统计计算,可获得如下方程式:

$$Y_1 = -0.019 X'^2 + 1.500 X' - 21.507, (n = 750, r = 0.7910, P < 0.01)$$

$$Y_2 = 0.006 X'^2 - 0.518 X' + 12.769, (n = 750, r = 0.9378, P < 0.01)$$

$$Y_3 = -0.002 X'^2 + 1.503 X' - 1.251, (n = 750, r = 0.6653, P < 0.01)$$

根据回归方程可以计算出,当配合饲料中蛋白质含量为35.70%时,中华鲟可获得最大体质量增长率;当蛋白质含量为39.69%时,饲料系数达到最小值;当饲料中蛋白质含量达到41.80%时,鲟鱼可得到最大蛋白质效率。

3 讨论

蛋白质是决定鱼类生长最关键的营养物质,也

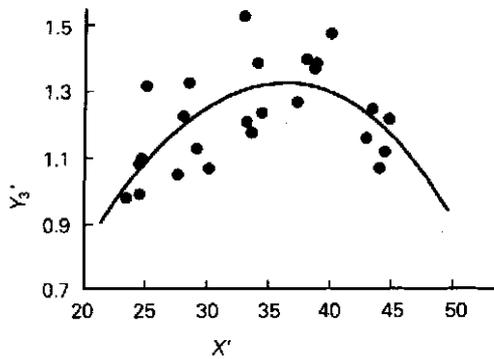


图6 蛋白质效率(Y_3')与蛋白质含量(X')的关系
Fig. 6 The relation between the protein content (X') and protein efficient rate (Y_3')

是饲料成本中花费最大的部分。饲料中缺乏蛋白质,不但影响鱼类的健康、生长和生殖,而且会发生诸如生长缓慢、体质量减轻及抗病力下降等缺乏症。但是,鱼类饲料中蛋白质含量过高,一则不经济,二则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^[5]。本试验中,养殖结果表明鲟鱼蛋白质的最适需求量为40.3%。进一步通过蛋白质含量与增长率、饲料系数和蛋白质效率之间的回归分析表明,中华鲟蛋白质的适宜需求量为35.70%~41.8%。吴锐全等综述认为,分布于不同地域的几种鲟鱼对饲料蛋白质的需求非常接近,西伯利亚鲟(*Acipenser baerii*)和史氏鲟(*A. schrenckii*)达到最大生长速度时对饲料蛋白质含量的最低要求分别为40.5%±1.6%和39.8%^[6]。孙大江等研究认为,史氏鲟幼鱼饲料蛋白质含量应在40%左右^[7]。Moore等研究表明,高首鲟(*A. trutta montanus*)幼鱼饲料最适蛋白质含量为36.5%~40.5%^[8]。对同一鲟鱼高首鲟,Hung则研究认为蛋白质需求量为40%±2%^[9]。这些结论均与本研究结果相近似。

鱼类生长的重要标志之一是体蛋白含量的增加。鱼类蛋白质的需求量随鱼的种类、大小、养殖水体的水质等因素而发生变化。饲料中非蛋白能量水平同样影响鱼类蛋白质的需求量^[10]。Prather和Lovell 1973年推测,在能量不足的情况下,饲料中高水平的蛋白质对鱼类是有害的^[11]。Sa mantary和Mokanty 1997年观察注意到,在适宜的能量蛋白比范围内,鱼类最大的生长并没有发生在最高的蛋白质水平组,而是在较低的蛋白质水平组。两位作者由此认为,高蛋白质水平组中,过高的蛋白质没有完全用于生长,而是被用

作能量而被消耗。而较低蛋白质组中,蛋白质被有效地用于鱼体蛋白的合成^[12]。因此,饲料中的蛋白质和能量应保持平衡。本试验的养殖结果表明,中华鲟配合饲料中的最佳蛋白能量比为27.85 ng/J,此时饲料的总能量为 1.44×10^7 J/kg。而通过蛋白能量比与体质量增长率、饲料系数和蛋白质效率的回归分析表明,中华鲟配合饲料适宜蛋白能量比为21.85~30.05 ng/J。在此范围以外的饲料,体质量增长和蛋白质效率均较低,而饲料系数较大,饲料浪费较大,养殖效益自然下降。Daniels和Robinson研究认为体质量43 g眼斑拟石首鱼(*Siniaops ocellatus*)的蛋白能量比为23.41 ng/J^[13],Nematipour等研究了体质量为35 g杂交鲈(*Morone chrysops* ♀ × *M. saxatilis* ♂)的蛋白能量比为26.75 ng/J^[14],El-Sayed和Teshima通过对体质量为50 g的罗非鱼(*Nile tilapia*)进行研究后认为其适宜蛋白能量比为24.60 ng/J^[15],Takeuchi等研究认为鲤鱼(*Cyprinus carpio*) (20 g)的蛋白能量比为25.79 ng/J^[16],林黑着等研究认为鲮鱼(*Ereochromis niloticus*) (45 g)的蛋白能量比为21.73 ng/J^[17],戴祥庆等研究了青鱼(*Mylopharyngodon piceus*) (3.5 g)的蛋白能量比,结果为26.25 ng/J^[18],Catacutan和Coloso对尖吻鲈(*Lates calanfff*)幼鱼(1.34 g±0.01 g)的研究认为,理想的蛋白能量比为30.57 ng/J^[19],Sumanaray和Mhanty研究认为,纹鳃(*Channa striata*)当蛋白能量比为21.71 ng/J时,获得最大增长率和最小饲料系数^[12]。鱼类食性的差异,导致营养需求不同,而且不同研究人员所采用的蛋白源和脂肪含量不同,在计算蛋白质、碳水化合物和脂肪的能量时,有的按 1.67×10^4 , 1.67×10^4 和 3.77×10^4 J/g,有的按 2.34×10^4 , 1.72×10^4 和 3.98×10^4 J/g计算^[17]。因此,正如上述结果反映的一样,不同鱼类的适宜蛋白能量比存在着差异。

本研究中,蛋白质效率为0.98%~1.59%,平均为1.23%±0.06%,相对于鲤鱼^[20]、青鱼^[18]等鱼类而言处于较低水平。蛋白质效率随鱼的种类、饲料中蛋白质的种类、蛋白质摄食量(饲料中蛋白质含量)、饲养天数、水质等多种因素的影响^[5]。Catacutan和Coloso在对尖吻鲈幼鱼蛋白能量比的研究过程中发现,较高的蛋白质效率(1.62~2.26)主要是由于饲料中氨基酸的组成与尖吻鲈的肌肉氨基酸组成相似^[19]。本试验中,相对于有些鱼类而言中华鲟蛋白质效率较低,可能是鲟鱼的固有特征,亦或是由于饲料中酪蛋白和明胶的配比比例不当,以致于不同氨基酸之间的比例不理想,导致蛋白质的利用率下降,确切原因有待深入探讨。

参考文献

- 1 上海水产学院主编. 鱼类学与海水鱼类养殖. 北京: 农业出版社, 1989. 154-157
- 2 邓昕, 崔亦波, 熊思岳. 人工饲料喂养中华鲟仔鱼的初步试验. 水生生物学报, 1998, 22(2): 189-191
- 3 叶继丹, 孙大江, 曲秋芝, 等. 用配合饲料驯饲中华鲟仔鱼研究初报. 动物营养学报, 1999, 11(2): 62
- 4 肖慧, 王京树, 文志豪, 等. 不同饵料饲养中华鲟幼鲟试验. 水利渔业, 1998(5): 51-52
- 5 关受江. 鱼类营养及饲料学. 成都: 科技大学出版社, 1992. 5-19
- 6 吴锐全, 肖学铮, 黄樟翰, 等. 鲟鱼的营养需求和饲料. 水利渔业, 1999, 19(5): 21-22
- 7 孙大江, 曲秋芝, 马国军, 等. 史氏鲟人工养殖研究现状与展望. 中国水产科学, 1998, 5(3): 108-111
- 8 Moore B J. Protein requirement of hatchery produced juvenile white sturgeon (*A. transmontanus*). Aquaculture, 1988, 71: 235-245
- 9 Hu ng S S O. Sturgeon, *Acipenser* spp. In: Wilson R P (ed). Handbook of nutrient requirements of finfish. Boca Ranton: CRC Press, 1991. 153-160
- 10 National Research Council. Nutrient Requirements of Warmwater Fishes. Washington: National Academy of Sciences, 1977. 78
- 11 Prather E B, Lovell R T. Responses of intensively fed channel catfish to diets containing various protein to energy ratios. Philippines: Proc. South East. Assoc. Game Fish. Comm., 1973. 455-459
- 12 Sa mantaray K, Mohanty S S. Interactions of dietary levels of protein and energy on fingerling snakehead, *Channa striata*. Aquaculture, 1997, 156: 245-253
- 13 Daniels W H, Robinson E H. Protein and energy requirements of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*). Aquaculture, 1986, 73: 243-252
- 14 Nemati pour G R, Brown M L, Gardin D M. Effects of dietary energy/protein ratios on growth characteristics and body composition of hybrid striped bass, *Morone chrysops* ♀ × *M. saxatilis* ♂. Aquaculture, 1992, 107: 359-368
- 15 El-Sayed A M, Teshima S. Protein and energy requirements of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fry. Aquaculture, 1992, 103: 55-63
- 16 Takeuchi T, Watanabe T, Ogino C. Optimum ratio of dietary energy to protein for carp. Bull Jpn Soc Sci Fish, 1979, 41: 443-447
- 17 林黑着, 江琦, 黄剑南, 等. 鲮鱼配合饲料适宜蛋白含量及蛋白能量比的初步研究. 上海水产大学学报, 1998, 7(3): 187-192
- 18 戴祥庆, 杨国华, 李军. 青鱼饲料最适能量蛋白比的研究. 水产学报, 1988, 12(1): 35-41
- 19 Catacutan M R, Coloso R M. Effect of dietary protein to energy ratios on growth, survival, and body composition of juvenile Asian seabass, *Lates calcarifer*. Aquaculture, 1995, 131(1-2): 125-133
- 20 桥本芳郎(蔡完其译). 养鱼饲料学. 北京: 农业出版社, 1985. 105-108

PROTEIN REQUIREMENT AND OPTIMUM RATIO OF DIETARY PROTEIN TO ENERGY FOR JUVENILE CHINESE STURGEON, *Acipenser sinensis*

WEN Xiaobo KU Yao Mei LUO Jingbo
(Department of Animal Science, Hubei Agriculture College, Jingzhou, 434025)

Received: Oct., 8, 2002

Key Words: *Acipenser sinensis*, Mixed feed, Protein requirement, Ratio of protein to energy

Abstract

The optimum protein requirement and ratio of protein to energy for juvenile Chinese sturgeon (body weight, 8.37 g ± 0.79 g) were determined using practical diets in a 5 × 5 factorial experiments. Five protein levels (25, 30, 35, 40 or 45) and five dextrin levels (4, 13, 24, 35 or 43) at a fixed lipid level of 3% were tested. The ratios of the experimental diets ranged from 15.41 to 37.05 ng protein/J. The experimental fish were reared for 8 weeks in 150-liter flowthrough tanks with groundwater at 22.3 ~ 25.1 °C. Based on calculating weight gain, food conversion rate and protein efficiency rate, the experimental results indicated the protein requirement and optimum ratio of dietary protein to energy for juvenile Chinese sturgeon were 35.7% ~ 41.8%, and 21.85 ~ 30.05 ng protein/J respectively. The diet containing 40.3% protein and 1.44 × 10⁷ J dietary calorie/kg diet with the ratio of protein to energy of 27.85 ng protein/J was found to be optimum for juvenile Chinese sturgeon under the experimental conditions used in the study.

(本文编辑:刘珊珊)