

中华鲟幼鲟蛋白质营养最适需要量

陈喜斌¹, 庄平², 曾翠平¹, 游文章², 赵京扬¹

(1. 华中农业大学 畜牧兽医学院, 湖北 武汉 430070;

2. 中国水产科学研究院 长江水产研究所, 湖北 荆州 434000)

摘要:为确定中华鲟(*Acipenser sinensis*)幼鲟最佳生长的饲料蛋白质适宜含量,按单因子梯度设计原理,设计5种不同蛋白质水平配方的饲料,分别投喂中华鲟幼鲟,测定中华鲟幼鲟体重、体成分,同时用外源性指示剂(Cr_2O_3)测定饲料中干物质和粗蛋白的表观消化率,比较其测定结果。结果表明,饲料蛋白质质量分数为44.18%时,中华鲟的生长效果最好;以增重率为指标,通过直线回归和抛物线回归推算出中华鲟蛋白质需要的适宜质量分数为40.00%~43.01%。

关键词:中华鲟幼鲟;蛋白质水平;生长性能;营养需要
中图分类号:S963.16 **文献标识码:**A

文章编号:1005-8737(2002)01-0060-05

中华鲟(*Acipenser sinensis*)的研究始于20世纪50年代,有关其生长、繁殖、孵化、疾病防治等方面的报道较多^[1~3]。而对中华鲟营养需要和配合饲料的研究尚属起步,报道较少^[4,5]。目前国内中华鲟养殖的饲料配制仅停留在经验和估算水平,或直接用鳖等肉食性种类的饲料而没有以中华鲟的营养需要参数作为饲料配方的科学依据。本实验旨在制定中华鲟的营养需要量提供理论基础,同时也为中华鲟人工饲料的开发提供科学依据。

作为粘合剂,按设计得到5种饲料。饲养时,第1至5组实验鱼依次用第1至5号饲料。饲料配方和营养水平见表1。

表1 饲料营养组成及营养水平

Table 1 Dietary composition and nutrient level %

项目 Item	组别 Group				
	1	2	3	4	5
日粮组成 Diet composition					
鱼粉 Fishmeal	37.0	43.2	49.2	55.4	61.5
豆粕 Soybean meal	15.1	17.6	20.3	20.6	25.3
玉米淀粉 Maize starch	28.9	20.2	11.5	3.0	0.0
营养水平 Nutrient level					
干物质 Dry matter	90.00	90.90	91.22	91.89	91.87
粗蛋白 Crude protein	29.57	35.54	44.18	48.89	52.68
粗脂肪 EE	10.00	10.36	11.99	11.61	11.78
粗纤维 Crude fibre	1.51	1.25	1.24	1.41	1.72
粗灰分 Crude ash	10.76	11.98	13.34	14.70	16.09
无氮浸出物 NFE	38.16	31.77	20.47	15.28	18.82
总能/($mJ \cdot kg^{-1}$) GE	19.77	17.41	17.98	17.98	18.82
能量蛋白比 GF/CP	66.86	48.99	40.70	36.78	35.73

注:配方所用的多维和多矿由长江水产研究所饲料组提供。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 中华鲟幼鲟 由中国水产科学研究院长江水产研究所提供,规格基本一致,平均体重(13.15±0.51)g,80尾随机分成5组,每组设2个重复,用规格为78cm×40cm×45cm的水族箱进行喂养。

1.1.2 饲料 以鱼粉和豆粕作为蛋白源,用玉米淀粉调节蛋白质梯度,每组饲料中添加等量的 α -淀粉10%,植物油4.0%,复合维生素0.5%和复合矿物质元素2.5%,用2.0%的羧甲基纤维素钠(CMC)

1.2 饲养管理

每天定时投喂3次(8:30,16:30,20:00),投饵量以使鱼采食完为准并记录每天的投饵量。水族箱

收稿日期:2001-03-02.

基金项目:国家95科技攻关资助项目(96-008-01-01-07).

作者简介:陈喜斌(1962-),男,副教授,博士,硕士生导师,从事动物营养的教学与研究。

中注入充分曝气的自来水,昼夜增氧,每天 8:30 前换水 1/3~1/2,并排污以保持池水含氧量高(6 mg/L)。实验期间水温为 18.5~20.0 ℃。实验周期为 35 d。

1.3 消化试验

采用外源性指示剂(Cr_2O_3)测定饲料中干物质和粗蛋白的表观消化率。消化试验采用连续收粪法用吸管及时收集粪便,尽量保证收集的粪便完整。试验周期 14 d。

1.4 样品测定指标及分析

实验开始和结束时测定中华鲟的体长和体重。实验前选 5 尾,结束时每箱各取 2 尾,作解剖试验。各配合饲料及整个鱼体、粪样的水分、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、粗纤维及钙磷含量,按国标进行测定^[6]。能量用氧弹式测热计测定。饲料和粪样中的 Cr_2O_3 用二苯碳酰二肼分光光度法测定。

饲料中某营养物质的消化率按如下公式计算:

$$D_A\% = [1 - (a/A \times B/b)] \times 100\%$$

式中:A—饲料中某营养成分的含量%;a—鱼粪中相应营养成分的含量%;B—饲料中指示剂的含量%;b—鱼粪中指示剂的含量%。

1.5 数据分析及处理

用 SPSS 程序对试验数据进行多重比较和显著性检验。

2 结果与分析

2.1 饲料中不同蛋白质含量对中华鲟幼鲟生长和饲料利用的影响

结果见表 2。

由表 2 可以看出:第 3 组实验鱼的平均增重优于其他各组。第 5 组的增重率显著低于其他各组($P < 0.05$),而第 2、3、4 组的增重率间差异不显著($P > 0.05$)。随配合饲料蛋白质水平的提高,中华鲟的生长速度加快,但当蛋白质水平超过一定程度(44.48%)后,中华鲟的生长速度反而下降,由此可知,日粮蛋白质水平对中华鲟的生长影响较大,日粮蛋白质水平过高(52.68%)或过低(29.57%)均不利于中华鲟的增重。饲料系数以第 3 组中华鲟的最低,较其他各组下降 3.19%~26.02%。第 1、5 组的饲料系数显著高于第 2、3、4 组($P < 0.05$)。这表明在一定范围内(29.57%~44.18%),饲料蛋白水平的提高可增加饲料的利用率,而当蛋白水平高达 48.89%后,将不利于中华鲟对饲料的利用。

蛋白质效率比随饲料蛋白质水平提高而下降。第 1、2 组的蛋白质效率比显著高于第 3、4、5 组($P < 0.05$),除第 1、2 组间的差异不明显外,其他各组间的蛋白质效率比差异显著。蛋白质沉积率与蛋白质效率比的变化趋势基本一致。

2.2 饲料中不同蛋白质含量对中华鲟鱼体成分的影响

鱼体分析结果表明(表 3),中华鲟鱼体蛋白质含量以第 3 组实验鱼最高,达到 71.33%,显著高于第 5 组($P < 0.05$),其他各组差异不显著($P > 0.05$)。由此说明,日粮蛋白质水平对中华鲟体蛋白含量的影响并不十分明显,体脂肪含量以第 4 组最高,除第 5 组显著低于其余各组外,其他各组差异不显著。各组实验鱼体总能含量随着饲料蛋白质水平的增加有上升的趋势,但各组差异不显著($P > 0.05$)。

2.3 消化试验的结果

从表 4 可以看出,投喂第 4 号饲料的实验鱼的干物质表观消化率最高,中华鲟对日粮干物质的消化率随日粮蛋白质水平的提高而上升,到第 4 组达到最高,但日粮蛋白质质量分数为 52.68% 时反而下降。第 3、4 组实验鱼干物质表观消化率极显著地高于第 1、2、5 组($P < 0.01$)。粗蛋白质的表观消化率也表现出与干物质的表观消化率有相同的规律。第 4 组实验鱼的蛋白质表观消化率显著高于第 1、2、3、5 组,第 1、5 组实验鱼粗蛋白消化率显著低于其他各组($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 蛋白质水平与增重率的关系

本实验结果表明,饲料蛋白质水平从 29.57% 增至 44.18%,实验鱼的增重率表现为直线上升,在一定范围内($X < 39.68\%$),中华鲟幼鲟的增重率(Y)与饲料蛋白质含量(x)呈直线相关,回归方程为: $y = 261.758 + 6.620x$ ($R = 0.9810$, $P < 0.01$)。在整个蛋白质水平梯度范围内,幼鲟增重率与饲料蛋白质含量成二次曲线关系。由抛物线回归法得出回归方程为: $y = -1178.2 + 86.722x - 1.084x^2$ ($R^2 = 0.9203$, $P < 0.01$),见图 1。抛物线的顶点可认为是幼鲟饲料蛋白质适宜含量的低限(40.00%),而从抛物线与直线交点可得出饲料蛋白质含量适宜范围的高限(43.01%)。因此,根据实验结果回归分析,可求得幼鲟饲料蛋白质适宜质量分数为 40.00%

~43.01%。

3.2 幼鲟饲料的适宜蛋白质水平

Moore 等^[7]报道,高首鲟(体重 145~300 g) 饲料蛋白质适宜质量分数为 36.5%~40.5%,最高增重率需求为 49.6%。Kaushik 等^[8]研究表明,西伯利亚鲟(体重 22~44 g)饲料蛋白质的最适质量分数为 38%~42%,最高增重率需求为 49%。陈海涛等^[9]试验得出史氏鲟幼鲟达到最大生长速度时,饲

料蛋白质质量分数为 39.8%。本研究用蛋白质梯度试验法得出,中华鲟幼鲟饲料蛋白质适宜质量分数为 40.00%~43.01%,最高增重率需求为 44.18%,这与上述 3 种鲟及肖慧^[5]等报道的中华鲟的蛋白质需要量十分相近,也与一些肉食性鱼类,如青鱼(41.0%)、大口鲶(43.1%)等相近^[10,11],而高于鲤(32%~38%)、草鱼(25.2%)、团头鲂(26%)等杂食性或草食性鱼类^[12-14]。

表 2 不同蛋白质水平对中华鲟生长的影响

Table 2 Effects of protein levels on growth of juvenile Chinese sturgeon

项目 Item	组别 Group				
	1	2	3	4	5
蛋白质水平/% Protein level	29.57	35.54	44.18	48.89	52.68
初体重/g Initial body weight	13.24±0.23 ^a	12.89±0.39 ^a	12.60±0.80 ^a	13.38±0.95 ^a	13.65±0.89 ^a
末体重/g Final body weight	72.89±0.89 ^b	78.23±2.73 ^a	81.61±1.14 ^a	78.20±0.35 ^a	63.85±2.26 ^c
增重率/% Weight gain rate	450.97±16.05 ^b	508.06±39.54 ^a	549.70±32.16 ^a	487.19±39.04 ^a	367.45±7.58 ^c
日增重/g Daily weight gain	1.71±0.03 ^a	1.87±0.09 ^a	1.97±0.01 ^a	1.85±0.02 ^a	1.44±0.13 ^b
饲料系数/% Feed gain rate	1.23±0.03 ^a	1.05±0.02 ^c	0.91±0.05 ^c	0.94±0.02 ^c	1.12±0.02 ^b
蛋白质效率/% Protein efficiency	2.77±0.06 ^a	2.68±0.05 ^b	2.50±0.01 ^b	2.19±0.04 ^b	1.71±0.03 ^c
蛋白质沉积率/% Protein retention	31.56±0.58 ^a	28.47±0.62 ^b	8.74±0.34 ^b	25.51±0.50 ^c	16.41±0.40 ^d

注:同行数字右上角的字母不同表示差异显著,下同。Different subscripts on the same line mean significant difference, the same below.

表 3 中华鲟体成分分析结果(以绝对干物质基础)

Table 3 Body composition of juvenile Chinese sturgeon(Dry basis)

项目 Item	组别 Group				
	1	2	3	4	5
粗蛋白/%CP	70.37±0.04 ^b	70.96±0.01 ^b	71.33±0.32 ^a	70.83±0.34 ^b	70.21±0.71 ^c
粗脂肪/%EE	13.81±0.43 ^a	13.77±0.62 ^a	13.51±0.73 ^a	14.22±1.19 ^a	10.59±0.16 ^b
粗灰分/% Crude ash	12.69±0.69 ^c	13.61±0.25 ^b	13.22±0.01 ^b	12.83±0.12 ^b	14.00±0.31 ^a
总能/(m·J·kg ⁻¹)GE	18.63±0.55 ^c	19.02±0.02 ^a	19.02±0.11 ^a	20.08±0.71 ^a	20.51±0.5 ^a

表 4 试验日粮中营养物质的消化率

Table 4 Digestibility of nutrients of experiment feeds

%

项目 Item	组别 Group				
	1	2	3	4	5
干物质 Dry matter	61.09±0.86 ^b	66.27±0.91 ^b	69.21±0.11 ^a	69.38±0.57 ^a	63.65±0.52 ^b
粗蛋白 Crude protein	80.86±0.52 ^c	81.63±0.18 ^b	82.10±0.52 ^b	85.67±0.40 ^a	80.10±0.49 ^c

在研究中,随着饲料蛋白质含量的提高,中华鲟的增重、饲料效率均提高,到第 3 组饲料蛋白为 44.18% 时,达到最高。当饲料蛋白质含量超过这个最适量后,出现鱼体生长下降的现象,这在大口鲮、青鱼、团头鲂、草鱼中也有过同样的结果。在高首鲟和西伯利亚鲟的研究中,当饲料蛋白质含量超过最适含量后,增重率虽略有下降,但不显著,而在本实验中,这种下降较明显,这可能与鱼的种类和养殖环境有关。

本实验中,随着饲料蛋白质含量的上升,蛋白质效率比和蛋白质沉积率均逐步下降,这表明在低于最适需求的日粮蛋白质含量时,中华鲟对日粮蛋白质利用率更高。当蛋白质含量过高,幼鲟仅能将摄取的蛋白质的有限部分加以积累,其他部分被代谢用作能量或转化为脂肪,从而导致了蛋白质效率及蛋白质沉积率的下降。这也是随着蛋白质水平的增加,中华鲟鱼体脂肪含量略有增加的原因。这与 Moore 等^[7]研究高首鲟的结果及杨国华等^[15]研究团头鲂的报道一致。

3.3 影响饲料中蛋白质消化率的因素

饲料中蛋白质含量与淀粉含量均影响蛋白质消化率,通常饲料中蛋白质含量越高,蛋白质的表观消化率越高。消化实验表明,在低蛋白质含量时,饲料中蛋白质的表观消化率也较低,随着饲料蛋白质含量的增加(从 29.57% 至 48.89%),中华鲟的蛋白质表观消化率也提高,其原因是饲料中蛋白质水平较低时,粪氮中内源性氮的比例上升从而导致表观消化率下降。但当饲料中蛋白质含量过高(52.68%)时,蛋白质的表观消化率反而降低了,这可能是饲料蛋白质含量过高,超过了中华鲟幼鲟的消化吸收能力,使粪便中食物残渣的蛋白质增加。

饲料中淀粉含量增加,蛋白质消化率下降的现象在肉食性鱼类中特别明显,其机制目前尚不清楚,有人认为是由于饲料中淀粉成糊状残留于肠中,从而影响了蛋白质的消化吸收。本实验中,蛋白质含量低时,淀粉的含量高,因此低蛋白时消化率低,可能是受到了高淀粉含量的影响。本实验未将淀粉作为试验因子,淀粉对中华鲟生长及其消化能力的影响有待于进一步研究。

3.4 仅从蛋白质含量变化来证明饲料对中华鲟生长影响的局限性

本实验所用的蛋白质梯度试验中,只要蛋白质含量发生变化,其他主要营养成分如脂肪、粗纤维,

尤其是无氮浸出物含量都会发生变化,并对中华鲟的生长产生不同的影响。一般在分析蛋白质的含量影响时,将其他主要营养成分综合成总能,并以能量与蛋白质的比值即 C/P 值加以分析。本实验设计未对饲料总能作特别安排,但测定出的各组饲料总能比较接近,为 17.41~19.77 mJ/kg 饲料。但由于蛋白质含量不同,C/P 值差别较大,为 35.73~66.86 kJ/g 蛋白。蛋白质含量低的饲料 C/P 高,反之 C/P 值低。由表 3 可知 C/P 值为 36.78~40.70 kJ/g 蛋白时,中华鲟的生长较好,此结果明显高于杨国华等^[15]报道的团头鲂(33~36 kJ/g),而与毛学英^[16]对鳖(38.55~39.18 kJ/g)的研究结果相近。饲料适宜能蛋比的确定,对提高饲料质量起到重要的作用。因为适宜的能蛋比使饲料蛋白质主要用于体氮沉积,促进生长,而由脂肪和碳水化合物提供能量,达到节约蛋白质的目的。关于中华鲟饲料中 C/P 值的研究尚未见报道,今后需进一步研究在同一蛋白质水平条件下饲料中不同 C/P 值对中华鲟幼鲟生长的影响,以探讨通过优化饲料中 C/P 值来增加蛋白质利用率。

参考文献:

- [1] 梁地方. 中华鲟幼鱼摄食生物学和人工饲料问题[J]. 中国水产科学, 1995, 2(5): 107-112.
- [2] 易继舫, 万建义, 田家元, 等. 中华鲟人工繁殖催技术[J]. 水利渔业, 1988, (5)28-32.
- [3] 廖国璋, 何裕康, 李万林, 等. 中华鲟的繁殖保护[J]. 中国水产, 1996, (5)30-34.
- [4] 邓 昕, 崔奕波, 熊思岳. 人工饲料喂养中华鲟仔鱼的初步试验[J]. 水生生物学报, 1998, 2(2): 189-191.
- [5] 肖 慧, 王京树, 文志豪, 等. 中华鲟幼鱼饲料营养要素适宜含量的研究[J]. 中国水产科学, 1999, 6(4): 33-38.
- [6] 杨 胜. 饲料分析及饲料质量检测技术[R]. 北京: 农业出版社, 1994.
- [7] Moore B J, Hung S S O, Medrano J F. Protein requirement of hatchery-produced juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) [J]. Aquaculture, 1988, 71: 235-245.
- [8] Kaushki S J, Luquet P, Blanc D, et al. Studies on the nutrition of Siberian sturgeon, *Acipenser baeri* I Utilization of digestible carbohydrates by sturgeon [J]. Aquaculture, 1989, 76: 97-107.
- [9] 陈海涛, 周长海. 用人工配合饲料驯化黑龙江鲟稚鱼转口的试验[J]. 黑龙江水产, 1998, (1): 17-18.
- [10] 杨国华, 李 军, 郭履骥, 等. 夏花青鱼饲料中最适蛋白质含量[J]. 水产学报, 1981, 5(1): 49-55.
- [11] 吴 江, 张泽芸, 黄德友. 大口鲮营养需要量的研究[J]. 科学养鱼, 1996, (4)9-12.
- [12] 石文雷, 陆茂英. 我国养鱼饲料工业发展概况及其未来[J]. 饲

- 料工业, 1990, (6)12-15.
- [13] 廖朝兴, 黄忠志. 草鱼种在不同生长阶段对饲料蛋白质需要的研究[J]. 淡水渔业, 1987, (1)1-4.
- [14] 邹志清, 苑熙福, 陈双喜. 团头鲂最适蛋白质含量[J]. 淡水渔业, 1987, (3)21-24.
- [15] 杨国华, 王继东, 陈迪虎. 团头鲂配合饲料最适能量蛋白比的研究[J]. 上海水产研究所建所十周年特刊, 1988. 1-7.
- [16] 毛学英. 鳖的能量和蛋白质营养需要的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 1996.

Optimum protein level of diets for juvenile *Acipenser sinensis*

CHEN Xi-bin¹, ZHUANG Ping², ZENG Cui-ping¹, YOU Wen-zhang², ZHAO Jing-yang¹

(1. Animal Husbandry and Veterinary Medicine Department, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 2. Changjiang Fisheries Research Institute, Jingzhou 434000, China)

Abstract: Five diets were designed with different protein levels. The main protein sources were fishmeal and soybean meal. The juvenile sturgeon *Acipenser sinensis*, body weight (13.15 ± 0.51)g, were fed three times each day for 35 d to determine their growth and the digestive trial was conducted in the first 14 d. During the experiment the water temperature was 18.5-20.0 °C. The results indicate that the optimum protein level is 44.18%; the protein level in diets does not affect that in the muscle obviously, but the gross energy in the sturgeon body increases with the increase of protein level in diets. The results of the digestive trial shows that the digestive rate increases with the increase of diet protein level until protein level at 48.80% and then gets down. The regression analysis shows the optimum protein level for the requirement of the juvenile sturgeon is 40.00%-43.01%.

Key words: juvenile *Acipenser sinensis*; protein level; growth performance; nutrient requirement