

中华鲟幼鱼饲料营养素适宜含量的研究

肖 慧 王京树 文志豪 鲁雪豹 刘 海

(葛洲坝中华鲟研究所, 宜昌 443100)

摘 要 用蛋白质梯度饲养法测定蛋白质适宜含量范围,以增重率为指标,采用直线和抛物线回归,计算出幼鲟饲料蛋白质适宜需要量为35.41%~49.09%;用正交试验法,以生长比速、蛋白质效率和饲料系数为评价指标,筛选幼鲟最适生长的饲料营养素含量为:蛋白质40.41%,脂肪9.06%,糖25.56%,纤维素4.08%。各营养素对幼鲟的生长及蛋白质效率的影响大小为:蛋白质>脂肪>糖>纤维素,其中蛋白质为影响生长和鱼体成份变化的主要因素($P<0.05$);用脂肪梯度饲养法对正交试验结果进一步重复和验证,结果吻合。

关键词 中华鲟, 幼鱼, 配合饲料, 营养需求

关于鲟鱼营养需求的研究及其结果已有许多报道^[1-5], Moore B J 等^[2]研究了高首鲟(*Acipenser transmontanus*)对各种营养物质的需要量,认为高首鲟(体重145~300 g, 20℃)饲料的最适蛋白质含量为(40.5±1.6)%,最佳脂肪含量为9%左右,最佳D-葡萄糖含量为21%。Kaushik 等^[3]研究了西伯利亚鲟(*A. baeri*)对蛋白质和必需氨基酸的需求和利用,认为西伯利亚鲟(体重22~44 g, 18℃)饲料的最佳蛋白质含量为(40.0±2.0)%。陈声栋等^[1]配制了史氏鲟(*A. schrenck*)的人工饲料,认为史氏鲟(体重3~12 g)配合饲料蛋白质含量以39%最适生长。中华鲟(*A. sinensis*)是我国一类保护珍稀鱼类,其营养需求的研究尚未见报道。本试验用蛋白质梯度饲养法、正交试验法和脂肪梯度饲养法对中华鲟幼鱼饲料的营养素需要量进行研究,以了解中华鲟人工配合饲料中蛋白质、脂肪等营养素的适宜含量,为中华鲟营养学及人工配合饲料研究提供科学依据。

1 材料与方法

试验分3部分进行。试验I、II、III分别使用蛋

白质梯度饲养法,正交试验法和脂肪梯度饲养法。

1.1 饲料

试验I以白鱼粉为蛋白源,用糊精调节蛋白质梯度,每组饲料中添加等量的 α -淀粉、油脂、复合维生素和无机盐混合剂,用羧甲基纤维素作为粘合剂,饲料配方见表1。同时设一无蛋白质饲料组。

表1 试验I的饲料组成

Table 1		Diet formulas in experiment I								%
成份	饲料编号								diet No.	对照
composition	1	2	3	4	5	6	7	8	9	control
鱼粉	16	32	40	48	56	64	72	80	88	0
fish meal										
糊精	72	56	48	40	32	24	16	8	0	88
dextrin										
α 淀粉	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
carbohydrate										
其它	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
others *										
蛋白质	9.92	19.84	24.80	29.76	34.72	39.68	44.64	49.60	54.56	0
protein										

* 复合维生素、复合无机盐、豆油、CMC 各1%。Mixed vitamins, mixed inorganic salts, bean oil and CMC each 1%.

试验II选用正交表 $L_9(3^4)$ 设计饲料中蛋白质、脂肪、糖和纤维素的水平,共9组,各营养素和分组水平设置如下:蛋白质为45.0%,40.0%,35.0%;脂肪为9.0%,11.0%,13.0%;糖为20.0%,

收稿日期:1998-04-03

25.0%, 30.0%; 纤维素为 2.0%, 4.0%, 6.0%。试验饲料以白鱼粉、大豆粉、面粉、复合维生素和无机盐为基础饲料, 分别添加酪蛋白、豆油、 α -淀粉、羧甲基纤维素(钠)来调节饲料中蛋白质、脂肪、糖和纤维素的含量。制备后的饲料经测定其营养成分作为

各营养素的水平值, 各组饲料营养素含量见表 2。

试验Ⅲ依据Ⅰ、Ⅱ试验的结果, 取蛋白质的适宜量, 以豆油作为脂肪源, 用纤维素粉调节脂肪梯度, 再添加适量的混合无机盐和维生素预混物, 饲料组成见表 3。试验饲料所用原料均为市售品。

表 2 正交试验各营养素的因素及水平
Table 2 Nutrients and levels in diets of experiment II

成份 composition	饲料编号 diet No.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
蛋白质 protein	45.38	45.38	45.38	40.41	40.41	40.41	36.69	36.69	36.69
脂肪 fat	9.06	11.04	13.03	9.06	11.04	13.03	9.06	11.04	13.03
糖类 crab	21.59	25.56	29.54	25.56	29.54	21.59	29.54	21.59	25.56
纤维素 cellulose	2.04	4.08	6.03	6.03	2.04	4.08	4.08	6.03	2.04

表 3 试验Ⅲ的饲料组成
Table 3 Diet formulas in experiment III

成份 composition	饲料编号 diet No.			
	1	2	3	4
鱼粉 fish meal	64	64	64	64
糊精 dextrin	24	24	24	24
微晶纤维素 cellulose	6.5	4.5	2.5	0.5
豆油 beau oil	2.5	4.5	6.5	8.5
其它 others *	3	3	3	3
脂肪 fat	5.06	7.06	9.06	11.06

* 复合维生素、复合无机盐、黄原胶各 1%。Mixed vitamins, mixed inorganic salts and colloid, each 1%.

1.2 试验鱼及养殖

试验用中华鲟幼鲟为本所自繁自育, 试验Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ的幼鲟平均初始体重分别为 (8.00 ± 0.16) g、 (8.32 ± 0.13) g 和 (40.73 ± 0.64) g。各试验鱼健壮无病, 大小均匀。养殖池为直径 2 m, 水深 30 cm 的玻璃纤维圆池。

试验Ⅰ、Ⅲ为井水微流水, 流量 5~10 L/min; 试验Ⅱ为曝气自来水静水, 增氧机间隙增氧, 每天换水 1/3。试验Ⅰ为期 30 d, 水温 13~17℃, 平均 15℃, 每池放幼鲟 30 尾, 每组设 2 个平行; 试验Ⅱ为期 28 d, 水温 12~16.5℃, 平均 13.8℃, 每池放幼鲟 20 尾; 试验Ⅲ为期 28 d, 水温 13~15.5℃, 平均 14.3℃, 每池放幼鲟 14 尾, 每组设 3 个平行组。

饲料原料经充分拌匀, 用时加水, 制成含水量 40% 左右的软颗粒, 每天于 9:00 和 16:00 各投饲 1 次, 日投喂量占体重的 5% 左右。每 10 d 按生长和摄食情况各组抽样 10 尾称重后调整投喂量。

1.3 分析测定

试验开始和结束时, 逐尾测定每组鱼的全长、体重; 试验开始时取同批放养幼鲟 3~5 尾, 试验结束

时每组取试验鱼 3~5 尾作鱼体成份分析; 水份测定用常压干燥法, 粗蛋白用凯氏定氮法, 粗脂肪用索氏抽提法, 灰份用灼烧法。

试验Ⅰ、Ⅲ用方差分析法确定组间差异的显著性, 用 Duncan's test 进行多重比较, 试验Ⅰ还用生长指标与饲料中蛋白质水平进行回归, 得出直线和抛物线方程, 据其交点和最大值, 确定需要量适宜范围。试验Ⅱ所得数据用极差分析法进行分析处理。

2 结果

2.1 中华鲟幼鲟饲料蛋白质含量的适宜范围

试验Ⅰ(表 4)表明, 幼鲟的末重、增重率、饲料系数明显受饲料蛋白质水平的影响。多重比较显示, 幼鲟达最大生长时的饲料蛋白质在 39.68%~44.64% 之间, 蛋白质水平继续增加至 49.60%~54.56% 时, 鱼的生长又有所下降。饲料系数显示, 饲料蛋白质水平 9.92% 组比其它各组明显要高, 而其它各组间无显著差异。在饲料蛋白质水平从 24.80% 增加到 54.56% 时, 蛋白质效率显示出下降的趋势。蛋白质利用率呈现出与蛋白质效率相似的变化。饲料蛋白质水平低于 19.84% 时存活率下降。统计分析结果表明, 饲料蛋白质水平从 9.92% 增至 39.68% 时, 鱼体的末重、增重率表现为直线上升, 在一定范围内 $(X < 39.68)$ 幼鲟增重率(Y)与饲料蛋白质含量(X)的回归方程为: $Y = -41.224 + 9.549X$ ($r = 0.9674 > r_{0.01}$)。在整个蛋白质含量梯度试验范围内, 幼鲟增重率与饲料蛋白质含量成二次曲线关系, 按抛物线拟合得方程: $Y = -189.8 + 21.5X - 0.219X^2$ ($r^2 = 0.855$, $P = 0.0031$), 见图 1。二线的交点为幼鲟饲料蛋白质最适含量的低限(35.41%);

抛物线顶点为其最适含量的上限(49.09%)。所以 围是 35.41%~49.09%。
以回归分析法求得的幼鲟饲料蛋白质适宜含量的范

表 4 试验 I 中饲料蛋白质含量对幼鲟生长和饲料利用的影响

Table 4 Effects of dietary protein levels on growth and feed utilization in juvenile Chinese sturgeon(experiment I)

项目 item	饲料组 diet No.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
蛋白质含量/% protein levels	9.92	19.84	24.80	29.76	34.72	39.68	44.64	49.60	54.56
初均重(IBW)/g	8.16a	8.14a	8.04a	7.78a	8.08a	7.82a	8.12a	7.88a	7.84a
末均重(FBW)/g	12.29f	16.03e	21.06d	25.32c	33.02b	38.60a	37.81a	33.86b	30.88b
增重率(WGR)/%	50.61f	96.93c	161.94d	225.45c	320.57b	393.61a	365.64a	329.69ab	293.88b
饲料系数(FGR)	3.03a	1.53b	1.31b	1.23b	1.00b	0.84b	0.87b	0.92b	1.10b
蛋白质效率(PER)	3.33a	3.29a	3.08a	2.74ab	2.88ab	3.00ab	2.57ab	2.19ab	1.67b
蛋白质利用率(PPV)/%	43.13a	37.42ab	38.84a	34.78ab	32.72ab	33.03ab	28.74ab	24.44b	21.10b
存活率(SR)/%	81.7c	91.7b	96.7a	100a	100a	100a	100a	100a	98.3a

注:数据后英文字母不同者表示其差异显著($P < 0.05$),下同。Data followed by different letters are significantly different from each other($P < 0.05$), the same below.

2.2 幼鲟最适生长的营养素需要量

试验 I 结果再进一步通过正交试验,筛选幼鲟饲料蛋白质、脂肪、糖和纤维素的最适水平。试验 II 所设 3 个蛋白质水平是在梯度试验得出的饲料蛋白质最适范围内确定,其它各营养素也设 3 个水平。饲料效果以生长比速(SGR)、蛋白质效率(PER)和饲料系数(FGR)作为评价依据,结果见表 5。极差分析(表 6)结果表明,蛋白质水平的变动对 SGR、PER 和 FGR 的影响都最大,它的极差值分别为 0.88、0.61 和 0.28,其最优水平为 P_2 ;其次为脂肪,极差值分别为 0.30、0.22 和 0.10,其最优水平为 F_1 ;再次为糖,其最优水平为 S_2 ;其纤维素最优水平根据 SGR 确定为 C_2 ,根据 PET 和 FGR 确定为 C_1 ,从满足鱼体最大生长考虑可选 C_2 。据此,在本试验因子的水平范围内,各营养素对幼鲟生长比速、蛋白质效率的作用主次关系为:蛋白质>脂肪>糖>纤维素,各营养素对幼鲟饲料系数的作用主次关系为:蛋白质>脂肪>纤维素>糖,各营养素的最优组合为 $P_2F_1S_2C_2$ 。试验 II 中第 4 组营养素组成与最优组合

接近,饲养结果第 4 组的 SGR、PER 最高, FGR 最低;试验 I 中第 6 组饲料的蛋白质含量与试验 II 得出的蛋白质最优水平相近,结果第 6 组的 WGR 最

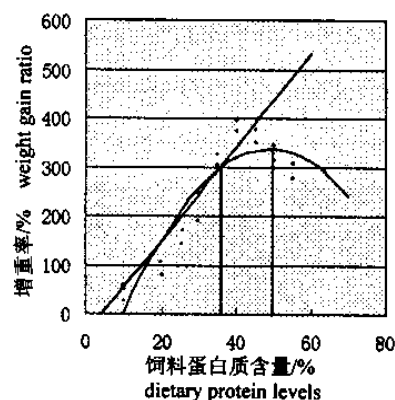


图 1 试验 I 中饲料蛋白质含量与增重率的关系

Fig.1 Relationship between dietary protein levels and weight gain ratio in juvenile Chinese sturgeon

表 5 正交试验结果

Table 5 The results of orthogonality experiment

项目 item	饲料组 diet No.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
初均重(IBW)/g	8.42	8.36	8.25	8.19	8.29	8.15	8.28	8.34	8.58
末均重(FBW)/g	28.7	28.47	25.45	32.39	29.09	29.08	25.09	21.96	25.24
生长比速(SGR)/%	4.380	4.346	4.023	4.911	4.483	4.543	3.959	3.458	3.854
蛋白质效率(PER)	2.099	1.968	1.852	2.781	2.525	2.719	2.310	2.065	2.412
饲料系数(FGR)	1.05	1.12	1.19	0.89	0.98	0.91	1.18	1.32	1.13

注:SGR = $(\ln W_t - \ln W) \times 100/d$.

高, FGR 最低, 因此极差分析法判断与饲养试验的结果基本吻合。

方差分析结果进一步表明, 蛋白质对 SGR ($P < 0.05$)、PER ($P < 0.05$) 和 FGR ($P \leq 0.01$) 的影响是显著的, 而脂肪、糖和纤维素的影响均不明显 ($P > 0.05$)。因此, 营养素中蛋白质水平对这 3 项指标起主要作用。

按以上结果筛选得幼鲟最适生长的饲料营养素含量为: 蛋白质 40.41%、脂肪 9.06%、糖 25.56%、纤维素 4.08%。以日投喂量占鱼体重 5% 计, 换算成每 100 g 幼鲟日需各营养素为: 蛋白质 2.02 g, 脂肪 0.45 g, 糖 1.28 g, 纤维素 0.20 g。

2.3 饲料中不同脂肪含量对幼鲟生长的影响

上述试验 II 得出的结果, 脂肪的适宜含量位于设计水平的下限, 由于脂肪是仅次于蛋白质的较主要因素, 故又安排了 4 水平的脂肪梯度试验, 结果 (表 7) 表明, 第 3 组饲料中脂肪含量为 9.06% 时, 幼鲟的末均重和增重率最高 ($P < 0.05$), 饲料系数最

低 ($P < 0.05$), 但饲料系数第 3 组与第 2 组 (脂肪含量为 7.06%) 间差异不显著 ($P > 0.05$)。该结果与试验 II 得出的脂肪最优水平一致, 故没有再进一步重复试验。

2.4 鱼体成份的分析

试验 I 的鱼体分析结果表明, 各组鱼体的水份、蛋白质、灰份的含量变化较小 (变异系数 CV 为 1.67% ~ 9.02%), 脂肪的含量变化较大 (CV 为 39.09%), 饲料蛋白质 39.68% ~ 49.60% 各组的鱼体脂肪含量在 4.71% ~ 5.26%, 饲料蛋白质 9.92% ~ 34.72% 各组的鱼体脂肪含量在 1.67% ~ 3.94% 间。各组试验后水份、蛋白质、脂肪和灰份的平均值分别为 $(80.54 \pm 1.35)\%$, $(11.82 \pm 0.77)\%$, $(3.45 \pm 1.35)\%$ 和 $(1.70 \pm 0.16)\%$, 试验前鱼体组成是, 水份 86.21%, 蛋白质 9.32%, 脂肪 2.40%, 灰份 1.41%; 试验后无蛋白饲料组的鱼体组成是, 水份 87.02%, 蛋白质 7.76%, 脂肪 0.88%, 灰份 1.23%。

表 6 营养素及其水平对幼鲟生长比速、蛋白质效率和饲料系数的影响

Table 6 Effects of dietary nutritional components and levels on specific growth rate, protein efficiency ratio and feed conversion of juvenile Chinese sturgeon

指标 index	生长比速 (SGR)/%				蛋白质效率 (PER)				饲料系数 (FGR)			
因素 factor	P	F	S	C	P	F	S	C	P	F	S	C
1	4.26	4.41	4.13	4.24	1.97	2.40	2.29	2.35	1.12	1.04	1.09	1.05
水平 level	2	4.64	4.11	4.38	4.29	2.58	2.18	2.39	2.33	0.93	1.14	1.05
3	3.76	4.14	4.15	4.13	2.26	2.33	2.23	2.23	1.21	1.08	1.12	1.13
极差 range	0.88	0.30	0.25	0.16	0.61	0.22	0.16	0.12	0.28	0.10	0.07	0.08
较优水平 better level	P ₂	F ₁	S ₂	C ₂	P ₂	F ₁	S ₂	C ₁	P ₂	F ₁	S ₂	C ₁
主次 factor order	P>F>S>C				P>F>S>C				P>F>C>S			

注: P - 蛋白质 protein; F - 脂肪 fat; S - 糖 sugar; C - 纤维素 cellulose.

表 7 饲料中不同脂肪含量对幼鲟生长和饲料利用率的影响

Table 7 Effects of dietary fat levels on growth and feed utilization in juvenile Chinese sturgeon

项目 item	饲料组 diet No.			
	1	2	3	4
脂肪含量 fat levels (%)	5.06	7.06	9.06	11.06
始均重 (IBW)/g	41.59a	40.72a	40.53a	40.06a
末均重 (FBW)/g	58.96b	70.46ab	82.53a	61.60b
增重率 (WGR)/%	41.76c	73.04b	103.63a	53.77bc
饲料系数 (FGR)	2.20a	1.33bc	0.94b	1.80ac

试验 II 的鱼体成份分析结果 (表 8) 显示, 不同饲料营养素水平对鱼体成份的影响以鱼体脂肪含量的变化最大 ($CV = 33.20\%$), 其次是蛋白质 ($CV = 7.60\%$) 和灰份 ($CV = 7.19\%$), 引起鱼体成份含量

变化的因素从极差 (R) 大小来看主要是蛋白质。饲料蛋白质水平对鱼体水份和脂肪含量有明显影响 ($P < 0.05$), 其它营养素水平变化则对鱼体成份变化没有明显影响 ($P > 0.05$)。

试验 III 的鱼体分析结果显示, 试验后鱼体的干物质由试验前的 12.10% 增至结束时的 21.92%, 其含量比试验前增加 44.80%, 蛋白质、脂肪和灰份也分别比试验前增加 35.94%、67.64% 和 38.15%, 其中尤以脂肪含量的增加较明显。

2.5 体氮维持量

试验 I 中无蛋白饲料组饲养结束时, 增重率为 -2.75%, 存活率为 60%, 测得幼鲟体氮维持量为 $(N)95.1 \text{ mg}/[\text{kg}(\text{BW}) \cdot \text{d}^{-1}]$ 。实验结束时鱼体脂肪

含量(0.88%)比试验前(2.40%)降低了 63.34%。

表 8 营养素及其水平对幼鲟鱼体成份的影响

Table 8 Effects of levels of nutrients on body composition of Juveniles Chinese sturgeon

营养素 nutrient	水平 levels	水份 moisture	蛋白质 protein	脂肪 fat	灰份 ash
蛋白质 protein	36.69	86.00	10.1	1.99	1.53
	40.41	83.58	9.78	3.69	1.62
	45.38	83.23	9.12	3.57	1.41
极差(R)		2.77	0.98	1.7	0.21
概率(P)		<0.05	>0.05	<0.05	>0.05
脂肪 fat	9.06	83.53	9.50	3.77	1.57
	11.04	84.30	9.78	2.72	1.49
	13.03	84.98	9.73	2.77	1.50
极差(R)		1.45	0.28	1.05	0.08
概率(P)		>0.05	>0.05	>0.05	>0.05
糖 carbo.	21.59	83.80	4.29	2.78	1.54
	25.56	84.61	9.31	3.38	1.55
	29.54	84.40	9.40	3.09	1.46
极差(R)		0.81	0.98	0.6	0.09
概率(P)		>0.05	>0.05	>0.05	>0.05
纤维素 cellulose	2.04	84.86	1.57	1.54	1.49
	4.08	84.22	1.49	1.55	1.51
	6.03	83.73	1.50	1.46	1.56
极差(R)		1.13	0.08	0.09	0.07
概率(P)		>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

3 讨论

Moore B J 等^[2]用控制蛋白质(酪蛋白: 麸蛋白: 鸡蛋蛋白=62:32:8)为蛋白源的精饲, 在日投饲量为鲟体重 1.5% 的情况下, 以增重率为指标, 用曲线回归计算, 高首鲟(体重 145~300 g)饲料蛋白质的最小适宜范围为 36.5%~40.5%, 最高增重率需求为 49.6%, 用 Broken line model 确定, 饲料蛋白质最适含量为(40.5±1.6)%。Kaushik S J 等^[3]用鱼粉和大豆粉为蛋白源的饲料, 在日投饲量占幼鲟体重 2% 时, 以日增重率为指标, 用与 Moore B J 相同的统计方法, 得出西伯利亚鲟(体重 22~44 g)饲料蛋白质的最适含量为(40±2)%, 最高增重率需求为 49%。本研究用蛋白质梯度试验法得出的中华鲟幼鲟饲料蛋白质的适宜范围(35.41%~49.09%), 最适饲料蛋白质水平(39.68~44.64%), 最高增重率需求和用正交试验得出的适宜蛋白质水平与以上 2 种鲟的蛋白质需求十分相近, 也与一些肉食性鱼类, 如青鱼(41%)^[6], 大口鲶(43.1%)^[7]等相近, 而高于草鱼(25.2%)^[8]、团头鲂(26%)^[10]等植食性鱼类^[6-10]。但是, 中华鲟与以上 2 种鲟的蛋白质需求

相近是指的营养素的相对需要量(g/kg 饲料), 如果从绝对需要量[g/kg(BW)·d⁻¹]来看是不同的, 中华鲟每 kg 体重的日需求(2.02)比西伯利亚鲟(0.8)和高首鲟(0.61)要高, 这可能与不同的试验中样品鱼的大小不同有关。

在本研究中, 当饲料蛋白质含量超过最适量后, 出现鱼体生长下降的现象, 在大口鲶、青鱼、团头鲂、草鱼中也有过同样的结果, 但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, 这可能与不同的试验水温条件不同有关。在这 2 种鲟的研究中, 试验水温(分别为 20℃ 和 18℃)接近鲟鱼的最适生长水温, 而本研究的试验水温为 14℃ 左右。当水温偏低时, 鱼体内的酶和代谢活动降低, 鱼鳃释放出过量的氨, 而不利于鱼对高蛋白质饲料的适应性^[11]。

本研究以豆油为脂肪源, 用正交试验和脂肪梯度试验得出的幼鲟饲料最佳脂肪含量为 9.06%, 该结果与 Hung S S O 等^[4]以控制油脂(鱼油: 玉米油: 猪油=1:1:1)为脂肪源进行的脂肪梯度试验中, 得出的高首鲟饲料最适脂肪含量为 9% 基本一致。

Fynn-Aikins F K 等^[5]报道, 高首鲟精饲料中 D-葡萄糖的最佳含量为 21%; 根据高首鲟对不同糖类的消化系数转换成糊精的最佳含量为 27%, 这个值比本研究得出的幼鲟饲料最适糖含量 25.56% 的结果略高, 这可能是由于试验 II 因子的水平范围限制所致。

在试验 I 中, 饲料蛋白质梯度是以糊精为基础调节的, 据 Cowey 等^[12]报道, 鲟饲料中糊精含量高时利用率低, 反之则利用率高, 当含量超过 50% 后, 利用率降低了一半。因此试验 I 的结果还反映出幼鲟对碳水化合物的耐受程度, 当饲料碳水化合物的添加量超出 50% 后, 幼鲟表现出生长缓慢和存活率降低。在无蛋白饲料组中, 由于饲料的能量与营养的比例失调, 适口性差, 鱼基本处在营养不良的饥饿状态, 出现负增长, 从而能量的贮存指标—机体脂肪的含量下降。这表明鲟鱼由于肉食性鱼类的生理特性, 不可能利用饲料中高水平的碳水化合物作为能量源代替对蛋白质的要求。和多数以脂肪和糖元作为主要贮能物质的鱼类一样, 鲟鱼能量损失状态下主要消耗这 2 种物质, 在脂肪被大量消耗以后才利用蛋白质^[13]。

纤维素几乎不能为大多数鱼类所消化利用或利用率甚低, 因此一般将鱼类饲料中粗纤维的含量限

制在一定范围内。据报道,草食性鱼类纤维素在饲料中的适宜含量为 15%~20%,肉食性鱼类不超过 8%^[14]。本研究结果认为,鲟饲料中含有少量纤维素(2%~4%)对促进生长和提高饲料利用率有一定作用。Hung S S O^[4]也建议,高首鲟饲料配方中纤维素的含量为 3%。

林鼎、廖朝兴等^[8,9]等报道草鱼在不同的生长阶段,蛋白质的需要量不同。Kaushik S J 等^[3]也发现,不同体重的西伯利亚鲟(30 g 和 1 000 g)对许多必需氨基酸的需求量不同,大鲟比小鲟要低。中华鲟在不同年龄,不同生长发育阶段营养需求是否存在差异,差异多少,需要进一步研究。

参 考 文 献

- 1 陈声栋,等.施氏鲟人工配合饲料试验总结报告.黑龙江水产,1996,(3):23~27
- 2 Moore B J, S S O Hung J, F Median. Protein requirement of hatchery-produced juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). Aquaculture, 1988, 71:235~245
- 3 Kaushik S J, J Breque, D Blance. Requirement for protein and essential amino acids and their utilization by Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*). In: P Williot ed. Porch Sit Intern Sym On sturgeon. 3-6 October, 1989. Berdeux - France: CEMAGREF, 1991. 25~39
- 4 Hung S S O. Nutrition and feeding of hatchery produced juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*), An overview. In: P, Waller ed. Droc 1st intern Sys On sturgeon. 3-6 October 1989, Bordeaux - France: CEMAGREF, 1991a. 65~77
- 5 Finn - Aikins F K, S S O Hung, et al. Growth, lipogenesis and liver composition of juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) fed different levels of D-glucose. Aquaculture, 1992, 105:61~72
- 6 杨国华.夏花青鱼饲料中的最适蛋白质含量.水产学报,1981,5(1):49~55
- 7 吴江,等.大口鲶营养需要量的研究.科学养鱼,1996(4):9~12
- 8 林鼎,等.鲟鱼鱼种生长阶段蛋白质最适需要量的研究.水生生物学报,1980,7(2):279~212
- 9 廖朝兴,等.草鱼种在不同生长阶段对饲料蛋白质需要的研究.淡水渔业,1987(1):1~4
- 10 邹志清,等.团头鲂饲料中最适蛋白质含量.淡水渔业,1987(3):21~24
- 11 Randal K Buddington, Jay P Christofferson. Digestive and feeding characteristics of the chondrosteans. Environmental Biology of Fishes, 1985, 14(1):31~41
- 12 Cowey C B, Pope J A, Adron J W, Blair. A Study on the nutrition of marine flatfish. The protein requirement of plaice (*Pleuronectes platessa*). Br J Nutr, 1972, 28:447~456
- 13 吴遵霖.鱼类营养与配合饲料.北京:农业出版社,1990.38~45
- 14 Wilson R P. Utilization of dietary carbohydrate by fish. Aquaculture, 1994, 124:67~80

Studies on suitable nutrient content in formulated diet for juvenile *Acipenser sinensis*

Xiao Hui Wang Jingshu Wen Zhihao Lu Xuebao Liu Hai

(Institute of Chinese Sturgeon of Gezhouba, Yichang 443100)

Abstract The nutritional requirement of juvenile Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*) for protein, fat, carbohydrate and cellulose were studied through 3 experiments. A protein gradual experiment was conducted to determine the dietary protein requirement range by juvenile Chinese sturgeon which were fed with a dietary of about 5% body weight per day [average body weight(8.00 ± 0.1)g/fish, water temperature 13~15℃]. The protein requirement of juvenile sturgeon was estimated by the WGR%, using both methods of polynomial regression and parabolic curve, to be 35.41%~49.09%. An orthogonal design was employed to determine the nutritional requirement for protein (40.41%), fat (9.06%), carbohydrate (25.56%), and cellulose (4.08%), respectively, by using specific growth rate, protein efficiency ratio and feed conversion ratio as the biological indexes to assess the feeding effect. The results show that the influence of nutrients on the specific growth rate and protein efficiency ratio is as following order: protein > fat > carbohydrate > cellulose, in the range of the factor levels. Thus, the nutritional protein level has a main effect on growth and body composition of Chinese sturgeon ($P < 0.05$). Feeding experiment with various fat levels were done in order to repeat and affirm the result of the orthogonal experiment.

Key words *Acipenser sinensis*, juvenile, formulated diet, nutrient requirement