

鲢鱼 *Ctenopharyngodon idellus* 鱼种生长 阶段蛋白质最适需要量的研究*

林 鼎 毛永庆 蔡发盛**

(中山大学生物学系鱼类学研究室)

提 要

采用蛋白质梯度饲养法,进行了三期试验,试验饲料分别以酪蛋白和鱼肉蛋白为蛋白源,饲料蛋白质含量范围为 0.44—50.16%,在水温 26—30.5℃ 条件下,研究了鲢鱼鱼种生长阶段(平均体重 2.4—8.0 克)在日投喂量占体重 5—9% 情况下,饲料蛋白质最适需要量,经采用直线回归和抛物线回归计算确定为 22.77—27.66%。鲢鱼对饲料蛋白质利用率,随饲料蛋白质含量增高而下降,成负的直线相关关系: $Y = 29.2786 - 0.5296X$ 。在蛋白质最适需要量范围,鲢鱼对蛋白质利用率波动于 14.72—17.11%。

一九七六年以来,我们研究鲢鱼酶纤颗粒饲料在生产实践中显示出良好的增产效果^[1,2]。一九七七年我们又开展了鲢鱼蛋白质需要量的研究,在理论上进行了探索。不同种类的鱼对蛋白质的需要量是不同的,关根(1931)用肉蛋白研究美洲红点鲑(*Salvelinus fontinalis*),以蛋白质利用率等为指标,得到结果为 42.5%^[6],花岡等(1949)用马肉蛋白研究鲤鱼,以体重增加和消化率为指标,得到结果为 40—60%^[8],荻野珍吉等(1970)用酪蛋白研究鲤鱼,以体蛋白增加量为指标,结果为 38%^[9],Nail (1962), Dupree 等(1966)用酪蛋白研究斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*),以体重增加和饲料效率为指标,所得结果分别为 25.3% 和 35%^[6,12]。能势等(1972)用酪蛋白研究鳗鲡(*Anguilla japonica*)以增重率为指标,结果为 44.5%^[6]。最近 Dabrowski (1977)用酪蛋白研究了幼鲢,以体重增加为指标,结果为 $52.6 \pm 1.93\%$ ^[10],这些资料仅仅表明了不同种鱼类的差异。关于同种鱼不同生长阶段对蛋白质需要是否存在差异尚未见有报道。我们准备对鲢鱼作比较系统的研究。这里仅就鲢鱼鱼种生长阶段的蛋白质需要量作出报告。

材 料 与 方 法

本研究采用蛋白质梯度饲养法。1977年4月至7月进行了三期试验。试验鲢鱼平均体重 2.4—8.0 克,试验水温 26—30.5℃。第 I、II 期是饲养在 6 个水泥流水池中,每个池容积为 2.4 立方米(2 × 2 × 0.6),每池放养 100 尾,平均体重分别为 5.5 克和 8.0 克。第 III 期饲养在 4 个水泥流水池中,每个池容积为 1.5 立方米(2 × 1.5 × 0.5),每池放养

1979年9月6日收到。

* 本研究承廖翔华教授热心指导并审阅修改文稿,在此表示谢意。

** 动物专业 74 届学员苑福熙、李加儿、刘素萍、卢国平、王君武等参加工作。

60 尾,平均体重为 2.4 克。

试验饲料分别以酪蛋白和鱼肉粉(含粗蛋白 87%)为蛋白源,以糊精来调节饲料蛋白质不同梯度(表 1)。

表 1 三期试验饲料蛋白质梯度一览表

试验期	蛋白质源	饲料蛋白质梯度(粗蛋白含量 %)										
		0	5	15	20	22	24	28	30	32	40	50
I	酪蛋白	—	5.86	14.60	—	22.55	—	—	31.00	—	39.57	48.04
II	鱼肉蛋白	0.44	—	15.48	20.99	22.63	—	28.53	—	32.62	—	—
III	鱼肉蛋白	0.44	4.82	—	—	—	23.98	—	—	—	—	50.16

试验饲料按配方加工成鲢鱼适口的颗粒饲料,饲料配方以第 III 期试验为例,详见表 2

表 2 第 III 期饲料配方和组合

试验组合	饲料组成 (%)										饲料粗蛋白含量 (%)
	鱼肉蛋白	糊精粉	蔗糖粉	豆饼	玉米粉	生长素*	土霉素	酵母粉	多种维生素	生粉(粘合剂)	
1	0	95	0	0.5	0.5	1	0.2	0.5	0.3	2	0.44
2	5	88	2	0.5	0.5	1	0.2	0.5	0.3	2	4.82
3	28	65	2	0.5	0.5	1	0.2	0.5	0.3	2	23.98
4	57	36	2	0.5	0.5	1	0.2	0.5	0.3	2	50.16

* 生长素是广州白云山农场农药厂出品,主要是矿物盐和微量元素及少量 B₁₂ 混合物。

试验饲料一天分二次投喂,上午 9:00 和下午 4:00 各一次,每天投喂量占体重 5—9%,每周按鱼生长和摄食情况调整一次投喂量。

试验开始和结束称量体重,抽取鱼样品固定于 70% 酒精中作鱼体含氮量测定。

试验饲料和鱼体粗蛋白含量测定,采用凯氏定氮(N)法。所测得的总氮(N)量乘 6.25 即得粗蛋白量^[3]。

研究鲢鱼蛋白质需要量,系用以下几个指标:

(1) 生长增重率(%) = $\frac{W - W_0}{W_0} \cdot 100$

(2) 体蛋白增加量(克) = $(W - W_0) \cdot P$

(3) 蛋白质利用率(%) = $\frac{(W - W_0) \cdot P}{I} \cdot 100$

式中: W——试验结束平均体重(克), W₀——试验开始平均体重(克), P——试验结束鱼体蛋白质含量(%), I——平均每尾鱼摄食饲料蛋白质质量(克)。

我们用直线和抛物线回归两种方法求出蛋白质最适点 (Zeitoun et al., 1976)^[4]。

结 果

综合分析三期试验结果,幼鲢经 21—27 天饲养之后,我们发现饲料蛋白质低时,蛋白

质营养出现氮(N)的负平衡,鱼生长不良,鱼体消瘦,生长增重率出现负值。如第 II 期试验的第 1 组,饲料蛋白质含量为 0.44%,经 21 天饲养,鲢鱼个体绝对增重量为- 0.52 克。增重率为 - 6.4%;随饲料蛋白质含量的增高,蛋白质营养出现氮(N)的正平衡,鱼生长加速。图 1、2 表明,当饲料蛋白质含量由 0.44% 增高到 24% 左右时,鱼生长加速,生长增重率和体蛋白质增加量,近似直线增长。但并不是饲料蛋白质含量越高,鱼生长越快;当饲料蛋白质含量继续增高达到 50% 时,鱼的生长速度减慢,生长增重率和体蛋白质增加量几乎达到一个恒定值。由此,我们看出鲢鱼对蛋白质需要量有一个最适水平,在最适水平之前,鱼的生长随饲料蛋白质含量增加而直线增长,在最适水平之后,鱼的生长随饲料蛋白质含量的增加仅仅有微少的增长。

按照直线回归方法计算,从三期试验实测值分布图形(图 1),根据生长增重率均数显著性多重比较结果,计算出两个直线回归方程式分别为: $Y_1 = 1.7118 + 1.3942X$ 和 $Y_2 = 36.8307 - 0.1054X$, 然后计算出 Y_2 各点的平均值为 33.465;以此值作一条平行线交于 Y_1 ,求得 X 最大值,即求出蛋白质最适点为 22.77%。同时根据鱼体蛋白增加量(图 2),用同样的方法求出蛋白质最适点为 19.84%,这比用生长增重率求出的值略低些。

按照抛物线回归方法计算,分别从三期试验的生长增重率求出鲢鱼蛋白质最适点(表 3)。同时我们将三期试验结果计算求出抛物线回归方程式为 $Y = - 72.385 + 8.42X - 0.1522X^2$, 从中求出 X 最大值,即求得蛋白质最适点为 27.66% (图 3)。

虽然鱼的生长,体重的增加包含着脂肪的积累和体蛋白质的增加等等,但体重的增加与体蛋白的增加存在着极为密切的正相关关系(图 4)。因此,体蛋白增加状况可以从体重增重率状况反映出来。以增重率为指标,从直线和抛物线回归两种方法计算求得鲢鱼在鱼

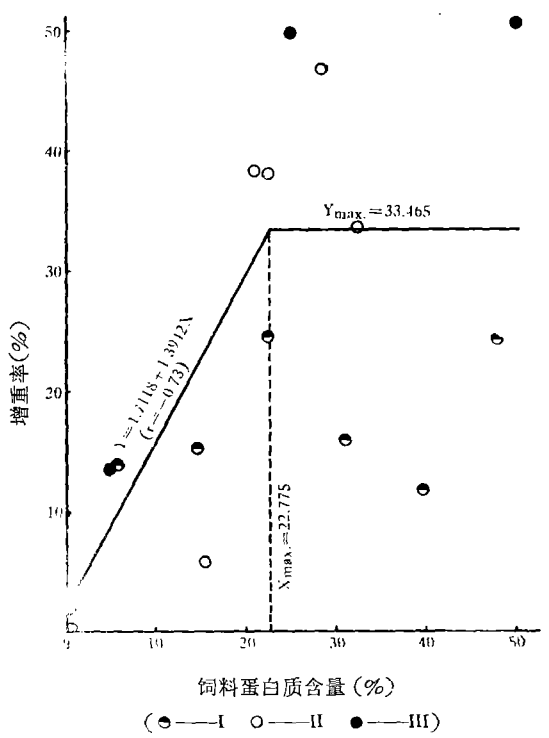


图 1 饲料蛋白质含量与鲢鱼增重率关系

表 3 鲢鱼鱼种蛋白质最适量计算结果

试 验 期	试验天数	试验鱼平均体重 (克)	试验饲料蛋白质源	饲料蛋白质最适量 (%)
I	27	5.5	酪 蛋 白	27.81
II	21	8.0	鱼 肉 粉	26.50
III	21	2.4	鱼 肉 粉	37.70

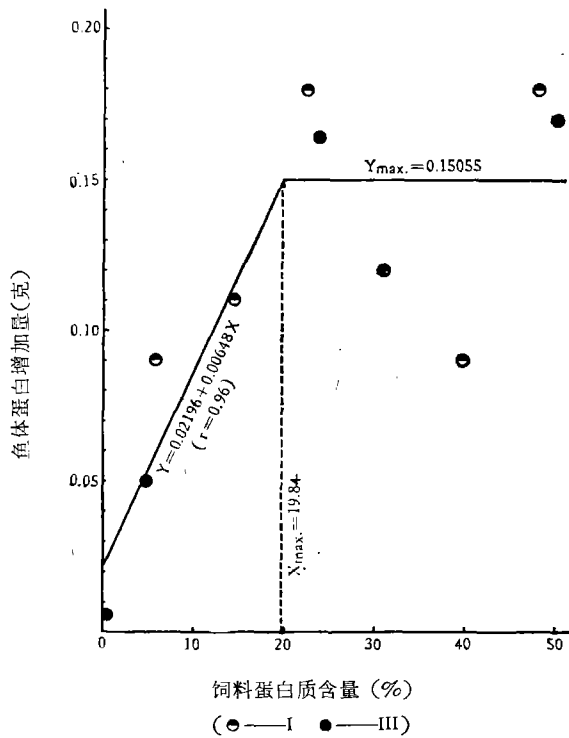


图2 饲料蛋白质含量与鲢鱼体蛋白增加量关系

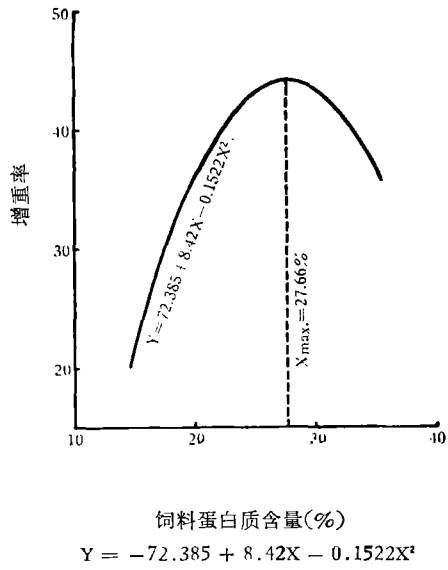


图3 饲料蛋白质含量与鲢鱼增重率的关系
(抛物线为理论曲线)

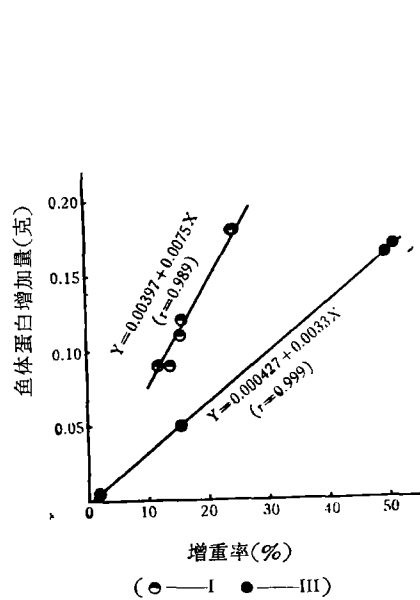


图4 鲢鱼增重率与体蛋白增加量关系

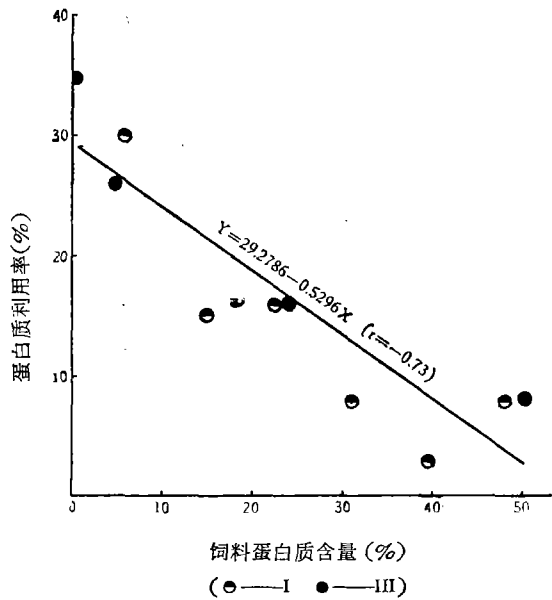


图5 饲料蛋白质含量与鲢鱼对饲料蛋白质利用率关系

种生长阶段(平均体重2.4—8.0克),在日投喂量占体重5—9%情况下,饲料蛋白质最适需要量变幅为22.77%—27.66%。换句话说,如果日投喂量平均按占体重7%计,即每100克鲢鱼每天需要蛋白质为1.6—1.9克。

鲢鱼对蛋白质的利用率,在饲料蛋白质含量低时,利用率最高,随饲料蛋白质含量增高而逐渐递减(图5)。饲料蛋白质含量为0.44%时,鲢鱼对蛋白质利用率达到34.71%,随着蛋白质含量增加到40—50%时,蛋白质利用率下降至8%左右。因此,饲料蛋白质含量与鲢鱼对蛋白质利用率之间存在着线性关系。经采用直线回归和曲线回归计算两者差异不很显著。因此,鲢鱼鱼种对饲料蛋白质利用率用直线回归方程式来表达更为适合,即: $Y = 29.2786 - 0.5296X$ 。

讨 论

关于鱼类蛋白质需要量问题,似应包含如下二个主要方面:(1)最低需要量,即维持体蛋白质正平衡最低需要量;(2)最适需要量,即满足鱼体最大生长或鱼体蛋白质最大增加量所必须的最经济的摄食量。但从养鱼经济效益考虑,则求出最适需要量更为迫切。目前对鱼类蛋白质最适需要量研究,多数采用“蛋白质梯度饲养法”,这方法需要一定的饲养期,如果中途因某种原因引起试验鱼死亡,就增加了分析的困难,影响试验结果的准确性。因此,我们认为进一步探索新的测定鱼类蛋白质需要量的科学方法是十分必要的。

影响鱼类蛋白质需要量不同的因素是多方面的。最近 Dabrowski (1977) 发表了鲢鱼蛋白质需要量的研究报告,其结果为 $52.6 \pm 1.93\%$, 远比我们研究结果 22.77—27.66% 为高。其原因,可能是 Dabrowski 的试验鱼比我们的小(体重为 0.15—0.2 克),处于以浮游动物为主的动物食性阶段。而我们试验鱼体重为 2.5—8.0 克,食性基本上已转变为草食性阶段。从这里我们可以看到鲢鱼对蛋白质需要量,草食性阶段比肉食性阶段为低。

此外,从我们研究结果还表明,鲢鱼生长阶段不同,蛋白质需要量也不同(表3),个体小时,需要量高,个体大时,需要量低。因此,除食性因素,可能还存在不同年龄,不同生长发育阶段的差别等等,这是值得我们进一步研究的。

关于鱼类对蛋白质最适需要量的确定,采用直线回归和采用抛物线回归计算所得到的结果是不相同的。Dabrowski (1977) 发表的鲢鱼幼鱼蛋白质需要量研究中,采用直线回归计算求出的蛋白质最适点为 41.68—42.92%, 而采用抛物线回归计算求出的为 $52.6 \pm 1.93\%$, 两者差异是明显的。我们在本研究,采用直线回归计算求出最适点为 22.77%, 而采用抛物线回归计算则为 27.66%, 两者差异也是明显的。Zeitoun 等 (1976) 认为抛物线回归计算比直线回归计算更优,因为前者所得到的均方误 (mean square error) 较小。并提出采用抛物线回归计算以取 X 最大值的平均误差 (mean error) 的低限来确定经济的蛋白质需要量 (economic protein requirement), 这样确定出来的蛋白质需要量与直线回归所确定的较为接近。Dabrowski (1977) 同意 Zeitoun 等 (1976) 以上这些意见。但是,我们认为 Zeitoun 等 (1976) 提出的这些见解只是从数理统计理论上分析,还缺乏实践的检验,在确定蛋白质最适需要量的问题上,究竟是不是抛物线回归方法比直线回归方法更优,我们认为有必要在理论计算基础上再进行饲养性的比较验证,然后才能确定何种方法更符合客观实际。因此,我们采取以两种方法所求出的最适点作为鲢鱼鱼种生长阶段蛋白质最适需要量的变幅,即 22.77—27.66%。

本试验所得到的鲢鱼蛋白质利用率 (Protein utilization ratio, PUR) 比获野珍吉等

(1970) 在幼鲤、Dabrowski (1977) 在幼鲢所得到的蛋白质净利用率 (net protein utilization, NPU) 为低,其原因值得进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 中山大学动物学专业等, 1978. 酶纤混合颗粒饲料养鲢鱼种试验. 中山大学学报, **3**: 116—122.
- [2] 廖翔华等, 1979. 鲢鱼酶纤颗粒饲料及鲢鱼营养代谢研究. 中山大学科研情报, **2**: 3—4.
- [3] 轻工业部食品工业科学研究所分析研究室编著, 1964. 农副产品及野生植物主要成份分析法. 中国财经出版社.
- [4] 郭祖超等, 1965. 医用数理统计方法. 人民卫生出版社.
- [5] 中国科学院数学研究所数理统计组编, 1974. 回归分析方法. 科学出版社.
- [6] 桥本芳郎等, 1973. 饲料的蛋白质最适含量. 养鱼饲料学, 92—97. 恒星社厚生阁版.
- [7] ———, 1973. 蛋白质的栄養価の評価法. 养鱼饲料学, 83—92. 恒星社厚生阁版.
- [8] 花岡 資・右川 厚・小笠原義光, 1949. 魚類の栄養に関する研究 (1) 餌料栄養比の異なる場合の蛋白質消化率. 日水誌 **5**: 219—222.
- [9] 荻野珍吉・斎藤邦男, 1970. 魚類の蛋白質栄養に関する研究—1. コイにすける飼料蛋白質の利用. 日水誌, **3**: 250—254.
- [10] Dabrowski, K., 1977. Protein requirements of grass carp fry (*Ctenopharyngodon idella* Val.). *Aquaculture*, **12**: 63—73.
- [11] De Long, D. C., Halver, J. E. and E. T. Mertz., 1958. Nutrition of salmonid fishes—VI. Protein requirements of chinook salmon at two water temperatures. *J. Nutr.*, **65**: 589—599.
- [12] Nail, M. L., 1962. The protein requirements of channel catfish. *Proc. S. E. Assoc. Game and Fish Comm.*, **16**: 307—316.
- [13] Steel, R. G. D. and J. H. Torrie, 1960. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Company, Inc. New York, Toronto, London.
- [14] Zeitoun, I. H., Ullrey, D. E., Magee, W. T., Gill, J. L. and W. G. Bergen, 1976. Quantifying nutrient requirements of fish. *J. Fish. Res. Board Can.*, **33**: 167—172.

EXPERIMENTS ON THE PROTEIN REQUIREMENTS OF GRASS CARP (*CTENOPHARYNGODON IDELLUS* (C. & V.)) JUVENILES

Lin Ding, Mao Yongqing and Cai Fasheng
(Ichthyology Laboratory, Zhongshan (Sun Yatsen) University)

Abstract

Three experiments were carried out, each dealing with six aliquots of 60—100 grass carp fingerlings which weighed 2.4—8.0 g. Each aliquot was assigned to one of six different dietary protein levels ranging 0.44—50.46%, with the daily feed allowance approximated 5—9% the body weight of the fish, and kept in a 2.4M³ concrete tank at 26—30.5°C for 21—27 days. These experiments were aimed at determining the optimal level of dietary protein for the optimum growth of juvenile grass carp. The sources of protein used were casein and dried meal of silver carp muscle. The optimal protein level of the diet, determined by both methods of polynomial regression and parabolic curve, was found to be 22.77—27.66%. The protein efficiency ratio decreased with the increase in protein content of the diet according to the formula $Y = 29.2786 - 0.5296 X$. At the optimal protein level, the protein efficiency ratio was defined as 14.72—17.11 %.