

# 青鱼饲料最适能量蛋白比的研究

戴祥庆 杨国华 李军

(上海市水产研究所池塘养鱼研究室)

**提 要** 用酪蛋白和明胶作为饲料蛋白源,配以豆油、糊精和纤维素粉及适量的维生素和矿物混合剂组成精制试验饲料。将其调制成五个蛋白水平,每个蛋白水平分别包括五个能量级,以青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)鱼种为试验对象,经过60天的喂养试验,用净增率、蛋白质效率(PER)和饲料系数等作为评定指标。结果表明:青鱼鱼种配合饲料中的蛋白质含量为35~40%;饲料能量蛋白比(即C/P值)为9.1千卡/克蛋白;每公斤饲料的总能量为3185~3640千卡是最为适宜的。上述这些数据是制定应用饲料配方的主要理论依据。试验还发现,青鱼鱼种对糊精之类的碳水化合物具有较大的利用能力;试验证明:可利用的碳水化合物具有较好的节约饲料蛋白的作用。

**主题词** 青鱼,配合饲料,能量蛋白比,适宜蛋白含量,精制饲料

有关青鱼(夏花至老口)饲料中的适宜蛋白质含量,近年来已相继有过报道<sup>[1,2]</sup>。饲料中的蛋白质对于养殖鱼类的生长无疑是关键因素。然而,要寻求某种养殖对象较为理想的饲料配方,仅仅依靠适宜蛋白含量一项是不够的。在为鱼类提供食物时应该充分考虑到各类营养成分的平衡,因为营养平衡的饲料更有利于鱼类的生长,也易获得较好的经济效益。关于青鱼鱼种配合饲料的能量蛋白比和单位重量配合饲料所具有的总能量值,就是这类研究中的重要课题之一,也是制定应用饲料配方的重要依据。近年来,国外研究了一些主要养殖对象如鲤鱼和斑点叉尾鲷等养殖鱼类配合饲料中的适宜的能量蛋白比<sup>[3,4]</sup>,但积累的资料还不够多,不足以拿来指导我国鱼用配合饲料的配方设计工作;在国内,自八十年代初起,鱼类的营养需要和饲料配方的研究发展较快,但在能量蛋白比这方面的研究还未见报道。因而,开展这一项工作具有理论和生产实践双重的意义。

## 材 料 与 方 法

**试验鱼** 取自本所青浦西岑乡水产养殖场池塘内的小规格青鱼鱼种,每组放鱼100尾,平均每尾重3.5克。

**试验鱼池** 水泥池,规格为2×1×1(M<sup>3</sup>),共计25口。试验鱼池采用自动排污,自动流水,日交换水量4(m<sup>3</sup>)左右。

**水源** 取自淀山湖湖口。试验鱼池水质:溶氧3.2~7mg/L,氨态氮小于0.05mg/L,亚硝酸盐小于0.02mg/L,水温22°C~29°C。

**饲料配方** 以酪蛋白和明胶为蛋白源,配制成五个蛋白水平,每个蛋白水平上包括五个能量级,共25组。每组加入等量的豆油、维生素和矿物混合剂,以不同量的糊精调制能量级差。饲料配方见表1。

表1 试验饲料成份表

Table 1 Ingredients of the Test Diet

组别 block	酪蛋白 casein	明胶 gelatin	糊精 dextrin	饲料能量 dietary calorie (千卡/百克饲料) kcal/100g diet	蛋白质含量(%) level of diet protein	C/P 值 calorie-protein ratio (千卡/克蛋白) (kcal/g protein)
1	19.2	3.8	4.0	150	20	7.5
2	19.2	3.8	16.5	200	20	10
3	19.2	3.8	29	250	20	12.5
4	19.2	3.8	41.5	300	20	15
5	19.2	3.8	54	350	20	17.5
6	23.9	4.8	0	154	25	6.2
7	23.9	4.8	16.5	200	25	8
8	23.9	4.8	29	250	25	10
9	23.9	4.8	41.5	300	25	12
10	23.9	4.8	49	350	25	14
11	28.8	5.7	0	174	30	5.8
12	28.8	5.7	6.5	200	30	6.7
13	28.8	5.7	19	250	30	8.3
14	28.8	5.7	31.5	300	30	10
15	28.8	5.7	44	350	30	11.7
16	33.5	6.7	0	194	35	5.5
17	33.5	6.7	1.5	200	35	5.7
18	33.5	6.7	14	250	35	7.1
19	33.5	6.7	26.5	300	35	8.6
20	33.5	6.7	39	350	35	10
21	38.3	7.7	0	214	40	5.4
22	38.3	7.7	9	250	40	6.3
23	38.3	7.7	21.5	300	40	7.5
24	38.3	7.7	34	350	40	8.8
25	38.3	7.7	43	386	40	9.7

\* 饲料中的其他成份(other ingredients): 1. 豆油(soybean oil); 6; 2. 维生素(vitamins): 1(依 H-440, adapted from H-440); 3. 矿物混合剂(minerals): 4(依 H-440; adapted from H-440); 5. 纤维素(ellulose flour):将每一组试验饲料调至百分之百(adjust every block diet to one hundred per cent).

\*\* 饲料热量值的计算(the calculation of dietary calorie): 每克脂肪、蛋白质、碳水化合物的热量值分别为 9、4.4 千卡, 纤维素不计算能量。 per gram of lipid, protein, carbohydrate is equal to 9, 4.4 kcal respectively, the calorie in cellulose flour is not calculated.

饲料规格 硬颗粒沉性饲料, 颗粒直径不大于 2mm。

喂养方法 每日投四次,每次投喂前检查食台,如发现饲料吃完就再投,反之不投,待食完后再投。

试验日期 本试验自一九八五年五月十日起,历时 60 天。

## 结果与讨论

表2 试验结果表

Table 2 Results of the Test

组别 block	放养重量(g) initial body weight	起捕重量(g) final body weight	净增重量(g) weight gain	净增率(%) weight gain (%)	消耗饲料(g) diet consumed	饲料系数 food conversion
1	352	624.4	274.4	77	968	3.55
2	421	784.3	363.3	86	794	2.19
3	336	790.4	454.4	135	1018	2.24
4	337	877.1	540.1	160	1015	1.83
5	297	870.3	573.3	193	1038	1.81
6	305	620.3	315.3	103	946	3.00
7	322	872.9	550.9	171	1045	1.9
8	352	1019.6	667.6	190	1068	1.6
9	310	851.3	541.3	175	1006	1.86
10	302	841.5	539.5	179	952	1.76
11	341	812.2	471.2	138	973	2.06
12	341	857.2	516.2	151	979	1.90
13	320	821.7	501.7	157	946	1.89
14	329	1018.1	689.1	209	979	1.42
15	364	1075.2	711.2	195	1014	1.43
16	377	1012.7	635.7	169	1054	1.66
17	368	892.8	524.8	143	928	1.77
18	367	1046.5	679.5	185	1022	1.50
19	440	1116.6	676.6	154	939	1.39
20	319	1027.8	678.8	194	1031	1.52
21	346	990.2	644.2	186	921	1.43
22	384	1079.9	695.9	181	1019	1.46
23	333	1119.8	796.8	247	1004	1.26
24	306	1069.5	750.5	243	931	1.24
25	348	1061.4	713.4	205	888	1.24

从表 1 可见,各试验组饲料的能量蛋白比(C/P 值)均已预先拟定,其跨度从 5.4~17.5 千卡/克蛋白,由于试验设计的 C/P 值跨度较大,所以本试验是在较广的 C/P 值范围内某求一个最佳值的。根据表 2 的试验结果可见,同一级 C/P 值各试验组的平均净增率依 C/P 值的变化而呈现一定规律,其散点(同一级 C/P 值各试验组净增率的平均值)基本呈二次抛物线状态分布。以 C/P 值为  $X$ , 同级 C/P 值各试验组净增率的平均数为  $Y_1$ , 通过统计计算, 获得如下曲线回归方程:

$$Y_1 = -0.0245X^2 + 0.4458X - 0.1653$$

其图象见图 1。根据图 1 的曲线回归方程可以得到,  $X$ (C/P 值)  $\doteq$  9.098 千卡/克蛋白时,  $Y$ (试验青鱼的净增率)有极大值。

能量蛋白比(C/P 值)的确定, 就其概念来说是为了阻止过多或不足的蛋白质和能量提供给养殖对象, 以避免那些得不偿失的经济效果出现。试验中发现, 一些 C/P 值不适当的试验饲料耗费量往往较大, 笔者认为从饲料配方角度来讲主要是二个原因: 一, 饲料蛋白含量偏低; 二, 非蛋白饲料提供过多。但其根本原因应该还是没有参照能量蛋白比(C/P 值)这个重要数据来指导饲料配方的设计, 可见饲料系数也是评定 C/P 值适当与否的一个重要指标。试验结果表明: 同一级 C/P 值各组的饲料系数平均值也依 C/P 值变化而变化, 其散点也呈抛物线状。以同级 C/P 值各组饲料系数平均值为  $Y_2$ , C/P 值为  $X$ , 通过回归分析, 获得如下二次曲线方程:

$$Y_2 = 0.0266X^2 - 0.4859X + 4.0919$$

其图象见图 2。根据上述方程可以得出, 当  $X$ (C/P 值)  $\doteq$  9.13 千卡/克蛋白时,  $Y_2$ (饲料系数)有极小值。

本试验揭示了青鱼鱼种配合饲料的能量蛋白比(C/P 值)依各试验组的净增率、饲料

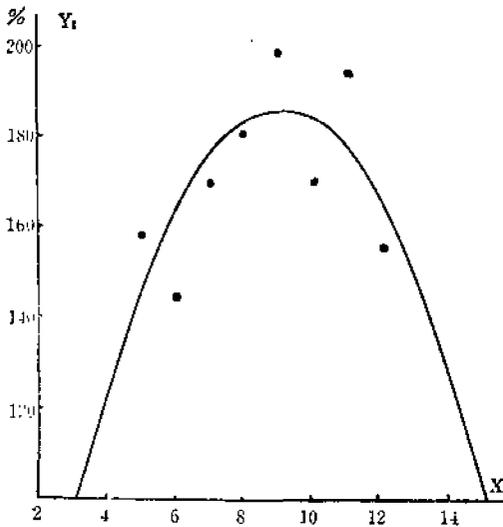


图 1 净增率( $Y_1$ )与 C/P 值( $X$ )的关系图

Fig. 1 The relation between the calorie-protein ratio ( $X$ ) and the weight gain per cent( $Y_1$ )

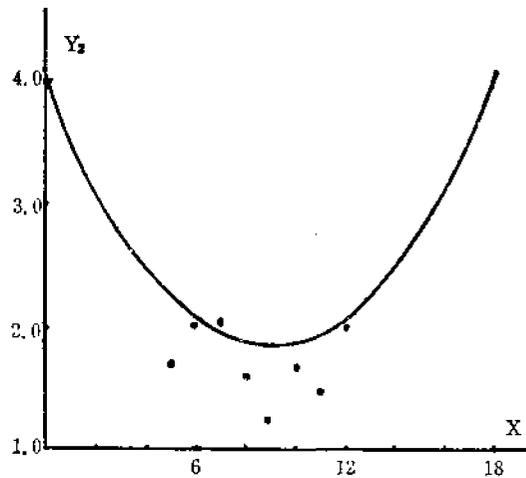


图 2 饲料系数( $Y_2$ )与 C/P 值( $X$ )的关系图

Fig. 2 The relation between the calorie-protein ratio( $X$ )and food conversion ( $Y_2$ )

系数有两种曲线相关的关系,以较小的饲料系数,使试验鱼获得最大增重,其相应的 C/P 值是很有意义的。通过二次回归分析,获得了基本一致的结果,C/P 值为 9.1 千卡/克蛋白。这是运用数理统计的方法来处理本试验一部分数据后获得的,笔者认为不应该认定该 C/P 值具有绝对性而不可作丝毫的变更,从生物学角度看,这个最佳 C/P 值应该代表一个区间,这个区间在该值上下波动。以 9.1 千卡/克蛋白这个值为基准,笔者观察了 C/P 值从 8~10 千卡/克蛋白的所有试验组,并计算其蛋白质效率(PEP),结果表明:在九个观察组内,PEP 值是 1.76~2.5,平均值为 2.11,这些结果均都达到了先进水平。可见,倘若饲料的能量蛋白比(C/P 值)处在合适的水平上,饲料蛋白质效率的提高和节约饲料蛋白都是可望又可及的事了。综上所述,青鱼饲料的能量蛋白比取 9.1 千卡/克蛋白是比较适宜的。

Garling 和 Wilson(1976)采用精制饲料,以斑点叉尾鲶鱼种做试验,提出了适宜的 DE/P(可消化能量蛋白比)是 9.6<sup>[8]</sup>;Page 和 Andrews(1973)以应用饲料对同一种鱼做试验,报道了 DE/P 为 9.7 就能获得较好的养殖效果<sup>[5]</sup>;Lovell 和 Prather(1973)提出将斑点叉尾鲶饲养到上市的规格其适宜的 DE/P 值是 7.8<sup>[4]</sup>;Takeuchi et al., (1979)报道了小规模鲤鱼饲料的最佳 DE/P 值 8.3<sup>[9]</sup>。显然本试验结果同上述报道是基本一致的。

本试验中 25 个试验组分别隶属五个蛋白水平: 20%、25%、30%、35% 和 40%, 每个蛋白水平上均有五个试验组分别从不同的能量值(即 150~350 千卡/百克饲料)充分发挥该蛋白含量的营养功效。试验结果表明:由于饲料蛋白含量不一,五个蛋白水平的饲料所饲养的试验鱼平均净增率显示了较大的差异,其散点与饲料蛋白含量呈线性相关,以每一个饲料蛋白水平(包括五个组)的平均净增率为  $Y_A$ , 饲料蛋白含量为  $X_1$ , 用直线回归法求得一次方程:

$$Y_A = 0.676 + 3.38X_1 (r = 0.92)$$

统计结果表明,在一定范围内,青鱼的净增率随饲料蛋白含量的增加而提高(本试验中饲料蛋白含量从 20~40%),且相关性十分密切。

在直线方程  $Y_A = 0.676 + 3.38X_1$  的图象上增加一个纵轴  $Y_B$ ——饲料系数,使饲料系数与饲料蛋白含量( $X_1$ )的关系也呈现在该图象上,这样便得出了图 3。

从图 3 可见,阴影部分的顶端与直线方程交汇,正覆盖了试验鱼净增率最佳部位;阴影的中下部分交汇于饲料系数的低谷部分;阴影的底部交于横轴( $X_1$ ),截得了 35~40% 的饲料蛋白含量,这正说明饲料蛋白含量达到 35~40% 时,可望以较低的饲料系数获得理想的增长率,这也是提高淡水鱼类养殖的经济效益的关键之一。本试验又一次证实了以 35~40% 的饲料蛋白含量来饲养青鱼鱼种是较为适宜的。

本试验表明,青鱼饲料的最适能量蛋白比为 9.1 千卡/克蛋白;试验中的适宜蛋白含量为 35~40%;每公斤饲料的能量值为 3185~3640 千卡。

青鱼饲料能量蛋白比的确定,为我国主要养殖对象的营养生理研究提供了较为坚实的资料,也为提高应用饲料配制的质量起了十分积极的作用。在生产实践中,仅仅依靠适宜蛋白含量来指导应用饲料的配制,尚嫌不足,因为它不能有效地限制饲料蛋白作为能量消耗而损失掉;在除蛋白质以外的其他营养物质的配入量上或多或少地带有一定的盲目

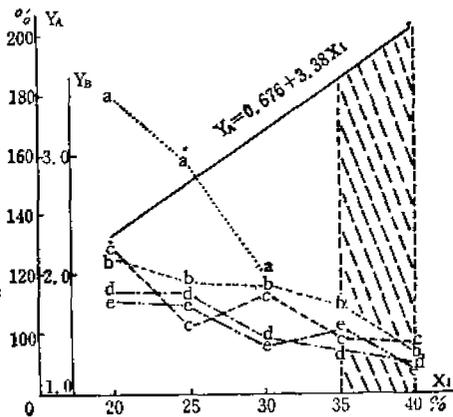


图3 净增率( $Y_A$ )、饲料系数( $Y_B$ )与饲料蛋白含量( $X_1$ )关系图

Fig. 3 The relation among the weight gain per cent ( $Y_A$ ), food conversion ( $Y_B$ ) and diet protein contents ( $X_1$ )

- a.....150千卡/百克饲料 150kcal/100 g food  
 b..... 200千卡/百克饲料 200kcal/100 g food  
 c----- 250千卡/百克饲料 250kcal/100 g food  
 d----- 300千卡/百克饲料 300kcal/100 g food  
 e..... 350千卡/百克饲料 350kcal/100 g food

注,更不能保证鱼类获得较为适宜的能量。 $C/P$ 值的确定,引进了单位重量饲料应具有适宜能量的概念,它既保证了适宜蛋白质被有效利用,又使较为廉价的非蛋白能源物去直接应付鱼类一部分的能耗需要,从而起到了节约蛋白质的作用。 $C/P$ 值在生产中的运用,必定有十分明显的效果,它能指导应用饲料的配制,使之接近或达到各营养成分的平衡,各种饲料源的有效利用率被提高,饲料配方也越趋经济和合理。

试验还发现,青鱼鱼种对糊精之类的碳水化合物具有较大利用能力。本试验配方中,在蛋白水平一致的条件下,饲料能量的高低均由糊精来调节,笔者观察了每百克饲料的能量在250千卡以上的十五个试验组(包括250千卡/百克饲料),这十五组糊精添加量的平均值为34.4%,而蛋白质效率的平均值达到2.19,属于先进水平。可见,较高含量的糊精能够被青鱼所利用,明显提高了饲料的蛋白质效率,起到了节约蛋白质的作用。Takeuchi et al., (1979)提出鲤鱼饲料中碳水化合物的比例在25%以内能被利用,并且具有等热油脂的效率<sup>[7]</sup>; Shimeno et al., (1981)报道了鲤鱼和斑叉尾鲷能利用较高水平的碳水化合物<sup>[8]</sup>; 杨国华等(1981)报道,当饲料中甲基源较丰富时,青鱼有着较强的利用碳水化合物的能力,饲料中碳水化合物含量较高一些也并不一定会造成脂肪堆积<sup>[9]</sup>。通过本试验,笔者也观察到类似结果。然而,鱼类利用碳水化合物的能力也是因鱼而异的,而且不同生长发育阶段也不尽相同的。应当指出,饲料中的碳水化合物含量并非越高越好,它是有限度的,因为提供碳水化合物应该以鱼类获得健康、快速生长为前提。能量蛋白比就是在满足了上述前提条件下确定的。

当前,在国内的鱼用饲料的配制中,一般不添加油脂,饲料中除了蛋白质之外,很大的一部分是碳水化合物,因此笔者认为,随着配合饲料研究水平的提高,对饲料中碳水化合物适宜含量的研究十分重要,它将对我国饲料的开发利用,有着开源节流的指导性作用。

### 参 考 文 献

- [1] 王道尊等, 1984. 饲料中蛋白质和糖的含量对青鱼鱼种生长的影响. 水产学报, 8(1):9-17.  
 [2] 杨国华等, 1981. 夏花青鱼饲料中的最适蛋白质含量. 水产学报, 5(2):49-55.  
 [3] Garling, D. L., JR. and R. P. Wilson, 1976. The optimum dietary protein to energy ratio for channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. *J. Nutr.*, 106: 1368-1375.  
 [4] Lovell, R. T., and E. E. Prather, 1978. Response of intensively-fed catfish to diets containing various protein-energy ratio. Proc. 27th Annu. Conf. Southeast Assoc. Game Fish Comm., 27: 455-459. Quoted from NRC. 1983. National Academy Press, Washington, D. C. 1983 p. 7.

- [ 5 ] Page, J. W., and J. W. Andrews, 1973. Interactions of dietary levels of protein and energy on channel catfish. *J. Nutr.*, 103: 1339—1346.
- [ 6 ] Shimeno, S. et al., 1981. Adaption of hepatopancreatic enzyme to dietary carbohydrate in carp. *BJSSE.*, 47: 71—77.
- [ 7 ] Takeuchi, T. et al., 1979. Availability of carbohydrate and lipid as dietary energy sources for carp. *BJSSE.*, 45: 977—982.
- [ 8 ] Takeuchi, T. et al., 1979. Optimum ratio of energy to protein for carp. *BJSSE.*, 45: 983—987.

## THE OPTIMUM CALORIE PROTEIN RATIO IN THE DIET FOR BLACK CARP FINGERLINGS

Dai Xiangqing, Yang Guohua and Li Jun

(Fisheries Research Institute of Shanghai)

**ABSTRACT** Studies were conducted on optimum calorie-protein ratio for black carp (*Mylopharyngodon piceus*) by using purified diet consisting of casein, gelatin, soybean oil, dextrin, cellulose flour, mixed vitamins and minerals. There were five protein levels and five calorie grades at each protein level. The results of the experiment indicate that 35-40% protein content, 9.1 calorie-protein ratio (c/p value) and 3185-3640 kcal/kg in formulated diet for black carp fingerlings seem optimum, taking the weight gain, protein efficiency ratio (PER) and food conversion as evaluation targets after 60 days of feeding experiment. These provided scientific basis for practical use. According to the results of the experiment, black carp fingerlings have the ability to digest carbohydrate such as dextrin. So, it can be considered carbohydrate is one of useful calorie sources in black carp diet and a component to spare protein.

**KEYWORDS** black carp (*Mylopharyngodon piceus*), formulated diet, calorie-protein ratio, optimum level of diet protein, purified diet